OCDE

Ressources, production et demande de l'uranium : un bilan de quarante ans



« Rétrospective du Livre rouge »



AEN
NEA

AGENCE • POUR • L'ÉNERGIE • NUCLÉAIRE

Ressources, production et demande de l'uranium : un bilan de quarante ans

« Rétrospective du Livre rouge »

© OCDE 2007
AEN n° 6097

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 30 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions de l'OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

* * * * * * * * * * * *

L'AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1er février 1958 sous le nom d'Agence européenne pour l'énergie nucléaire de l'OECE. Elle a pris sa dénomination actuelle le 20 avril 1972, lorsque le Japon est devenu son premier pays membre de plein exercice non européen. L'Agence compte actuellement 28 pays membres de l'OCDE : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe également à ses travaux.

La mission de l'AEN est :

- d'aider ses pays membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques ; et
- de fournir des évaluations faisant autorité et de dégager des convergences de vues sur des questions importantes qui serviront aux gouvernements à définir leur politique nucléaire, et contribueront aux analyses plus générales des politiques réalisées par l'OCDE concernant des aspects tels que l'énergie et le développement durable.

Les domaines de compétence de l'AEN comprennent la sûreté nucléaire et le régime des autorisations, la gestion des déchets radioactifs, la radioprotection, les sciences nucléaires, les aspects économiques et technologiques du cycle du combustible, le droit et la responsabilité nucléaires et l'information du public. La Banque de données de l'AEN procure aux pays participants des services scientifiques concernant les données nucléaires et les programmes de calcul.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne, avec laquelle un Accord de coopération est en vigueur, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Also available in English under the title:

Forty Years of Uranium Resources, Production and Demand in Perspective

Source des photographies de couverture : AREVA, France ; NEI, États-Unis ; COGEMA, France.

© OCDE 2007

Toute reproduction, copie, transmission ou traduction de cette publication doit faire l'objet d'une autorisation écrite. Les demandes doivent être adressées aux Éditions de l'OCDE *rights@oecd.org* ou par fax (+33-1) 45 24 99 30. Les demandes d'autorisation de photocopie partielle doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France, fax (+33-1) 46 34 67 19, *contact@cfcopies.com*.ou (pour les États-Unis exclusivement) au Copyright Clearance Center (CCC), 222 Rosewood Drive Danvers, MA 01923, USA, fax (1) 978 646 8600, *info@copyright.com* .

AVANT-PROPOS

Depuis 1965, en coopération avec les pays et les États membres, l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) préparent conjointement des mises à jour périodiques (actuellement tous les deux ans) sur les ressources, la production et la demande d'uranium. Ces mises à jour sont publiées par l'OCDE/AEN dans l'ouvrage communément connu sous le nom de Livre rouge.

La présente publication a été entreprise pour collecter, rassembler, analyser et publier toutes les informations clés recueillies dans les 20 éditions du Livre rouge parues entre 1965 et 2004. La Rétrospective du Livre rouge dresse un tableau évolutif complet du secteur de l'uranium à l'échelle mondiale dans les domaines suivants : ressources, prospection, production, puissance nucléaire installée, besoins annuels en uranium, stocks d'uranium, prix de l'uranium, activités environnementales et politiques pertinentes relatives à l'uranium. On y trouve dans le détail le chemin parcouru par les grands pays producteurs d'uranium, notamment l'Allemagne (y compris l'ex-République démocratique allemande), l'Australie, le Canada, les États-Unis, la Fédération de Russie (y compris l'ex-Union des républiques socialistes soviétiques) et la France. Des analyses d'experts donnent un nouvel éclairage sur certaines dimensions importantes du secteur comme : le coût des découvertes, les ratios entre ressources et production, et le délai qui sépare la découverte de la production, entre autres. Les gouvernements de plus de 100 pays ont fourni des informations officielles pour cette publication, disponible sous une forme facile à consulter, y compris par voie électronique afin de permettre aux personnes intéressées de les analyser et d'avancer l'état des connaissances de cette importante industrie.

Ce rapport est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.

Remerciements

Le Secrétariat souhaite exprimer sa reconnaissance à Fritz Barthel (Allemagne) Jean-René Blaise (France) et Jay McMurray (États-Unis) pour leur contribution à la réalisation de ce rapport.

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

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).

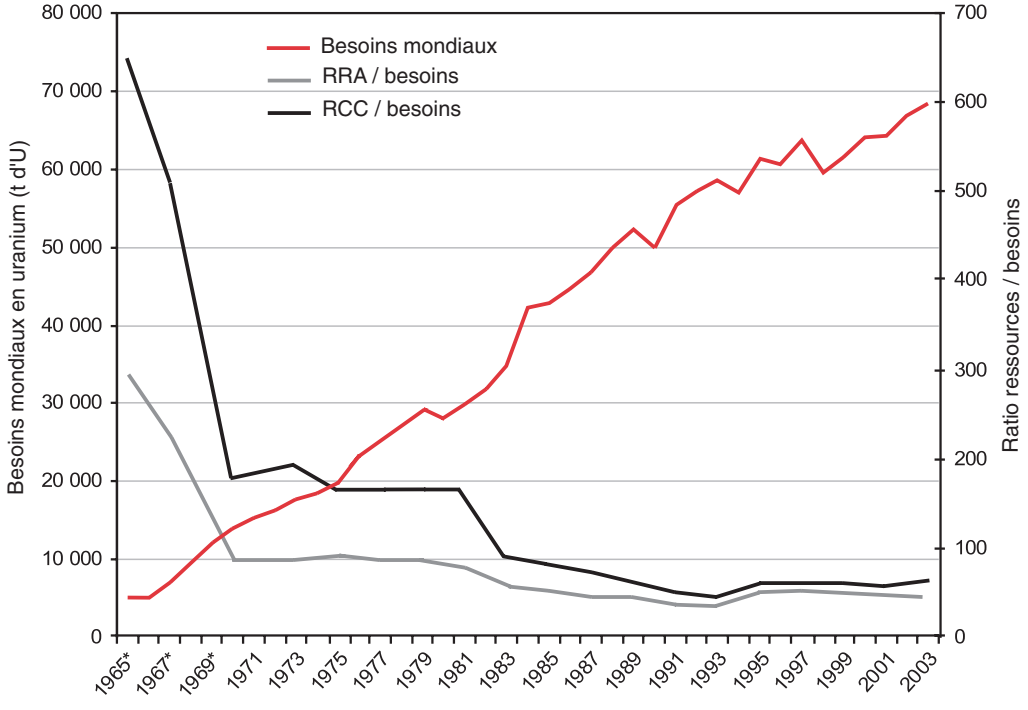
supérieure des volumes totaux d'uranium déjà extraits et non un inventaire exact des excédents d'uranium qui pourraient être employés pour des usages civils. Quoi qu'il en soit, les stocks d'uranium naturel et enrichi constituent une ressource importante qui devrait à l'avenir continuer de venir compléter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



1. HISTORIQUE DU LIVRE ROUGE

Historique

L'historique du Livre rouge débute au mois de janvier 1965 lorsque l'Agence européenne pour l'énergie nucléaire (AEEN) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) créa le Groupe d'étude sur l'avenir à long terme de l'énergie nucléaire. L'AEEN constitua alors un groupe de travail, l'ancêtre du Groupe sur l'uranium pour recueillir des estimations des ressources mondiales en uranium et en thorium. Ce groupe de travail qui, un an plus tard, prit la forme d'une collaboration entre l'AEEN et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), s'est vu confier la tâche de préparer une série de dix évaluations de l'offre mondiale d'uranium entre 1965 et 1982. Plusieurs groupes de travail ont été par la suite constitués sous l'égide de l'AEN/AIEA pour réunir et publier des informations sur des sujets variés touchant à la prospection, aux ressources et à l'extraction d'uranium.

En 1983, les efforts accomplis pour regrouper les divers groupes de travail constitués par l'AEN et l'AIEA individuellement ou ensemble afin de produire des données sur les divers domaines de la technologie de l'uranium, avaient échoué. C'est pourquoi le Groupe sur l'uranium de l'AEN, créé en 1984 pour planifier et établir le Livre rouge, était composé de représentants des pays membres de l'AEN et d'un représentant du Secrétariat de l'AIEA. En 1992, des pays non membres de l'OCDE ont été invités à participer aux réunions du groupe en tant que membres de la délégation de l'AIEA. Cette participation élargie a permis d'accéder à des informations venant du monde entier sur de multiples aspects de l'offre et de la demande d'uranium. Le Groupe sur l'uranium est passé d'un effectif de 11 experts provenant de 10 pays en 1965 à 47 experts de 22 pays et trois organisations internationales en 2003. Au cours de cette évolution, le Livre rouge a acquis la réputation d'une source majeure d'informations émanant des organismes publics sur les pays qui ont produit ou exploité de l'uranium à des fins civiles. Le lecteur trouvera à la référence 1.1 des informations complémentaires concernant l'histoire du Groupe sur l'uranium.

La première évaluation des ressources mondiales en uranium, intitulée *Ressources mondiales en uranium et en thorium*, a été publiée en 1965 sous l'égide de l'AEEN. Comme elle avait une couverture rouge, de même que toutes les éditions qui allaient suivre, cette publication prit le nom courant de "Livre rouge". Onze experts de six pays – Canada, Espagne, États-Unis, France, Royaume-Uni et Suède – ont participé à la rédaction du premier Livre rouge aux côtés de l'AEEN. Cette première édition établissait les ressources en uranium de 16 pays et d'une catégorie baptisée "autres" qui incluait principalement l'Allemagne, l'Italie, la Turquie et la Yougoslavie. Les ressources en uranium étaient subdivisées en deux catégories en fonction de leur fiabilité : les ressources raisonnablement assurées et les ressources supplémentaires possibles – pour les tranches de coûts suivantes : 5 à 10 USD/livre d'U_3O_8, 10 à 15 USD/livre d'U_3O_8 et 15 à 50 USD/livre d'U_3O_8.

Les ressources en thorium (RRA et ressources supplémentaires possibles) récupérables à un coût situé entre 5 USD/livre et 10 USD/livre de ThO_2 ont également été établies pour six pays et une région. De plus, le premier Livre rouge comportait un chapitre uniquement consacré à l'uranium extrait de l'eau de mer.

Depuis cette première édition, le monde a bien changé et, avec lui, le Livre rouge. En 1967, l'AEEN et l'AIEA s'étaient entendues pour le publier ensemble. Comme il n'existait pour ainsi dire pas de marché pour le thorium, le Livre rouge de 1967 a vu son titre changé pour *Ressources d'uranium – estimations révisées*. Un court chapitre seulement était consacré au thorium. Au cours des 38 années qui se sont écoulées jusqu'en 2003, 19 éditions du Livre rouge ont été publiées.

La figure 1.1 retrace l'historique de la participation au Livre rouge à travers le nombre de pays qui ont établi un rapport pour chaque édition. Le nombre de rapports nationaux est passé de 11 dans l'édition de 1965 à un niveau record de 59 en 1998. Au total, ce sont 107 pays qui ont fourni les données à inclure dans le Livre rouge jusqu'en 2003. On trouvera à l'annexe 1.1 la liste des pays qui ont participé aux diverses éditions du Livre rouge en fonction de la région à laquelle ils appartiennent ainsi que le nombre de parutions du Livre rouge auxquelles chaque pays a participé. L'annexe 1.2 énumère les pays qui ont participé à chacune des éditions du Livre rouge. Lorsqu'un pays cesse de contribuer au Livre rouge, ses activités antérieures ne sont pas toujours reportées dans les éditions suivantes. C'est pourquoi les annexes 1.1 et 1.2 témoignent des activités de prospection qui ont permis d'établir la base de données géologiques sur les réserves d'uranium dans le monde et sur lesquelles le Livre rouge contient des informations.

Une comparaison des informations contenues dans les éditions de 1965, de 1983 et de 2003 révèle d'importantes transformations de l'industrie de l'uranium et du Livre rouge entre la première édition, l'édition à mi-parcours d'une histoire de 38 ans et l'édition de 2003 (tableau 1.1).

Avant 1989, le Livre rouge contenait des informations concernant uniquement ce que l'on appelait à l'époque « le monde à économie de marché ». Depuis, toutefois, la participation au Groupe sur l'uranium et les informations présentées dans le Livre rouge ont constamment augmenté et deviennent de plus en plus exhaustives et représentatives.

Figure 1.1. Historique de la participation au Livre rouge à travers le nombre de rapports nationaux présentés

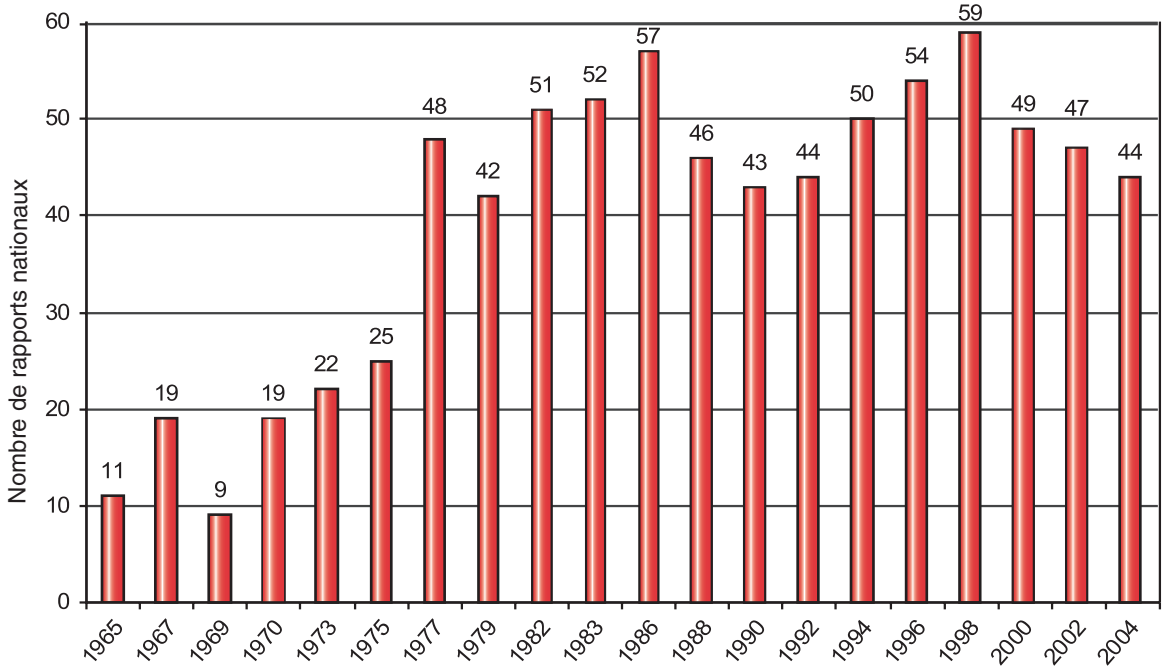


Tableau 1.1. Comparaison de statistiques sur le Livre rouge

	1965	1983	2003
Nombre de pages du Livre rouge	22	348	288
Nombre de pays ayant communiqué leur RRA	16	30	42
Nombre de réacteurs en exploitation	40	301	435
RRA (tranche de coût la plus élevée, 1 000 de t d'U)	1 343	2 043	3 169
Montant total des RRA communiquées par l'Australie (1 000 de t d'U)	15	336	735

L'historique du Livre rouge a accompagné le développement de l'énergie nucléaire et a été marquée par les événements mondiaux. Le principal d'entre eux, la guerre froide, constitue une période où les besoins en uranium pour les applications militaires ont modelé le marché de l'uranium. Parmi les autres événements importants dans le monde et l'industrie elle-même qui ont donné forme à l'industrie de l'uranium d'aujourd'hui et que l'on retrouve dans les éditions successive du Livre rouge, on retiendra :

- la première centrale nucléaire civile (1957) ;
- la crise du pétrole et l'essor de l'énergie nucléaire comme solution de remplacement aux combustibles fossiles (1973) ;
- la découverte de gisements liés à des discordances en Australie (1969) et au Canada (1968) ;
- la découverte du plus grand gisement d'uranium du monde à Olympic Dam (1976) ;
- l'accident de Three Mile Island (1979) ;
- l'accident de Tchernobyl (1986) ;
- la fin de la guerre froide et le démantèlement du bloc de l'Est (1990) et de l'URSS (1991) ;
- les sources secondaires, provenant notamment de la dilution de l'uranium enrichi de qualité militaire à des fins civiles, commencent à prendre de l'importance (1993) ;
- la prise de conscience du déclin des sources secondaires et l'espoir grandissant de construire de nouveau des centrales poussant les prix à la hausse (2003).

Au gré de ces événements et d'autres encore, le Livre rouge s'est adapté pour tenir compte de la complexité croissante de l'industrie de l'uranium. La première édition de 1965 était exclusivement consacrée aux ressources en uranium et en thorium. En 1969, son champ d'application a commencé à s'élargir. Le Livre rouge de 1969 intitulé *Uranium – Production et demande à court terme* tenait compte du lien entre l'offre et la demande et présentait des analyses concernant la capacité de production d'uranium et la puissance installée nucléaire ainsi que des projections de la puissance installée et de la demande d'uranium jusqu'en 1980 pour deux scénarios, fort et faible. En 1970, à cinq ans seulement de la première édition, le Livre rouge abordait un large éventail d'aspects de l'amont du cycle du combustible. Le titre du Livre rouge de 1970, *Uranium : ressources, production et demande*, est pratiquement identique à celui de l'édition de 2003, *Uranium 2003 : ressources, production et demande*. L'édition de 1970 était consacrée à l'offre et à la demande d'uranium et contenait des projections jusqu'en 1985. Les capacités d'enrichissement et de conversion en UF_6 y étaient brièvement abordées. Le Livre rouge n'a cessé de grossir depuis les années 70 avec le ralliement de nouveaux pays contributeurs et l'élargissement du périmètre d'étude à des thèmes toujours renouvelés, les sources secondaires et les aspects environnementaux de l'extraction et de la production d'uranium, entre autres. En 1982, à l'exception d'une information sommaire, le thorium a disparu du Livre rouge car il n'existait plus de marché commercial de cette matière. Avec la prise de conscience des problèmes environnementaux que pose la production d'uranium, un chapitre consacré à la sûreté radiologique et aux aspects environnementaux de l'extraction et de la production d'uranium a été ajouté à l'édition de 1995. Des données sur les sources secondaires d'uranium, et notamment les combustibles à mélange d'oxydes (MOX), l'uranium de qualité militaire recyclé et le ré-enrichissement de l'uranium appauvri sont apparues pour la première fois dans le rapport de 2003.

L'élaboration du Livre rouge réunit à intervalles réguliers des représentants de toute la communauté nucléaire. Les réunions du Groupe sur l'uranium, au cours desquelles sont revues et visées avant leur publication les données du Livre rouge, sont l'occasion pour les représentants des pays participants d'échanger des informations sur leurs industries nucléaires respectives. Les données présentées dans le Livre rouge sont en effet des informations officielles communiquées par les gouvernements des pays participants. Elles sont donc relativement indépendantes des intérêts commerciaux et, en tant que telles, représentent la source de données publiées de référence pour ce qui concerne les ressources, la prospection, la production et la capacité de production d'uranium.

La rétrospective

Les objectifs de la présente publication sont les suivants :

- constituer un jeu complet et concis des statistiques sur la prospection, les ressources et la production d'uranium qui ont été publiées dans les éditions du Livre rouge de 1965 à 2003 ;
- recueillir de nouvelles informations sur la prospection, les ressources, la production et les stocks d'uranium de façon à combler les lacunes des données figurant dans les éditions antérieures du Livre rouge et ainsi élargir et améliorer la perspective historique ;
- proposer un point de vue historique sur l'évolution dans le temps des relations entre l'offre et la demande d'uranium ;
- dégager des enseignements susceptibles de s'appliquer à la situation actuelle.

À l'instar du Livre rouge, qui a toujours été le fruit d'une collaboration dont les résultats dépendaient des informations fournies par les pays participants, ce rapport a été produit dans le cadre d'une collaboration. Bien au-delà de l'équipe directement concernée par la compilation des données et la rédaction du document, cette collaboration a mis à contribution des collègues du monde entier qui ont consacré un temps et une énergie considérables à combler les lacunes des données et de cette manière à obtenir une description plus riche des divers aspects de l'offre et de la demande d'uranium.

Ensemble, les vingt éditions du Livre rouge publiées de 1965 à 2004 représentent sans aucun doute la compilation la plus exhaustive sur les ressources, la prospection, la production et la demande d'uranium qui soit accessible à tous. Le lecteur y trouvera des statistiques sur les ressources et la production d'uranium, c'est-à-dire les deux principales composantes de l'offre, à divers moments de l'histoire de cette industrie. Les Livres rouges contiennent en outre des statistiques et des projections de la demande qui permettent d'évaluer la façon dont les spécialistes percevaient l'avenir de l'industrie, mais aussi des estimations de la capacité de production nucléaire et des besoins en uranium des centrales sur des périodes de 10 à 20 ans. La présente rétrospective a été conçue comme un moyen d'archiver les informations dispensées dans les éditions antérieures et ainsi de proposer une perspective historique sur l'industrie de l'uranium notamment sur des sujets allant des ressources et de la capacité de production (offre) à la puissance nucléaire installée et aux besoins en uranium des centrales (demande).

Au moment de la publication de chaque nouvelle édition, rien n'était été épargné pour s'assurer qu'elle était aussi précise et complète que possible. Pourtant, nous avons pris connaissances ces dernières années d'informations nouvelles qui n'étaient pas disponibles lorsque ont été préparés les précédentes éditions du Livre rouge. C'est pourquoi, il ne s'agissait pas seulement par cette rétrospective de regrouper les informations données dans les précédentes éditions, mais de combler les lacunes qu'elles comportaient de façon à faire du présent ouvrage la rétrospective la plus complète possible sur l'offre et de la demande d'uranium. Ont été inclus notamment dans cette publication des informations sur la prospection et la production dans les pays de l'ex-Union soviétique. Par ailleurs, malgré tous les efforts consentis pour obtenir des informations supplémentaires de spécialistes éminents dans leurs pays respectifs, les auteurs ont dû procéder à des estimations (signalées comme il convient) pour compléter le plus possible le jeu de données.

Le présent rapport analyse et interprète les statistiques figurant dans les différentes éditions du Livre rouge par sujets principaux (puissance installée et besoins en uranium, prix de l'uranium sur le marché, ressources, etc.). Ses annexes contiennent les données brutes consolidées présentées sous une forme tabulaire permettant au lecteur de procéder à des analyses supplémentaires s'il le désire. À la plupart des chapitres du rapport sont associées des annexes avec tableaux où figurent les données à partir desquelles les graphiques et les schémas du corps du texte ont été établis.

2. PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE

C'est le Royaume-Uni qui, en 1957, a inauguré l'exploitation de l'énergie nucléaire à des fins civiles avec la mise en service de la tranche 1 de Calder Hall dont la puissance installée au cours de sa première année était de 50 mégawatts électriques (MWe). Depuis ce modeste début, l'industrie possédait en 2003 435 réacteurs en service d'une puissance installée supérieure à 359 400 MWe assurant 16 % de la production l'électricité mondiale (figure 2.1). Par ailleurs, en 2003 également, 33 réacteurs étaient en chantier dans 11 pays. La puissance installée a augmenté à un rythme annuel moyen avoisinant 20 % entre 1956 et 2003. Bien que l'échelle de la figure 2.1 ne permette pas de le percevoir très clairement, la puissance électronucléaire installée a progressé d'environ 55 % par an entre 1957 et 1973. Par comparaison, entre 1973 et 1990, c'est-à-dire au cours de la période de construction la plus intense, le rythme de croissance n'était que de 13 % par an. Entre 1990 et 2003, le rythme de croissance annuel moyen était inférieur à 1 %. Le tableau 2.1 récapitule les principaux pays en termes de puissance nucléaire installée en 2003.

On peut distinguer trois grandes périodes dans l'histoire de la puissance nucléaire installée : la période de croissance initiale (1957 à 1973), une période de fort développement (1973 à 1990) et une période de croissance lente (1990 à 2003). Au cours de la période de croissance initiale, la puissance a augmenté de 2 400 MWe en moyenne par an, et le nombre de réacteurs en service est passé de deux en 1957 à 109 en 1973. Entre 1973 et 1990, la puissance installée a crû à un rythme annuel moyen de 16 060 MWe avec la mise en service de nouvelles centrales et on est passé de 109 centrales en service en 1973 à 413 centrales en 1990. L'accident de Three Mile Island aux États-Unis en 1979 et l'accident de Tchernobyl en Ukraine en 1986 ont porté un coup d'arrêt brutal à cette période de croissance rapide. Entre 1990 et 2003, la puissance installée n'a progressé en moyenne que de 2 315 MWe par an. Au cours de cette période, 59 réacteurs ont été construits et 50 autres fermés, ce qui donne une solde de neuf réacteurs supplémentaires pour la période 1990-2003.

Tableau 2.1. Pays ayant les puissances électronucléaires installées les plus élevées (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

Figure 2.1. Puissance nucléaire installée (1957-2003)

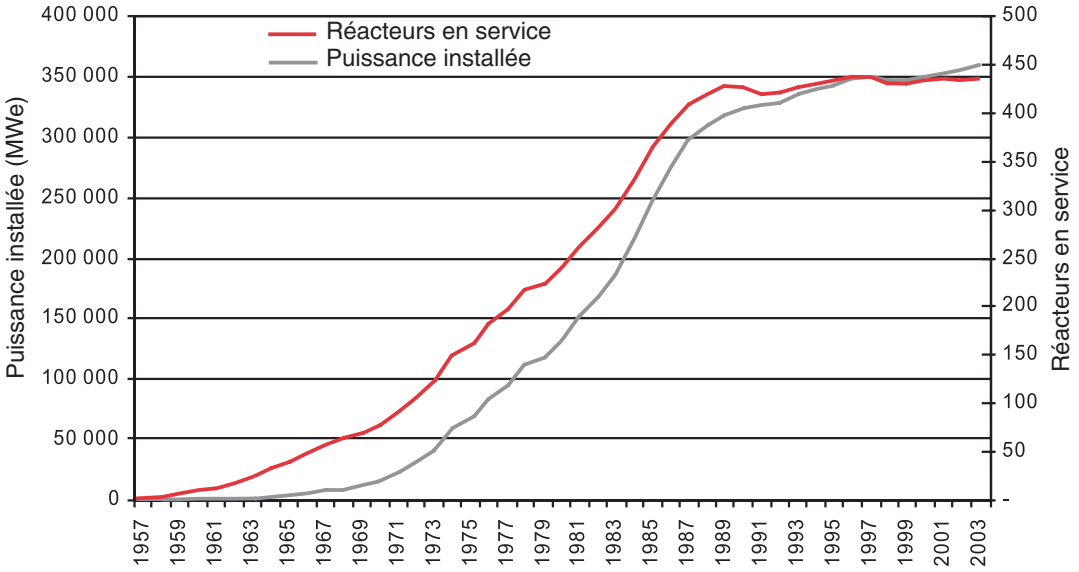


Figure 2.2. Puissance nucléaire installée (1957-2003)

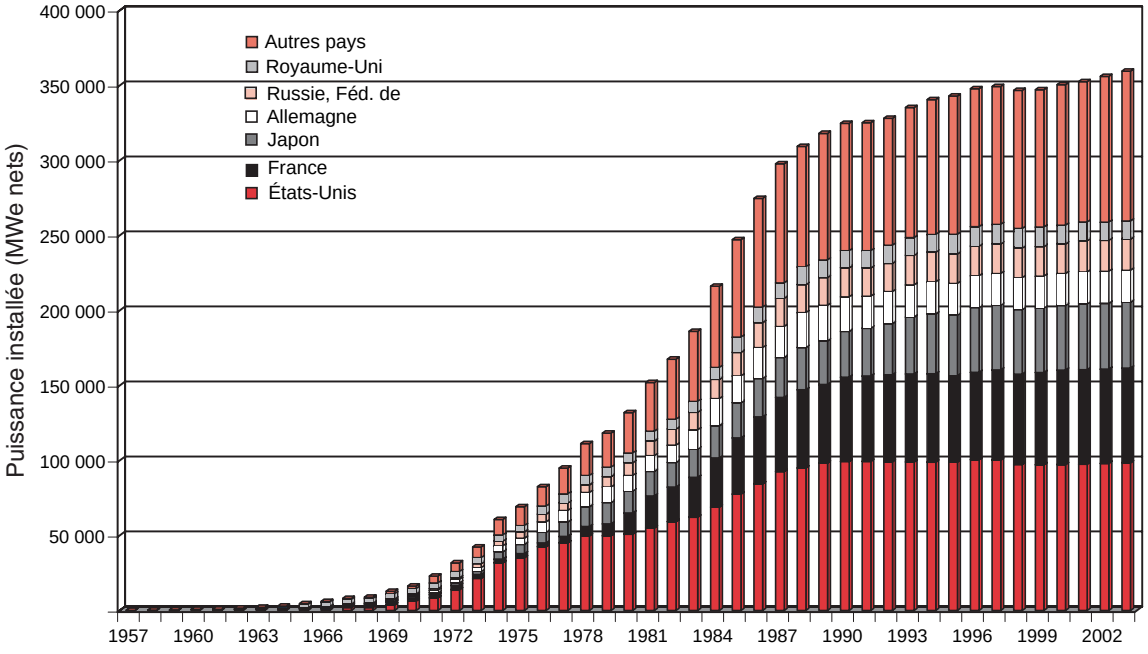


Tableau 2.2. Développement du parc électronucléaire aux États-Unis, en France et au Japon

	Année de mise en service du 1er réacteur de puissance	1970		1980		1990		2000	
		Nombre de réacteurs	% de la puissance installée mondiale	Nombre de réacteurs	% de la puissance installée mondiale	Nombre de réacteurs	% de la puissance installée mondiale	Nombre de réacteurs	% de la puissance installée mondiale
États-Unis	1957	18	39	69	38	111	31	104	28
France	1959	7	10	21	11	56	17	58	18
Japon	1965	4	8	22	11	40	10	51	12
Total		29	57	112	60	207	58	213	58

La figure 2.2 représente l'évolution de la puissance installée pays par pays. L'annexe 2.1 récapitule brièvement l'histoire de l'énergie nucléaire de chacun des pays représentés sur la figure 2.2. Les données détaillées qui ont permis d'établir les figures 2.1 et 2.2 sont regroupées à l'annexe 2.2. Trois pays, les États-Unis, la France et le Japon, ont dominé l'histoire de l'électronucléaire et représentaient, en 2003, 58 % de la puissance installée mondiale (figure 2.2). Le tableau 2.2 permet de comparer le nombre de réacteurs et le pourcentage de la puissance nucléaire installée mondiale de ces pays à intervalles de dix ans entre 1970 et 2003. La part relative de chacun de ces trois pays est restée pratiquement identique au cours des trente dernières années. Dans les années 80, si leurs parcs de réacteurs et leur puissance nucléaire installée continuaient d'augmenter, les autres pays connaissaient une progression comparable.

Le développement de la puissance nucléaire installée résulte à la fois de la multiplication du nombre de centrales nucléaires en service et de l'augmentation de la puissance moyenne de chaque installation. La figure 2.3 permet de comparer la croissance de la puissance installée et du nombre de réacteurs en service. La puissance installée moyenne de tous les réacteurs exploités en 1973 était de 348 MWe. La puissance installée moyenne des réacteurs connectés au réseau entre 1973 et 1990, c'est-à-dire la période de fort développement de l'énergie nucléaire, était de 797 MWe. Entre 1973 et 1990, le nombre de réacteurs et la puissance moyenne des réacteurs en service ont augmenté respectivement de 278 % et de 223 %. Depuis 1990, la puissance moyenne des nouveaux réacteurs est de 898 MWe.

Figure 2.3. Puissance installée moyenne comparée et nombre de réacteurs en service

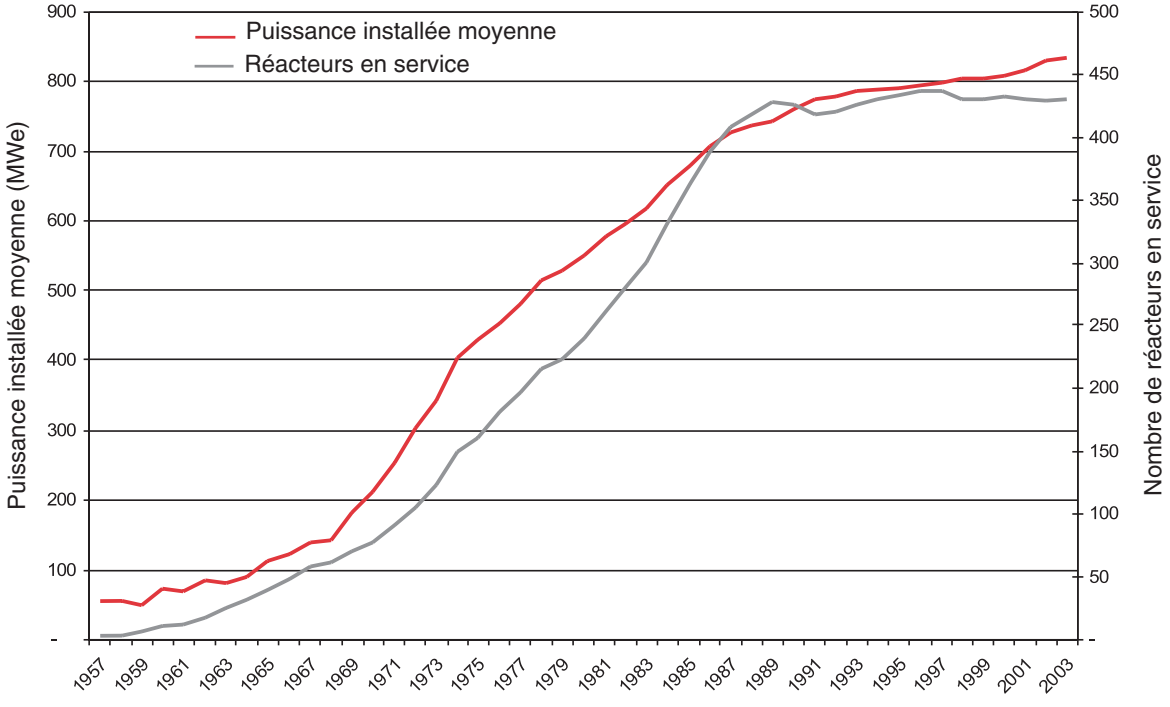


Figure 2.4. Mises en service et fermetures de réacteurs

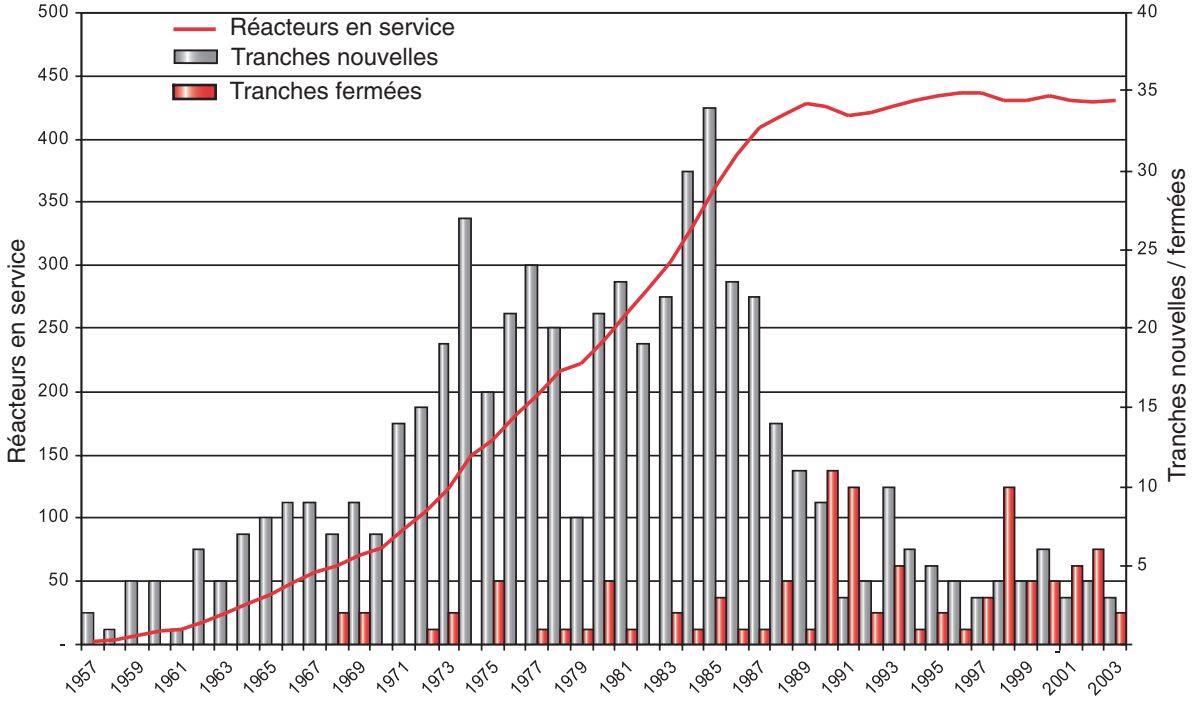
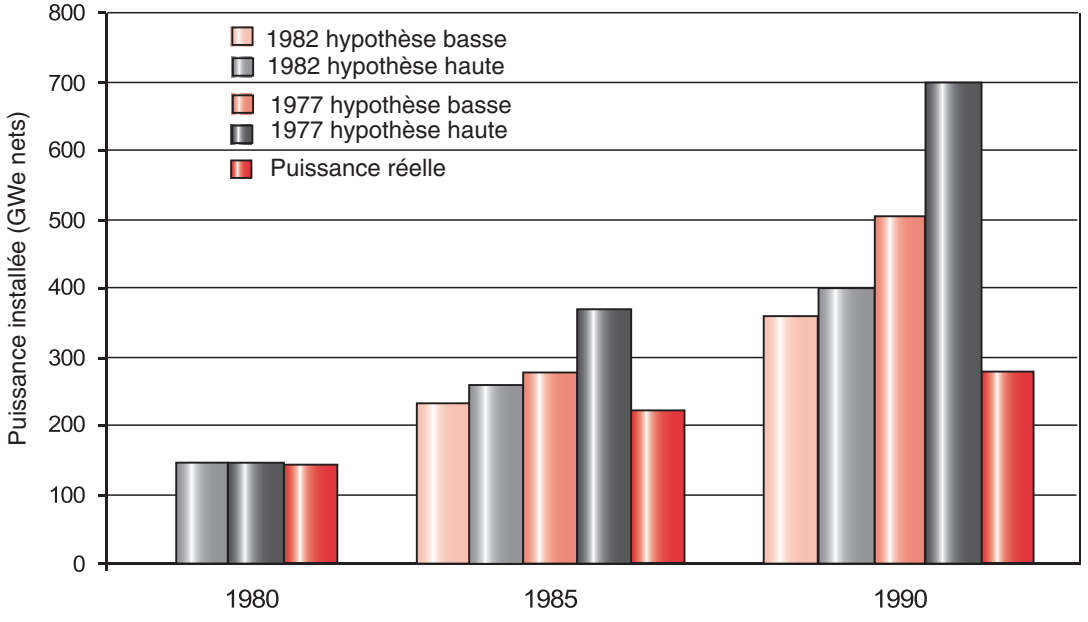


Figure 2.5. Comparaison des projections de la puissance nucléaire installée avec la puissance réelle dans le monde à économie de marché – Éditions de 1977 et de 1982 du Livre rouge



Toute l'histoire de l'énergie nucléaire se résume à l'adjonction régulière de nouveaux réacteurs et à l'augmentation de la puissance. La figure 2.4, cependant, montre que, si la tendance générale voulait que l'on augmente le nombre de réacteurs, certaines fermetures de centrales ont ralenti la croissance de la puissance totale installée. Les premières fermetures sont intervenues en 1968 et les arrêts se sont poursuivis par intermittence jusqu'en 2003. Et si le bilan général indique que l'on a ajouté plus de tranches qu'on n'en a fermées, en 1990, 1991, 1998 et 2001 le nombre de fermetures était néanmoins supérieur à celui des mises en service. Avec la fermeture de 20 tranches (perte nette de huit tranches) en 1990-91, c'est la période de développement rapide de l'électronucléaire qui prend fin.

Justesse des projections contenues dans le Livre rouge

L'édition de 1969 a été la première qui contienne des projections du développement de l'énergie nucléaire, un exercice qui est devenu une tradition. L'une des finalités de la présente rétrospective est d'évaluer la justesse de ces projections de la puissance nucléaire installée comme étalon de mesure des futurs besoins en uranium des centrales nucléaires. Le tableau 2.3 permet de comparer les projections de la puissance nucléaire installée des pays appartenant au monde à économie de marché figurant dans les éditions de 1977 et de 1982 du Livre rouge pour les années 1980, 1985, 1990 avec la puissance installée réelle ces mêmes années. La figure 2.5 est une illustration graphique de ce tableau pour la projection basse de la puissance installée. Ces deux éditions du Livre rouge ont été choisies car elles correspondent à la période précédant ou suivant immédiatement l'accident de Three Mile Island (1979) qui a eu des répercussions profondes sur l'industrie. Comme le montrent ces deux illustrations, les prévisions de la puissance installée dans le Livre rouge 1982 sont inférieures à celles de l'édition de 1977, à un moment où l'industrie ressentait déjà les effets de l'accident de Three Mile Island. Après ce réajustement, la prévision pessimiste du Livre rouge de 1982 n'était que de 4 % supérieure à la puissance installée réelle en 1985. Toutefois, si l'on considère l'année 1990, la différence entre la projection pessimiste et la puissance réelle atteint 22 %.

Le tableau 2.4 permet de comparer les projections de la puissance installée données dans les éditions de 1982, de 1983, de 1986 et de 1989. La tendance à la baisse des prévisions observée sur le tableau 2.2 entre 1977 et 1982 s'est poursuivie jusqu'à l'édition de 1989. Dans les trois Livres rouges qui suivent, chaque prévision est inférieure aux prévisions du Livre rouge de 1982 pour la période correspondante. L'estimation basse prévue pour 1995 dans le Livre rouge de 1989 représente 67 % de l'estimation du Livre rouge de 1982. De même, la prévision haute pour 2005 dans l'édition de 1989 ne représente que 28 % de

Tableau 2.3. Comparaison des projections de la puissance nucléaire installée avec la puissance réelle dans le monde à économie de marché (GWe)

Édition du Livre rouge	1980			1985			1990		
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Puissance réelle	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Puissance réelle	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Puissance réelle
1977	146	146	144	278	368	222	504	700	280
1982				322	258	222	361	401	280

Tableau 2.4. Comparaison des projections de la puissance nucléaire installée (GWe)

Édition du Livre rouge	1995		2000		2005		2010		2015		2020		2025	
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
1982	451	562	585	804	725	1 120	880	1 503	1 034	1 928	1 180	2 366	1 311	2 794
1983	412	425	504	558	608	773	736	1 091	888	1 483	1 049	1 917	1 209	2 370
1986	348	360	402	500	466	677	523	875	579	1 105	630	1 325	675	1 555
1989	304	309	328	329	368	412	415	510	460	595	510	685	560	780

la prévision du Livre rouge de 1982. Il est difficile de poursuivre ce type de comparaison entre les différentes éditions du Livre rouge parues après 1989 car les statistiques concernent alors la puissance installée mondiale et non plus celle du monde à économie de marché.

Sur le tableau 2.5 on a porté à des fins de comparaison la puissance nucléaire installée réelle en 1995, en 2000 et en 2005 et les projections effectuées dans les éditions du Livre rouge allant de 1982 à 1989. Les projections même les plus basses données pour ces trois années sont nettement supérieures à la puissance réelle mais deviennent néanmoins plus proches de la réalité à mesure qu'on passe à chaque nouvelle édition. Ainsi, la prévision faible proposée en 1982 pour 2005 était égale à 1,9 fois la puissance réelle, tandis que celle donnée en 1986 pour 2005 ne différait de la puissance réelle que de 1,2 fois.

Conclusions concernant la puissance nucléaire installée

De 50 MWe en 1965, la puissance nucléaire installée est passée à près de 359 400 MWe en 2003. Cette progression s'est effectuée en trois phases, une phase de croissance initiale entre 1957 et 1973 caractérisée par une progression annuelle à un rythme moyen de 2 400 MWe par an, une phase de fort développement 1973 et 1990 qui a vu la puissance installée augmenter annuellement de 16 060 MWe en moyenne et une phase de croissance lente de 1990 à 2003 où la progression s'est considérablement ralentie à un rythme moyen annuel de 2 315 MWe seulement.

Pour vérifier que les ressources en uranium et les capacités de production sont suffisantes, les éditions du Livre rouge à compter de 1979 contiennent des projections de la puissance installée future. Les premières estimations de cette puissance dépassaient systématiquement les puissances réelles, mais les projections se sont affinées avec le temps. Cet exercice rétrospectif nous a appris notamment que les estimations à long terme traduisent tout autant les perceptions de leur époque que les idées que l'on se fait de l'avenir et qu'il convient de ne pas négliger dans les estimations de la puissance installée effectuées aujourd'hui cette tendance à surestimer dans des périodes de développement rapide et d'optimisme.

Tableau 2.5. Comparaison des projections de la puissance nucléaire installée avec la puissance réelle dans le monde à économie de marché (GWe)

Édition du Livre rouge	1995			2000			2005		
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Puissance réelle*	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Puissance réelle*	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Puissance réelle*
1982	451	562	293	585	804	303	725	1 120	385
1983	412	425	293	504	558	303	608	773	385
1986	348	360	293	402	500	303	466	677	385
1989	304	309	293	328	329	303	368	412	385

* Les estimations de la puissance installée dans les éditions du Livre rouge allant de 1982 à 1989 concernaient les pays du monde à économie de marché. Pour faciliter la comparaison directe, on a calculé le total des puissances réelles pour les pays du monde à économie de marché sur les périodes où le concept de monde à économie de marché n'était plus utilisé.

3. BESOINS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (DEMANDE)

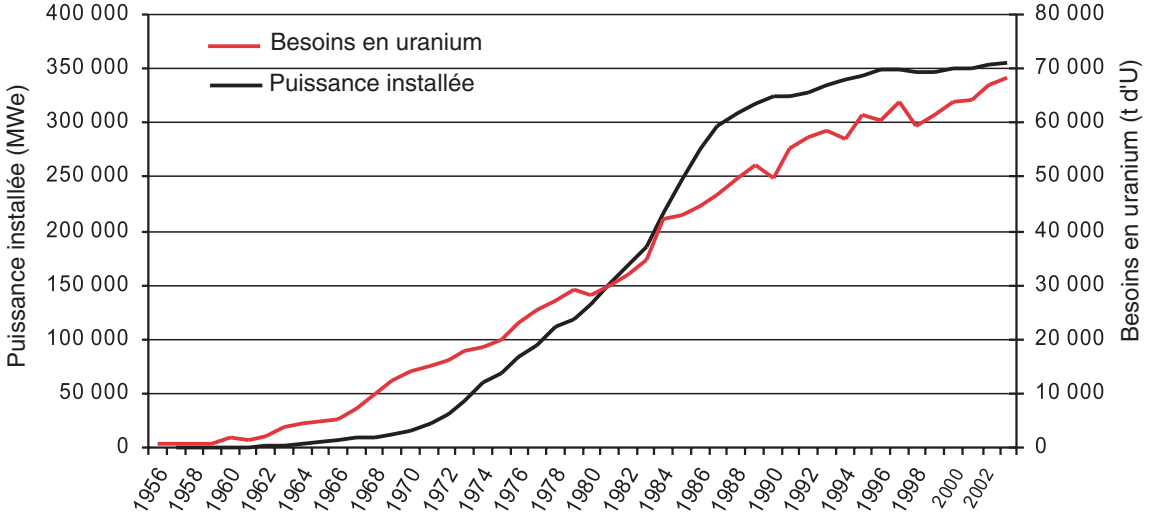
Dans le Livre rouge, les besoins annuels des centrales nucléaires *« se réfèrent aux acquisitions d'uranium naturel, et pas nécessairement à la consommation, au cours d'une année civile »*. Entre 1956 et 2003, 33 pays ont exploité des réacteurs nucléaires civils dont les besoins en uranium sont estimés à 1 513 327 t d'U. Les statistiques annuelles détaillées figurent à l'annexe 3.1. Le tableau 3.1 contient les besoins cumulés des centrales nucléaires des cinq grands pays consommateurs d'uranium et totaux au cours de cette période.

La figure 3.1 met en parallèle les évolutions des besoins mondiaux et de la puissance installée entre 1957 et 2003. Si les deux courbes présentent une allure très similaire, elles ne sont pas identiques. En effet, outre la nature du parc de réacteurs, les besoins dépendent du facteur de charge, des campagnes de chargement du combustible, du taux de combustion, des politiques de gestion du combustible, des stocks stratégiques requis et de l'utilisation plus ou moins importante de combustibles MOX.

Tableau 3.1. Besoins cumulés en uranium des centrales nucléaires (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

Figure 3.1. Évolution de la puissance installée et des besoins en uranium



Le Livre rouge de 1969 a inauguré les projections de besoins en uranium que l'on retrouve ensuite dans toutes les éditions jusqu'en 2003. Les données utilisées pour établir les tableaux et figures du chapitre 3 ont été reportées dans les annexes 3.1 et 3.2. L'annexe 3.1 donne les besoins annuels en uranium par pays. L'annexe 3.2 compare les projections des besoins avec les besoins réels.

Le tableau 3.2 montre que la fiabilité des projections des besoins en uranium s'est améliorée entre 1969 et 1972. Les besoins en uranium réels en 1975 étaient nettement inférieurs aux projections, de 55 % de la projection basse pour 1975 qui avait été effectuée en 1969 et de 41 % de la projection haute. En 1973, les projections étaient meilleures. Les besoins réels en 1975 étaient respectivement de 82 % et de 72 % des projections basse et haute effectuées en 1973. Rappelons que ces projections ont été réalisées avant l'accident de Three Mile Island, à une époque où l'énergie nucléaire était considérée comme la source d'énergie d'avenir. Le tableau 3.3 qui récapitule les projections effectuées après l'accident de Three Mile Island révèle comment les projections effectuées dans le Livre rouge ont changé. La comparaison des deux tableaux démontre clairement que les projections se sont affinées puisque l'écart entre les besoins réels et prévus s'amenuise à mesure que passent les éditions du Livre rouge. De 1986 à 1993, le Livre rouge contenait plus qu'une projection (c'est-à-dire que l'on ne proposait plus deux hypothèses, forte et faible).

Tableau 3.2. Comparaison des besoins en uranium projetés et réels des pays à économie de marché (t d'U)

	1975			1980		
Édition du Livre rouge	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur réelle	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur réelle
1969	33 840	45 370	18 750	56 140	81 538	26 000
1973	23 000	26 000	18 750	51 000	66 000	26 000

Tableau 3.3. Comparaison des besoins en uranium projetés et réels dans le monde à économie de marché (t d'U)

	1985			1990		
Édition du Livre rouge	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur réelle	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur réelle
1982	44 000	45 000	36 100	53 000	65 000	41 919
1986				48 000		41 919
1988				44 800		41 919
1989				41 913		41 919
1993						

	1995			2000		
Édition du Livre rouge	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur réelle	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur réelle
1982	64 000	93 000	47 700	81 000	129 000	49 240
1986	55 000		47 700	62 000		49 240
1988	47 200		47 700	52 400		49 240
1989	43 567		47 700	48 954		49 240
1993	46 502		47 700	45 353		49 240

La figure 3.2 est une illustration graphique des données figurant sur le tableau 3.3. La tendance qui se dégage du tableau 3.3 et de la figure 3.2 est à la prudence. Les projections publiées en 1982 et en 1986 étaient nettement supérieures aux besoins réels pour les trois années analysées sur la figure 3.2. Comme le révèle cette même figure cependant, les valeurs réelles et projetées données par les autres éditions du Livre rouge sont très proches, et l'on voit même les projections sous-estimer la demande réelle dans les éditions de 1989 et de 1993, soit un renversement de la tendance à l'optimisme des années précédentes. La croissance ralentie de la puissance installée qui s'amorce dans les années 80 a assurément contribué à améliorer la justesse des projections.

Il existe un rapport direct entre les projections des besoins en uranium et celles de la puissance installée. La puissance installée détermine les besoins, de sorte qu'à des projections inexactes de la puissance installée correspondent des projections inexactes des besoins. La figure 3.3 permet de comparer la puissance installée réelle avec les besoins réels en uranium des centrales nucléaires de 1957 à 2003 et révèle que le ratio des besoins à la puissance installée (t d'U/MWe) a oscillé entre 10,3 en 1957 et 0,22 en 1980, ce qui est considérable. En revanche, entre 1980 et 2003, ce rapport a varié de 0,16 à 0,20, ce qui donne une moyenne de 0,18. Cette stabilité est révélatrice de la constance de la relations entre la puissance et les besoins qui explique peut-être pourquoi les prévisions se sont améliorées depuis la fin des années 80.

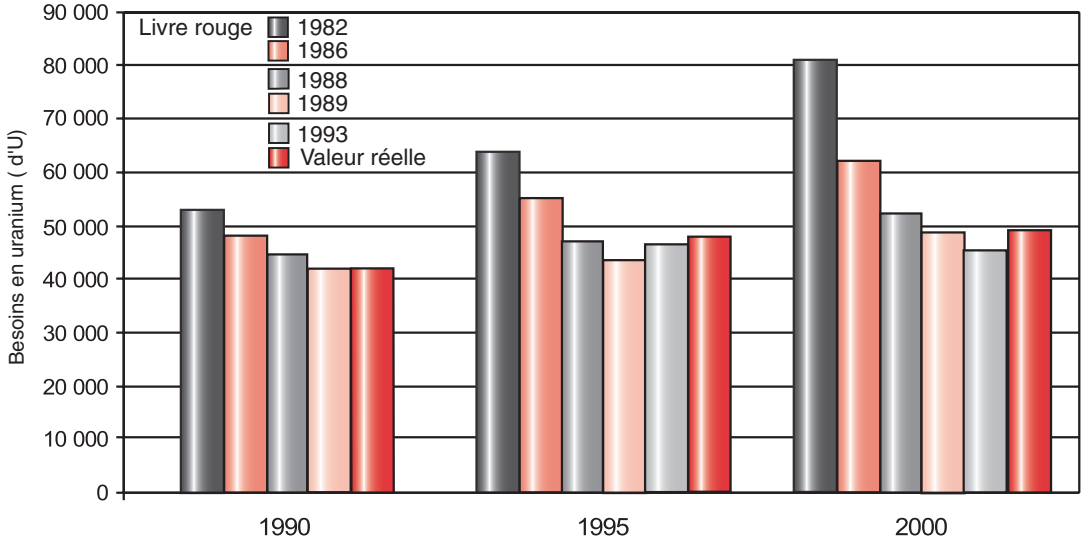
Conclusions concernant les besoins en uranium des centrales nucléaires

Entre 1956 et 2003, 33 pays exploitant des réacteurs nucléaires à des fins civiles et ont eu besoin d'une quantité totale d'uranium estimée à 1 513 327 tonnes.

Les projections des besoins en uranium sont apparues pour la première fois dans l'édition de 1969 du Livre rouge. L'exercice s'est perpétué jusqu'à nos jours comme un moyen d'estimer si les ressources et les capacités de production de l'uranium sont adéquates.

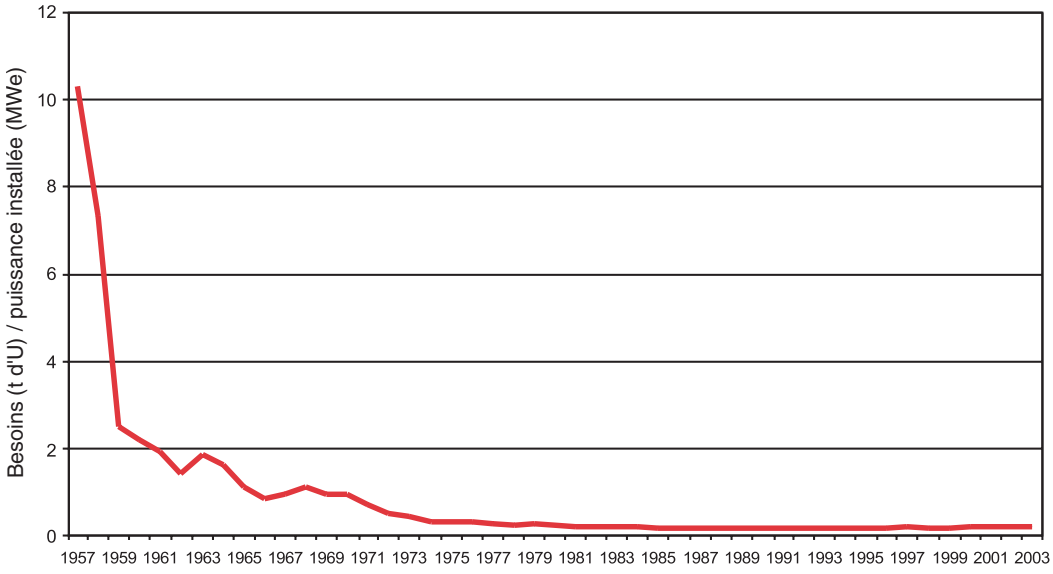
Avant l'accident de Three Mile Island, à l'époque où l'énergie nucléaire était considérée comme l'énergie de l'avenir, les projections de la puissance installée et de la demande étaient très optimistes et dépassaient largement la demande réelle. Aujourd'hui, les projections de la puissance installée et des besoins en uranium futurs doivent être jugées en tenant compte de cette tendance à surestimer dans les périodes d'optimisme et de développement rapide.

Figure 3.2. Comparaison des besoins en uranium projetés et réels dans le monde à économie de marché (t d'U)



Lorsque l'industrie de l'uranium a pris la mesure des répercussions de l'accident de Three Mile Island, les projections des besoins en uranium données dans le Livre rouge sont devenues moins optimistes et plus proches de la demande réelle ; cette meilleure justesse a été facilitée par la lenteur des changements observés depuis les années 80.

Figure 3.3. Rapport entre les besoins en uranium et la puissance installée (1957-2003)



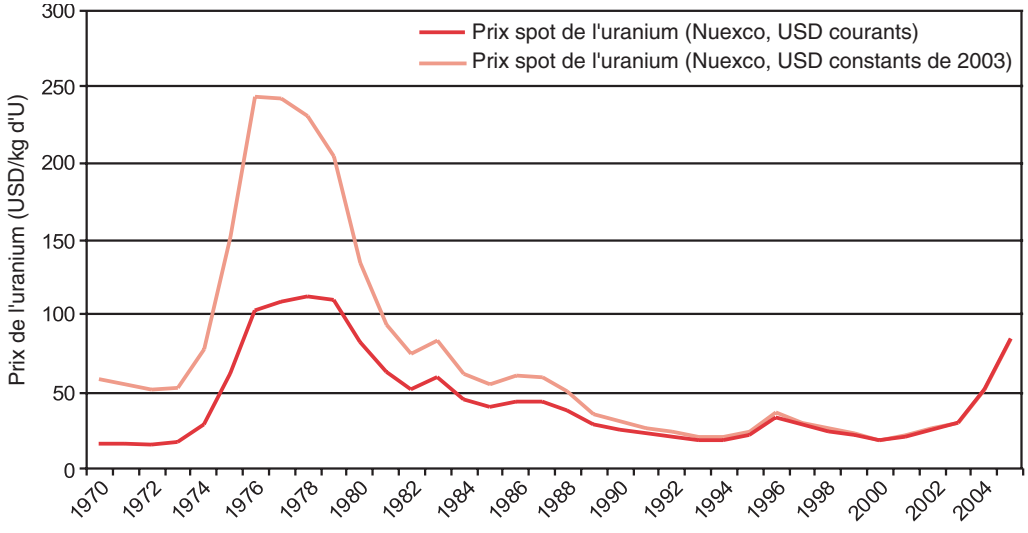
4. PRIX DE MARCHÉ DE L'URANIUM

Le prix de l'uranium sur le marché est un indicateur important de l'équilibre perçu entre l'offre et la demande d'uranium. Une brusque augmentation du prix de l'uranium laisse entrevoir des pénuries potentielles ou perçues et donc la nécessité de relever les prix pour stimuler l'offre. Inversement, une baisse des prix est révélatrice d'un excédent réel ou perçu de l'offre. L'affaissement des prix a pour effet de contraindre l'industrie à réduire sa production, et éventuellement à fermer des installations produisant à la marge de façon à aligner l'offre sur la demande. Dans les deux cas, la perception de l'équilibre entre l'offre et la demande a été mise en évidence de façon à montrer que le marché de l'uranium, comme tout marché de produits, ne réagit pas seulement à une réalité objective. À tout moment, la perception qu'a l'industrie de l'équilibre entre l'offre et la demande aura des effets sur le marché.

Les propos ci-dessus décrivent la situation du marché de l'uranium aujourd'hui. Dans le passé, toutefois, les prix de l'uranium ont été influencés par plusieurs facteurs externes dont le plus important est le fait que, pendant une bonne partie de son histoire (à compter de 1945), la demande d'uranium était fortement dépendante des besoins militaires liés à la constitution d'un arsenal nucléaire. À cause d'impératifs nationaux de sécurité et de secret, le comportement du marché de l'uranium a été faussé par la demande militaire. Depuis la fin de la guerre froide en 1989, cependant, l'uranium s'est peu à peu comporté davantage comme un produit normal, même si la disponibilité d'uranium résultant du démantèlement des ogives nucléaires continue d'influer fortement sur le marché de l'uranium et l'équilibre entre l'offre et la demande.

La figure 4.1 décrit l'évolution des prix de l'uranium sur le marché entre 1970, époque où le nucléaire civil balbutiait encore, et 2005, c'est-à-dire le moment où la plupart des recherches effectuées pour établir la présente publication étaient déjà terminées. Les prix sur le marché sont présentés en dollars courants (USD) et en dollars constants corrigés de l'inflation (USD de 2003). L'annexe 4.1 contient les informations

Figure 4.1. Prix spot de l'uranium en fonction du temps



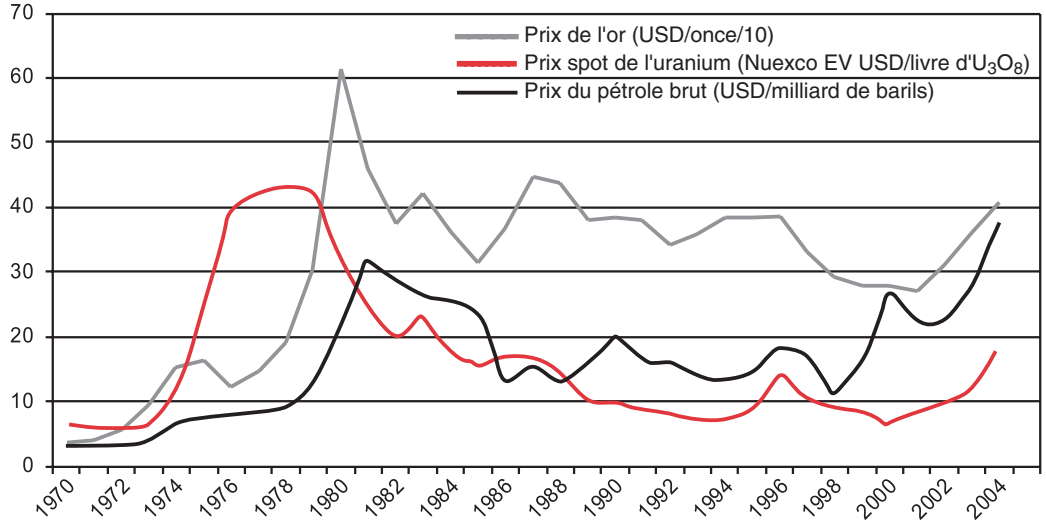
détaillées sur le prix de l'uranium sur le marché (en dollars courants et constants). Quelle que soit la monnaie employée, dollars courants ou constants, le prix de l'uranium sur le marché a culminé entre 1976 et 1978. Le prix sur le marché en 2005, qui avoisinait 85 USD/kg d'U est exactement un tiers du prix maximum corrigé de l'inflation en 1976 et 1977, soit de 243 USD/kg d'U.

Le triplement du prix de l'uranium entre 1973 et 1975 s'explique par la crainte d'une pénurie de l'offre d'uranium liée à la multiplication des commandes de réacteurs et a été précipité par la résiliation par le fabriquant de réacteurs Westinghouse des contrats d'approvisionnement, et par les besoins militaires. L'accident de Three Mile Island en 1979 et l'annulation des commandes de réacteurs qui s'est ensuivi a provoqué une chute vertigineuse du prix de l'uranium entre 1979 et 1981. Pour replacer le prix de l'uranium dans une perspective économique mondiale, on a porté sur la figure 4.2 les variations du prix de l'uranium, de l'or et du pétrole. Les informations correspondantes figurent dans l'annexe 4.2. Il existe des analogies lointaines dans l'évolution historique des prix de ces trois produits au sens où les hausses et baisses de prix de l'uranium précèdent de deux ou quatre ans celles du pétrole et de l'or. Les similitudes sont néanmoins très générales. L'uranium n'est pas un bien fongible. Il ne peut pas être remplacé dans les réacteurs nucléaires par un produit moins cher. C'est pourquoi les prix de l'uranium sont plus indépendants de la conjoncture économique mondiale et ont tendance à évoluer davantage en fonction d'événements particuliers à l'industrie, notamment :

- les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl qui ont perturbé le développement de l'énergie nucléaire ;
- les accidents survenus dans les mines et dans les usines de traitement, entraînant une baisse de la production ;
- l'afflux de sources secondaires d'uranium modifiant l'équilibre entre l'offre et la demande.

Si les prix de l'uranium ne suivent pas ceux de l'or et du pétrole, l'uranium se comporte néanmoins de plus en plus comme tous les autres produits. Comme on le verra dans les chapitres suivants, l'évolution attendue des prix engendre un comportement cyclique de l'offre : des prix plus élevés encouragent l'offre, des prix plus faibles ont l'effet inverse.

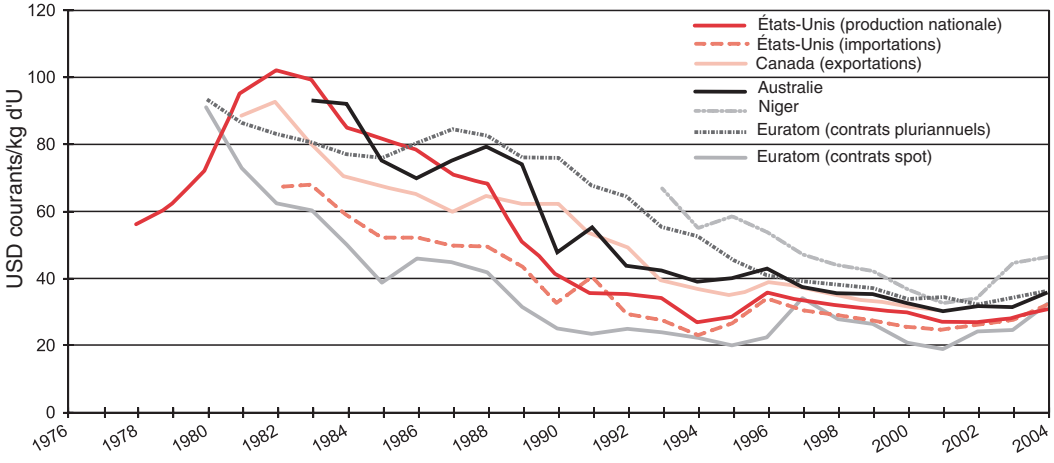
Figure 4.2. Comparaison de l'évolution des prix de l'uranium, de l'or et du pétrole



Les données publiées sur le prix de l'uranium sur le marché qui sont le plus facilement accessibles concernent le prix établi pour une livraison dans les 12 mois consécutifs à la signature du contrat, en d'autres termes le prix spot. Diverses entreprises commerciales et sociétés de conseil du secteur publient mensuellement depuis de nombreuses années ce type d'information qu'ils tirent des contrats industriels et des ventes sur le marché spot annoncées. Les ventes à court terme, toutefois, représentent un pourcentage relativement limité des ventes totales d'uranium car la plupart des entreprises d'électricité privilégient la sécurité d'approvisionnement que garantissent les contrats à long terme pour satisfaire l'essentiel de leurs besoins en uranium. C'est pourquoi, outre les données sur le marché spot, les données relatives aux prix pratiqués lors des transactions à long terme doivent également être prises en compte. À partir de l'édition de 1986, plusieurs gouvernements ont présenté des informations sur les prix de l'uranium qui ont permis de dessiner le panorama des tendances à long terme des prix mondiaux. La figure 4.3, établie d'après des informations officielles communiquées pour publication dans les Livres rouges antérieurs, compare l'évolution des prix à court et à long terme en Australie, au Canada, aux États-Unis, dans les pays signataires du Traité Euratom et au Niger.

Comme le montre la figure 4.3, quelles que soient la durée des contrats et leur répartition géographique, les prix ont suivi des tendances globalement parallèles bien que variant considérablement avec le temps au niveau régional. Normalement, le prix pratiqué dans les contrats à long terme est majoré pour protéger les fournisseurs des vicissitudes du marché. Par exemple, les prix moyens conclus dans les contrats pluriannuels et spot rapportés par l'Agence d'approvisionnement d'Euratom en 1990 étaient 76,20 USD/kg d'U (29,31 USD/livre d'U_3O_8) et 25,08 USD/kg d'U (9,65 USD/livre d'U_3O_8)* respectivement. Toutefois, à partir de 1997, les prix des contrats pluriannuels et les prix spot on varié dans une fourchette assez étroite. Les prix moyens des contrats pluriannuels et spot rapportés par l'Agence d'approvisionnement d'Euratom en 2002 étaient de 32,30 USD/kg d'U (12,42 USD/livre d'U_3O_8) et de 24,24 USD/kg d'U (9,32 USD/livre d'U_3O_8) respectivement. En d'autres termes, la différence n'atteignait plus que 8,06 USD/kg d'U (3,10 USD/livre d'U_3O_8) contre 51,12 USD/kg d'U (19,66 USD/livre d'U_3O_8) en 1990. Ce resserrement de l'intervalle entre prix spot et prix de contrats tient en partie à la volatilité du marché. Les fournisseurs sont moins disposés à offrir des remises importantes pour une matière qui est vendue sur le marché spot car, l'offre étant actuellement limitée, ils ont davantage d'occasions de vendre leur uranium sur le marché à long terme.

Figure 4.3. Évolution des prix de l'uranium sur le marché



* Un USD/livre d'U_3O_8 est égal à 2,6 USD/kg d'U.

Conclusions concernant les prix de marché

Si aujourd'hui le prix de l'uranium sur le marché dépend en grande partie de la perception que l'on a de l'équilibre entre l'offre et la demande, cela n'a pas toujours été le cas. Avant la fin de la guerre froide, la demande d'origine militaire faisait que l'uranium n'était pas, à cause d'impératifs nationaux de sécurité et de secret, traité comme un produit normal.

Même après la fin de la guerre froide, l'exploitation de l'uranium à des fins militaires a continué d'imprimer sa marque sur le marché lorsque les stocks d'uranium hautement enrichi provenant du démantèlement des armements nucléaires ont été mis sur le marché pour des usages civils à la place d'importantes quantités d'uranium qui venaient d'être extraites et traitées. Comme les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl ont ralenti le développement de l'énergie nucléaire, la production a fini par dépasser les besoins entraînant la constitution de stocks importants. Les prélèvements sur ces stocks, associés à l'introduction sur le marché de l'uranium hautement enrichi provenant du démantèlement des armements, ont remplacé la production primaire et tiré les prix vers le bas.

Les prix de l'uranium ont atteint leur apogée au milieu des années 70, alors qu'on redoutait une pénurie de l'offre due à la multiplication des commandes de réacteurs. Ils ont commencé à stagner en 1982 puis sont progressivement descendus au niveau le plus bas de toute leur histoire à la fin de 2000 avant d'entamer une ascension ininterrompue jusqu'en 2005 lorsque les recherches effectuées pour cette publication ont été effectuées.

5. PROSPECTION

C'est Martin Klaproth qui a découvert en 1789 l'élément uranium dans de la pechblende extraite à Jachimov (Joachimsthal) dans la partie bohémienne de l'Erzgebirge dans l'actuelle République tchèque. Au 19ème siècle, les usages de l'uranium étaient peu nombreux. On s'en servait essentiellement pour fabriquer des émaux céramiques et comme colorant du cristal (pour produire le célèbre cristal vert de Bohème) jusqu'à la découverte de la radioactivité par Rutherford à la fin du siècle. Après la découverte du radium par Marie Curie, au début du 20ème siècle, on commença à extraire l'uranium pour en tirer le radium, et l'extraction de ce minerai connut son premier boom. Cette époque n'a cependant rien de comparable avec l'activité des mines d'uranium après la découverte de la fission de l'uranium par Otto Hahn en 1938 qui a marqué le début de l'exploitation de cette matière à des fins militaires et énergétiques.

Bien que la prospection de l'uranium ait vu le jour au début du 20ème siècle, on possède peu d'informations sur les dépenses et activités spécifiques de prospection avant le milieu des années 40. De 1940 à 1955, les activités de prospection trouvaient leur principale motivation dans la nécessité de répondre aux besoins militaires. À partir du milieu des années 50, les activités de prospection destinées à alimenter en uranium les réacteurs de puissance civils ont pris de l'importance. Au total, 81 pays ont communiqué leurs dépenses de prospection. Pour d'autres, on sait qu'ils ont prospecté mais on ne possède aucun détail sur ces activités. Les dépenses mondiales de prospection de 1945 à 2003 sont présentées sur la figure 5.3. L'annexe 5.1 contient les statistiques nationales sur ces dépenses. L'annexe 5.2 relate l'histoire de la prospection mondiale d'uranium entre 1965 et 2003. L'annexe 5.3 contient les définitions des types de gisements d'uranium utilisées dans le Livre rouge et l'annexe 5.4 des données synthétiques sur les dépenses de prospection et les sondages effectués dans le monde et dans les pays membres de l'OCDE. Les pays qui arrivent en tête pour leurs dépenses totales de prospection au cours de cette période sont reportés sur le tableau 5.1.

La figure 5.1 montre que la prospection s'est intensifiée progressivement entre 1945 et 1970. Après 1970, elle augmente brusquement pour atteindre un sommet historique en 1979. Les données que l'on possède sur les dépenses de prospection entre 1945 et 1970 sont néanmoins incomplètes car l'on manque de données sur de nombreux pays. Ainsi la forte hausse entre 1970 et 1971 est pour l'essentiel due aux lacunes de la base de données. En 1970, seuls trois pays et l'Union soviétique communiquaient leurs

Tableau 5.1. Classement des pays en fonction de leurs dépenses de prospection (1945-2003)

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 la Fédération de Russie, du Kazakhstan, d'Ouzbékistan et d'Ukraine depuis 1991.
2. Inclut la RDA.

Figure 5.1. Historique des dépenses de prospection

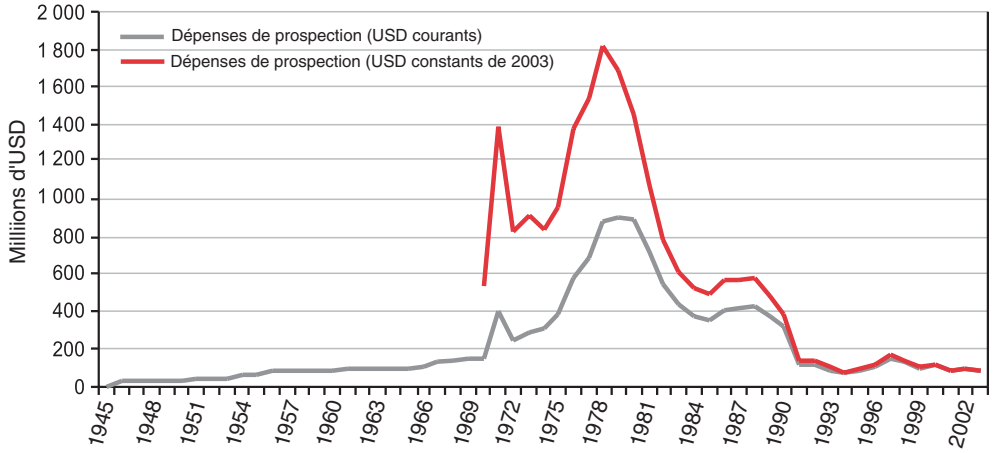


Figure 5.2. Comparaison des dépenses de prospection dans les pays de l'OCDE et du monde entier avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants)

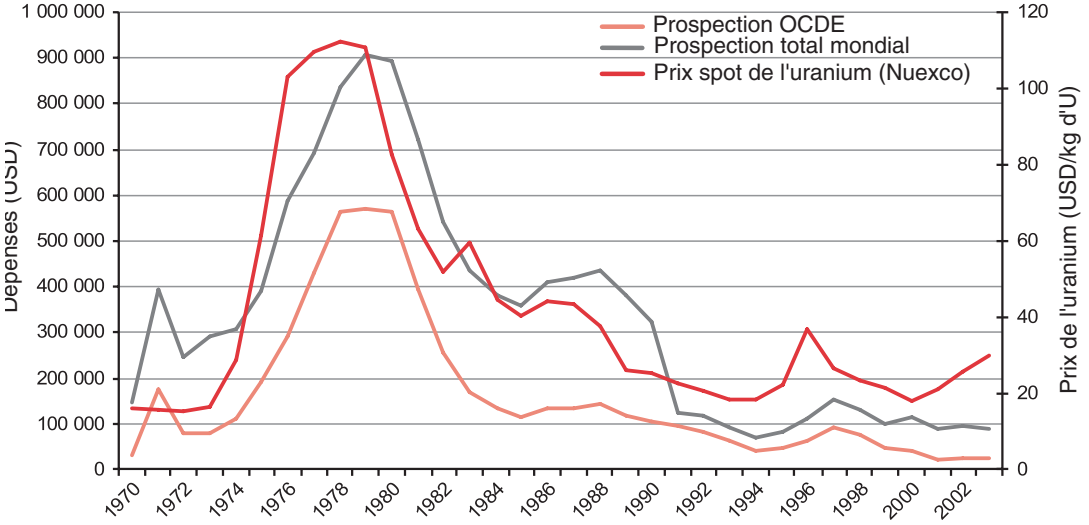
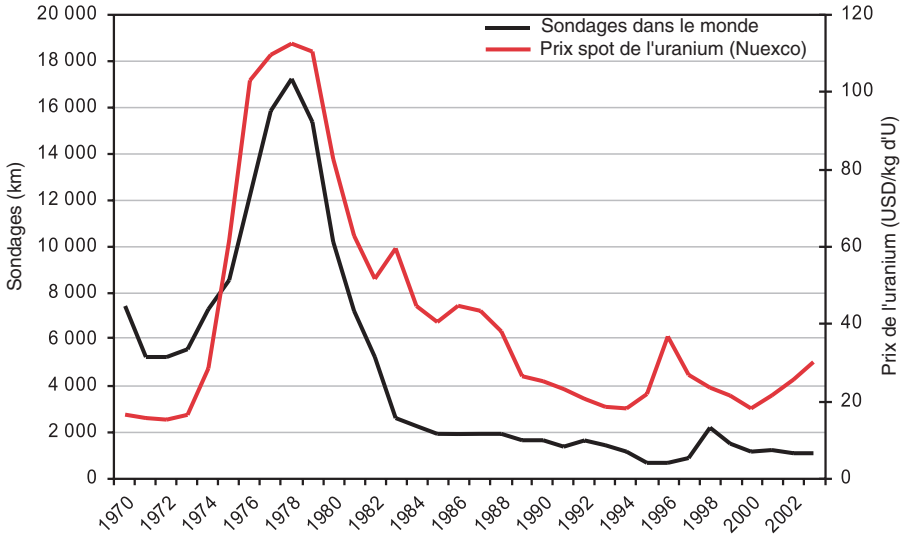


Figure 5.3. Évolution des sondages de prospection dans le monde et des prix de l'uranium sur le marché



dépenses de prospection. En 1971, 22 pays l'avaient fait dont beaucoup en signalant les dépenses cumulées de *toutes* les années précédentes. Par conséquent, la hausse observée entre 1970 et 1972 tient essentiellement au mode de comptabilisation et ne reflète pas un véritable envol de l'activité de prospection. Si la croissance rapide des dépenses de prospection dans les années 70 traduit fidèlement la tendance globale de l'industrie à l'époque, les données reportées sur la figure 5.1 ont plus un intérêt qualitatif que quantitatif puisque les statistiques communiquées dans le passé étaient incomplètes et/ou incohérentes. Par exemple, on ne dispose pas de statistiques systématiques sur les dépenses annuelles au Canada avant 1975, bien que la prospection y ait commencé bien avant. Ce constat vaut pour plusieurs autres pays. C'est seulement au début des années 70, voire vers 1975, que les données fournies sur ces dépenses sont progressivement devenues plus précises. Dans les années 80, les dépenses de prospection ont diminué pour se stabiliser ensuite à un niveau assez bas qui s'est maintenu jusqu'à la fin de 2000.

Au 1er janvier 2004, les dépenses de prospection cumulées dans le monde avaient atteint environ 13 383 millions. Ce total recouvre les informations que l'on a pu recueillir au moment de la préparation de la présente publication concernant les dépenses de prospection dans l'ex-Union soviétique (qui, au total, avoisinaient 3 692 millions d'USD) ainsi qu'en République démocratique allemande (1 900 millions d'USD) et qui n'apparaissaient pas dans les éditions antérieures du Livre rouge. Dans l'édition de 2003, les dépenses totales cumulées de prospection s'établissaient à 8 260 millions d'USD. La différence entre les totaux portés sur la figure 5.1 et ceux de l'édition de 2003 du Livre rouge provient principalement des dépenses non communiquées de la République socialiste tchécoslovaque/République tchèque et d'autres pays.

La figure 5.2 permet de comparer les dépenses de prospection de l'uranium dans les pays de l'OCDE et dans le monde entier (en dollars courants) avec les prix de l'uranium sur le marché à partir de 1970.

Bien qu'établie d'après des données incomplètes, la figure 5.2 révèle des tendances. Elle montre que les dépenses de prospection de l'uranium suivent une évolution directement parallèle à celle du prix de l'uranium. Les dépenses de prospection sont en retard d'un ou deux ans par rapport aux tendances du prix de l'uranium sur le marché, ce qui correspond au temps nécessaire pour que l'industrie soit convaincue que les hausses de prix peuvent se maintenir durablement ainsi qu'au temps nécessaire pour obtenir des droits et autorisations et planifier les campagnes de prospection. L'anomalie dans la baisse progressive des dépenses de prospection mondiales s'explique par le fait que, pour la première fois, les dépenses de prospection de l'URSS et d'autres pays appartenant à l'ancien bloc de l'Est ont été incluses dans les statistiques.

Les dépenses de prospection de l'uranium recouvrent normalement les coûts d'acquisition et d'aménagement des terres, de la prospection au sol et aérienne, de la prospection géochimique, des sondages et du personnel. Le Livre rouge recueille des informations spécifiques sur les sondages qui représentent normalement les plus fortes dépenses de prospection. La figure 5.3 montre la relations étroite qui existe entre les sondages et le prix de marché. De 1971 à 1981, le rythme de sondage a suivi de près le prix de marché. À compter de 1982, cependant, il s'est affaissé plus vite que le prix. Un examen plus approfondi des statistiques apporte des enseignements sur ce que l'on pourrait considérer de prime abord comme une relations contraire au bon sens.

Le rythme de sondage a chuté brusquement entre 1978 et 1983, après quoi sa courbe s'est aplatie. Toutefois, si l'on compare la profondeur moyenne des trous forés (en m) avec le nombre de trous forés chaque année, on s'aperçoit qu'au moment où les dépenses de prospection diminuent (1978-1983), le nombre de trous forés chaque année baisse également, mais que la profondeur moyenne de ces trous augmente (figure 5.4). On pourrait y trouver l'explication suivante, à savoir que l'on a foré des trous moins nombreux mais plus profonds à mesure que la prospection s'est concentrée sur des cibles plus profondes (par exemple les gisements liés à des discordances dans le bassin d'Athabasca à des profondeurs supérieures à 500 mètres). Dans ce cas, les budgets de prospection serrés étaient consacrés à forer des trous plus profonds

dans des zones présentant un potentiel économique supérieur. L'augmentation des coûts de sondage expliquerait aussi le nombre inférieur de trous forés chaque année. Dans le Livre rouge de 1977, on observe que les coûts de forage aux états-Unis sont passés de 4,90 USD/m en 1973 à 10,20 USD/m en 1976. Par conséquent, même si les dépenses de prospection et la profondeur des trous étaient restées identiques, on aurait foré moins de trous en raison de l'augmentation des coûts unitaires du sondage.

La figure 5.5 représente la part relative des dépenses de prospection engagées par l'Australie, le Canada, les États-Unis et l'URSS en 1978 et en 1986. Aux États-Unis, où l'on recherchait essentiellement des gisements dans des grès peu profonds susceptibles de se prêter à la lixiviation in situ, les dépenses de prospection sont passées de 42 % des dépenses mondiales totales en 1978 à 6 % seulement en 1986. Les trois autres pays visaient des cibles relativement plus profondes. L'URSS a vu sa contribution aux dépenses de prospection doubler tandis que l'Australie conservait à peu près la même position et que le Canada

Figure 5.4. Profondeur moyenne des trous par rapport au nombre de trous forés

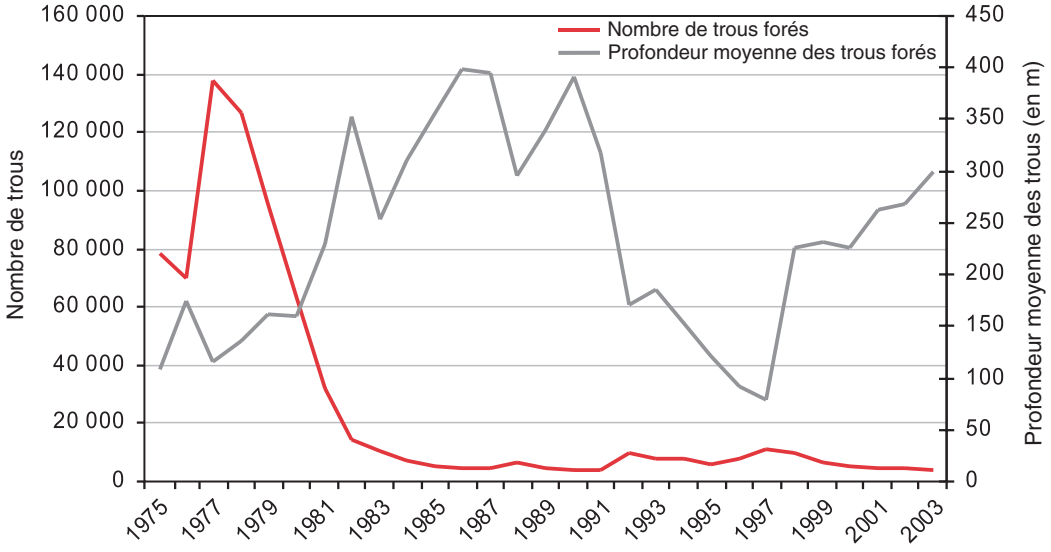
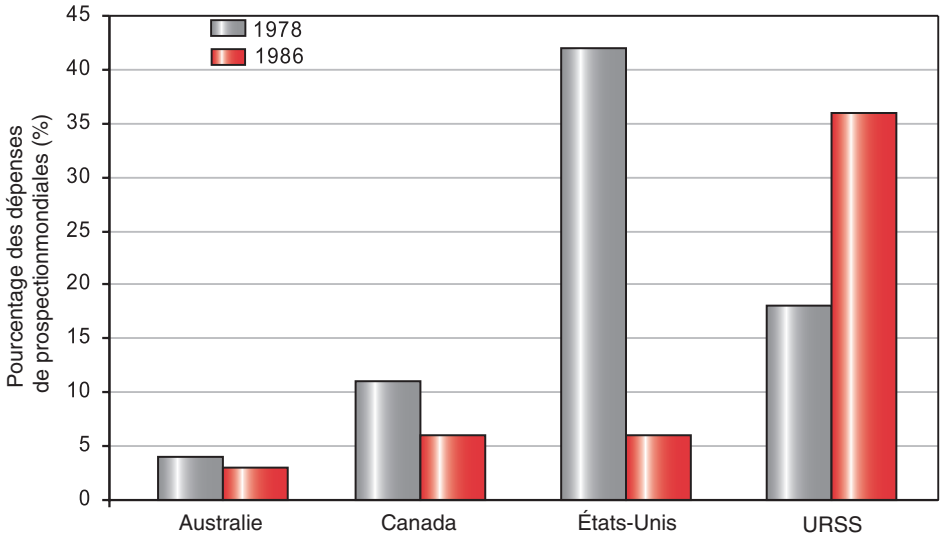


Figure 5.5. Proportion des dépenses de prospection en 1978 et 1986



perdait du terrain, bien que dans de moins fortes proportions que les États-Unis. Ces exemples témoignent de la façon dont les statistiques historiques reproduites dans les annexes peuvent être utilisées pour en tirer de nouveaux enseignements sur tous les aspects de la prospection et la production de l'uranium.

Si ces chiffres et l'analyse présentée précédemment nous éclairent sur les tendances mondiales, ils ne nous racontent pas l'histoire, très variée, de la prospection dans les différents pays pas plus qu'ils ne nous disent comment la prospection été influencée par les situations et politiques nationales et les conditions sur le marché. Pour mieux comprendre comment s'est développée l'industrie de l'uranium avec le temps, il faut connaître ces histoires très diverses. C'est pourquoi le lecteur trouvera dans les pages qui suivent une description de la prospection dans sept pays ou entités politiques comptant parmi les principaux producteurs d'uranium. L'Australie, le Canada, les États-Unis et la France ont été sélectionnés car ils sont ou ont été de gros producteurs d'uranium et sont des pays à économie de marché. Inversement, sont inclus dans cette liste l'Allemagne – y compris la République démocratique allemande, la République tchèque et l'URSS, gros producteurs historiques également mais dont les économies étaient à planification centralisée. Pour chacun de ces pays, on a comparé les dépenses de prospection annuelles avec le prix de marché et la longueur des sondages de surface (en km) de façon à mettre en évidence l'influence des forces du marché sur les dépenses de prospection et la ressemblance généralement très prononcée entre la courbe des dépenses globales et les fluctuations des activités de sondage. L'annexe 5.2 présente une synthèse de l'histoire de la prospection dans ces pays notamment mais aussi dans les autres, établie d'après les éditions successives du Livre rouge. L'annexe 5.5 contient les statistiques détaillées sur les dépenses de prospection et les activités de sondage dans les pays décrits ci-après.

Australie

On note deux périodes dans l'histoire de l'exploration en Australie : de 1947 à 1961 et de 1966 à aujourd'hui. Au cours de la première période, le gouvernement du pays a pris des mesures pour encourager l'exploration et notamment un système de gratifications pour la découverte de minerai d'uranium dont l'origine était à trouver essentiellement dans la volonté du pays de satisfaire la demande des pays occidentaux d'uranium pour leurs besoins militaires. Des travaux de prospection ont alors été menés dans toute l'Australie, essentiellement par des petits prospecteurs, et ont conduit à découvrir plusieurs gisements dont bon nombre ont été ensuite exploités, notamment Mary Kathleen, Rum Jungle et Radium Hill, pour ne citer que les plus grands (tous ces gisements sont désormais épuisés).

Les besoins en uranium destiné à des applications militaires ont diminué au début des années 60 et provoqué une forte chute de la demande. En conséquence, la prospection d'uranium en Australie entre 1961 et 1966 avait pratiquement disparu.

La deuxième grande époque de la prospection d'uranium en Australie a commencé en 1966. Elle a été encouragée par l'annonce, en 1967, d'une nouvelle politique d'exportation destinée à encourager la recherche de nouveaux gisements. Cette recherche a été pour l'essentiel menée par des entreprises (nationales et étrangères) disposant de budgets de prospection substantiels et utilisant des techniques géologiques, géochimiques et géophysiques avancées. Les principaux gisements d'uranium découverts au cours de cette deuxième période sont Ranger, Nabarlek, Koongarra, Jabiluka, Olympic Dam, Yeelirrie, Beverley et Honeymoon.

Après le boom de la prospection des années 70, les dépenses de prospection ont dégringolé d'un sommet de 35 millions d'AUD en 1980 à 14 millions en 1983. Les sondages de surface ont suivi la même pente. Cet effondrement des activités de prospection était dû à la baisse des prix de l'uranium et aux politiques d'économie d'énergie lancées pour faire face au chocs pétroliers des années 70.

En 1983, le gouvernement australien a introduit une politique qui est désormais connue sous le nom de politique des « trois mines » selon laquelle il n'était permis d'exporter de l'uranium que de trois mines,

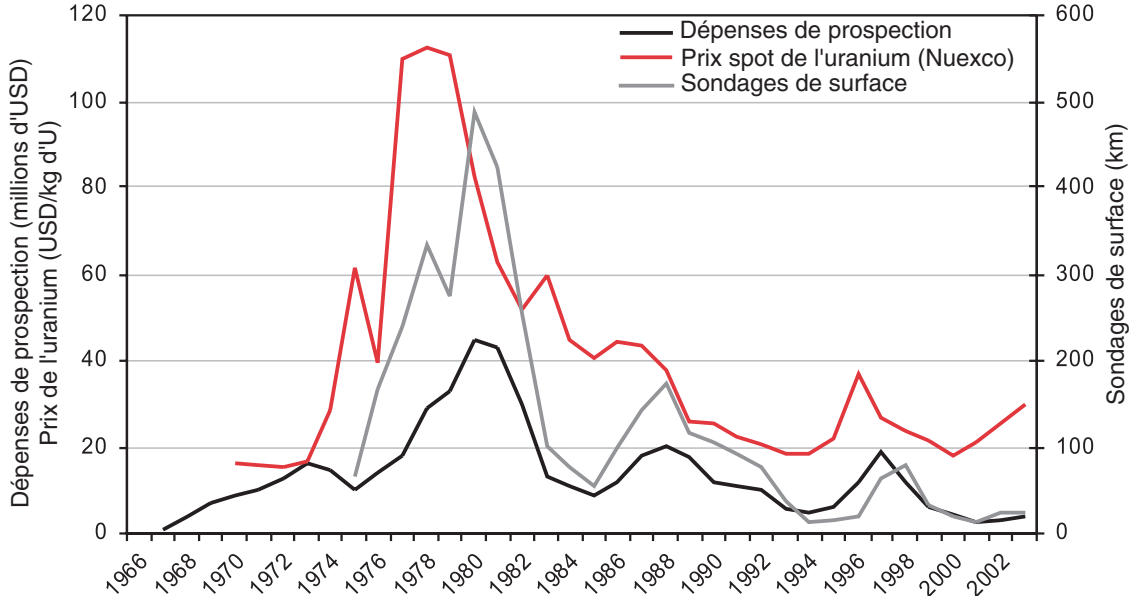
à savoir Nabarlek, Ranger et Olympic Dam. Cette politique aurait pu être rebaptisée « aucune nouvelle mine » lorsque le gisement de Nabarlek fut épuisé et que l'on mit fin au traitement de l'uranium en 1988. Malgré l'effet dissuasif de cette politique, les dépenses de prospection ont augmenté entre 1985 et 1988. À partir de 1989, toutefois, elles sont retombées jusqu'à 6,7 millions d'AUD en 1994. Cet affaissement s'explique par plusieurs facteurs, et notamment la baisse des prix sur le marché spot à compter de 1976, la constitution de stocks d'uranium excédentaire par les pays occidentaux et l'arrivée sur le marché d'uranium commercial provenant des pays de l'ex-Union soviétique.

De 1994 à 1997, les dépenses d'exploration ont repris, stimulées par la perspective de l'abandon de la politique des trois mines et la hausse des prix de l'uranium en 1996. Cette reprise fut néanmoins de courte durée, et l'on a vu les activités de prospection s'alanguir de nouveau progressivement entre 1998 et 2001 avec la baisse des prix de marché et l'incertitude quant à l'attitude du public vis-à-vis de l'extraction de l'uranium sur la plupart du territoire australien. Ce tassement peut s'expliquer aussi par le fait que les gisements connus de l'Australie représentent une large base de réserve lui garantissant une offre suffisante d'uranium pour la production à court et à moyen terme. La prospection a commencé de se redresser sous l'effet des hausses récentes des prix sur le marché, mais aussi en raison d'une attitude du public favorable à l'extraction de l'uranium au sud de l'Australie.

On possède des statistiques sur les dépenses de prospection en Australie depuis 1967. Les statistiques concernant les sondages sont disponibles depuis 1975. La figure 5.6 met en parallèle l'évolution des dépenses de prospection avec les prix sur le marché et l'importance des sondages de prospection. Comme on peut le constater, les trois courbes suivent une évolution parallèle démontrant qu'il existe une relation directe entre l'exploration et le prix dans les économies de marché.

Toutefois, les activités de prospection suivent les tendances des prix sur le marché avec un retard d'un à deux ans, ce qui, comme noté précédemment, correspond au temps nécessaire pour que l'industrie soit convaincue que les hausses en question peuvent perdurer, et pour obtenir les autorisations et financements et planifier les campagnes de prospection.

Figure 5.6. Comparaison des dépenses de prospection et des statistiques sur les sondages avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants) en Australie



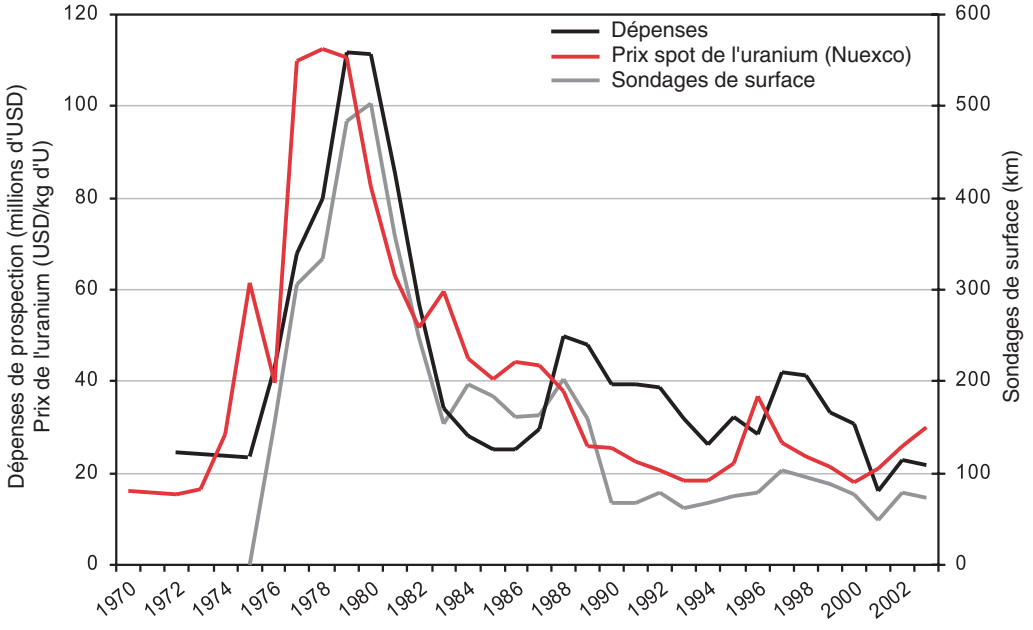
Canada

La prospection de l'uranium a commencé au Canada en 1942 mais les zones explorées aient évolué avec le temps : au début, la région du Grand lac de l'Ours dans les Territoires du Nord-Ouest, puis la région de Beaverlodge au nord de la Saskatchewan (dans ces deux régions, les gisements sont désormais épuisés) et les régions de Blind River/Elliot Lake en Ontario (gisements désormais fermés et démantelés) et enfin le bassin d'Athabasca en Saskatchewan dans les années 70, une région qui reste une zone d'exploration privilégiée au Canada. En 1942, l'extraction de tous les minéraux radioactifs par des personnes privées a été interdite dans les Territoires du Nord-Ouest et dans plusieurs provinces. Une société d'État fédérale, *Eldorado Nuclear Limited*, a donc pris en main les activités de prospection avec la Commission géologique du Canada. L'interdiction frappant la prospection privée a été levée en 1947, et le gouvernement fédéral a proposé diverses incitations pour encourager l'exploration. En 1956, plus de 10 000 indices avaient été découverts dont bon nombre se sont révélés être des gisements exploitables et, en 1959, 23 000 étaient exploités dans cinq districts miniers.

L'exploration de l'uranium a pour ainsi dire cessé à la fin des années 50 et n'a pas repris avant 1965 environ. En 1969, elle était proche de ses niveaux record mais ce rebond fut de courte durée et l'on assista à un nouveau déclin provoqué par l'offre excédentaire et les faibles prix de l'uranium sur les marchés mondiaux. D'importants gisements d'uranium ont été découverts dans la zone de Cluff Lake au nord de la Saskatchewan à la fin des années 60. À cette époque, les entreprises nationales comme les entreprises étrangères participaient activement à la prospection au Canada.

Les activités de prospection ont repris en 1973 lorsque les consommateurs choisirent de souscrire des contrats de fourniture à long terme, laissant entrevoir un risque de pénurie de l'offre. La découverte des gisements de Rabbit Lake et de Key Lake est l'aboutissement de cette reprise de la prospection. De 1974 à 1975, les activités de prospection se sont intensifiées et, en 1976, on estimait que 200 entreprises environ dépensaient 45 millions d'USD chaque année à explorer. Bien que l'exploration ait concerné pratiquement toutes les provinces et tous les territoires, l'essentiel de l'activité se déroulait en Saskatchewan puis au

Figure 5.7. Comparaison des dépenses de prospection et des statistiques sur les sondages avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants) au Canada



Québec, dans l'Ontario, en Colombie britannique et dans les Territoires du Nord-Ouest. On a atteint des niveaux record en 1979 et 1980 avec des dépenses représentant au total 111,9 millions d'USD et 111,6 millions d'USD respectivement.

En 1975, la Commission géologique du Canada s'est lancée dans un programme de reconnaissance d'une dizaine d'années, représentant 30 millions de CAD, destiné à identifier et délimiter toutes les zones du Canada qui seraient susceptible de renfermer des gisements d'uranium.

Entre 1980 et 1981, toutefois, la prospection sombra par suite de la baisse continue du prix spot de l'uranium sur les marchés mais aussi de la détérioration des perspectives de vente à court terme. Bien que les travaux d'exploration primaire se soient poursuivis dans de nouvelles zones, plus de 80 % des dépenses totales d'exploration et de sondage concernaient le bassin d'Athabasca en Saskatchewan ainsi que le bassin de Thelon au Nunavut (qui faisait partie à l'époque des Territoires du Nord-Ouest). Malgré cette baisse d'activité, d'importantes découvertes ont été effectuées dont Cigar Lake en 1983 et McArthur River en 1990. Dans les années 90 et au début des années 2000, les prix faibles de l'uranium ont maintenu les activités de prospection au ralenti puisque plus de la moitié des dépenses totales de prospection correspondent à des travaux souterrains avancés, à la quantification des ressources et à la gestion et la maintenance de projets pour lesquels on attendait l'autorisation de mise en production.

On possède des statistiques détaillées sur les activités de prospection au Canada depuis 1975. On sait que pour la période de 1971 à 1974, les dépenses de prospection s'élèvent à 24,9 millions d'USD mais l'on ne possède pas les totaux annuels. La figure 5.7 permet de comparer l'évolution des dépenses d'exploration avec les prix sur le marché et le rythme des sondages de prospection. De même que pour l'Australie, on s'aperçoit que les dépenses de prospection au Canada sont pour l'essentiel liées au prix de l'uranium sur le marché, ce qui découle naturellement du fait que le Canada soit une économie de marché. Toutefois, la correspondance entre les courbes est moins forte que celle observée pour l'Australie. Notamment, entre 1986 et 1988, les activités d'exploration se sont intensifiées alors que le prix de marché continuait de baisser. De même, le nombre de sondages a diminué plus vite que les dépenses globales de prospection entre 1989 et 1990, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que, les budgets de prospection étant serrés, l'accent était mis sur la géophysique du bassin d'Athabasca, au dépens des sondages.

France

La prospection de l'uranium a commencé en France en 1946 par l'étude d'anomalies de minéralisation de l'uranium et de quelques gisements découverts alors que l'on cherchait du radium. Les travaux de prospection qui consistaient alors essentiellement à dresser des cartes géologiques et à prendre des levés radiométriques aéroportés, autoportés ou pédestre, ont conduit à la découverte en 1948 du gisement de La Crouzille. En 1955, des gisements ont été découverts dans les formations granitiques hercyniennes du Limousin, du Forez, de Vendée et du Morvan.

Au cours des années 50 et 60, on a prospecté à proximité de gisements connus qui ont assuré la quasi-totalité de la production française (Forez, Limousin et Vendée). L'exploration était axée sur la reconnaissance et l'évaluation des gisements exploités mais aussi sur la recherche de minéralisations supplémentaires à proximité des usines existantes. Les formations sédimentaires, principalement celles du Permien (bassin de l'Hérault, sud du Massif central) ont également fait l'objet d'études géologiques et de travaux de prospection.

La crise énergétique mondiale et le développement accéléré du programme nucléaire français qui en est résulté ont entraîné une intensification importante des travaux de prospection en France à partir de 1974. On a alors prospecté à proximité des gisements déjà exploités dans des zones où des recherches antérieures avaient révélé l'existence de gisements qui n'avaient pas encore été mis en exploitation pour des raisons

économiques mais aussi dans des zones nouvelles principalement situées dans des bassins sédimentaires datant du Permien et du Tertiaire.

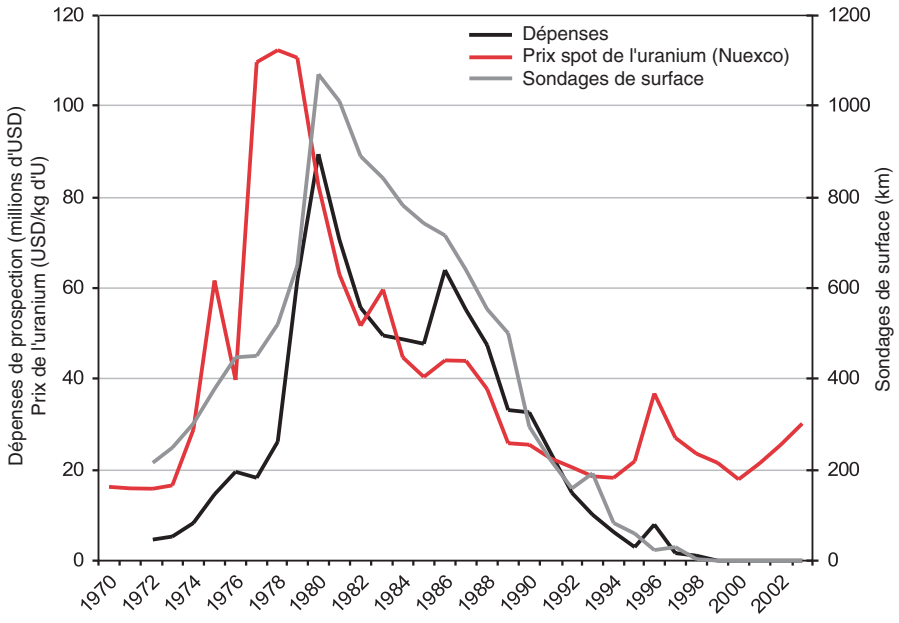
Ces travaux de prospection se sont poursuivis à un rythme accéléré jusqu'au milieu des années 80 malgré le fait que le prix spot de l'uranium ait diminué. Evaluées en USD, les dépenses de prospection ont diminué, ce qui n'est pas le cas si on les exprime en francs français. La prospection était dirigée sur des zones situées autour de mines en service mais aussi dans le Massif central (Marche, plateau de Millevaches, monts de la Margeride), dans le Massif armoricain, en Aquitaine et dans les Alpes.

De 1977 à 1981, le gouvernement accorda une aide à la prospection *(Plan d'aide à la prospection d'uranium)* d'un montant total de 38 millions d'USD. Il s'agissait ainsi de stimuler la prospection en France et à l'étranger, dans le cadre de projets techniquement viables mais présentant de hauts risques. L'aide était plafonnée à 35 % du coût total du projet et devait être remboursée si la prospection aboutissait à la découverte d'un gisement potentiellement rentable.

Vers la fin des années 80, les activités de prospection ont commencé à ralentir, se limitant à des zones situées à proximité des gisements déjà exploités. En 1995, seuls le nord-ouest du Massif central (au voisinage du gisement du Bernardan) et le bassin permien de Lodève faisaient l'objet de campagnes de prospection. Ces dernières ont cessé dans le bassin de Lodève en 1996 et à proximité du gisement du Bernardan en 1998.

La figure 5.8 permet de comparer l'évolution des dépenses de prospection en France avec les prix de l'uranium sur le marché et les statistiques sur les sondages. Ces courbes révèlent une évolution parallèle similaire à celle observée pour l'Australie et le Canada.

Figure 5.8. Comparaison des dépenses de prospection et des statistiques sur les sondages avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants) en France



États-Unis

De 1947 à 1958, le gouvernement des États-Unis a encouragé les entreprises de prospection et de production tant privées que fédérales à lui fournir de l'uranium pour des applications militaires et pacifiques. De 1958 à 1970, il a continué de soutenir la production et la prospection privées, déclenchant ainsi l'exploration à grande échelle de tout l'ouest des États-Unis par des prospecteurs qui ont ainsi découvert littéralement des milliers d'indices uranifères. À la fin de 1957, le nombre de gisements mis en production par l'industrie privée était suffisant pour pouvoir répondre à la demande prévue si bien que l'État fédéral cessa d'accorder des subventions aux campagnes de prospection.

Le gouvernement des États-Unis continua néanmoins à soutenir les recherches sur la géologie et la prospection de l'uranium. Par exemple, il lança le programme *National Uranium Resource Evaluation (NURE)*, qui recouvrait tant des recherches fondamentales sur les types de gisements d'uranium qu'un large éventail de travaux de prospection comportant aussi bien des levés géophysiques aéroportés, des prélèvements d'échantillons dans les cours d'eau et les eaux souterraines et la compilation des activités et résultats des explorations antérieures. Les résultats de ce programme, qui ont été publiés, ont stimulé la prospection dans des zones situées hors des districts où l'on produisait traditionnellement de l'uranium, en particulier à l'est des États-Unis.

La prospection de l'uranium aux États-Unis s'est intensifiée au cours des années 70 en raison de la hausse des prix de cette matière et des fortes projections de la demande d'uranium nécessaire pour alimenter un nombre croissant de réacteurs nucléaires de puissance, alors en construction ou prévus. C'est en 1978 que les sondages de surface (exploration et travaux préparatoires) ont atteint leur apogée avec la réalisation de 14 700 km de sondages pour un coût total de 374,5 millions d'USD. À partir de la fin des années 60 et à un rythme de plus en plus soutenu au cours des années 70, de nombreuses entreprises pétrolières américaines se sont diversifiées en se tournant vers l'exploration et la production d'uranium. L'essor rapide de la prospection dans les années 70 peut être directement relié à l'apparition de ces entreprises pétrolières riches dans l'industrie de l'uranium, de même que leur exode massif fut l'une des principales raisons du ralentissement précipité de la prospection américaine au début des années 80.

De 1966 à 1982, les sondages de surface ont représenté approximativement 116 400 km pour un montant total de 2 121 millions d'USD. Après la chute des prix de l'uranium, les activités d'exploration se sont affaissées brusquement entre 1981 et 1984 pour ensuite tomber lentement à leur plus bas niveau de 0,35 million d'USD en 2002 lorsque les statistiques officielles indiquent qu'il ne restait plus qu'une personne dans le secteur de l'exploration de l'uranium aux États-Unis. En 1997 et 1998, les dépenses ont légèrement repris après la hausse du prix spot de 1996, reprise qui fut de courte durée puisque la prospection retrouva bien vite son niveau d'avant 1996. La hausse récente du prix de l'uranium sur le marché a toutefois ravivé l'intérêt pour la prospection aux États-Unis, puisque des dizaines de petites entreprises souhaitant se lancer dans la prospection d'uranium ont vu le jour récemment.

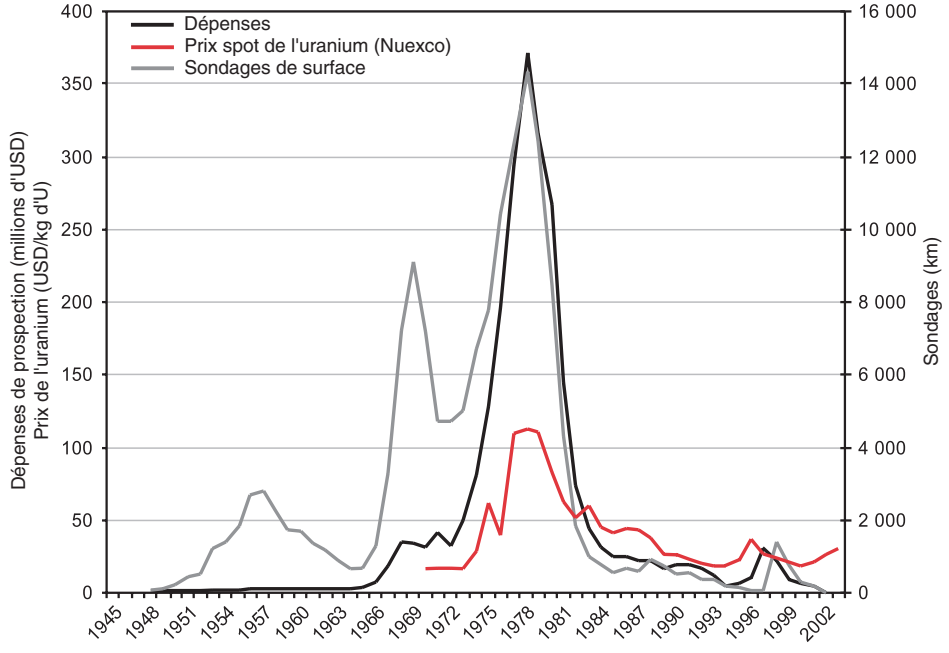
Les entreprises nationales et étrangères ont amplement participé à la prospection aux États-Unis où la participation étrangère a pris de l'importance à partir des années 70. La prospection de l'uranium aux États-Unis était essentiellement axée sur la découverte de gisements d'uranium dans des grès, dans des districts tels que la Grands Mineral Belt et l'Uravan Mineral Belt au Nouveau-Mexique, dans le Colorado et dans l'Utah, dans les bassins du Wyoming et la plaine côtière du Golfe du Texas. Les cibles de prospection dans le Front Range du Colorado mais aussi dans l'Utah et au nord-ouest de l'État de Washington étaient des gisements de type filonien ou d'autres gisements guidés par la structure. Plusieurs gisements à teneur relativement forte en remplissage de cheminées bréchiques ont été découverts au nord de l'Arizona et exploités depuis les années 70 jusqu'au début des années 90.

Des essais pilotes d'exploitation par LIS ont été menés dans les années 60 dans le Shirley Basin et dans le Powder River Basin au Wyoming. La première installation commerciale de lixiviation *in situ* a

commencé à produire en 1964 (577 t d'U ont été produites par LIS à la mine de Shirley Basin de 1964 à 1970). Sur le marché de l'uranium déprimé qui caractérise les années 80 et 90, les entreprises américaines considéraient les exploitations par LIS comme les seuls projets susceptibles d'être rentables aux États-Unis. C'est pourquoi, alors que les prix continuaient de tomber au début des années 80, les travaux de prospection ont été centrés presque exclusivement sur des gisements dans des grès se prêtant à la LIS. Depuis le début des années 80, la prospection concerne principalement les bassins du Wyoming et du sud du Texas, où l'on trouve chaque fois des centres de production par LIS. Bien que le Nouveau-Mexique détienne également des ressources que l'on pourrait exploiter par LIS, l'opposition du public à cette forme d'activité a retardé l'exploitation de ce potentiel.

On ne dispose de statistiques sur les dépenses d'exploration annuelles aux États-Unis qu'à partir de 1966. Par conséquent, pour la période située entre 1948 et 1965, on a dû procéder à des estimations des dépenses à partir de chiffres globaux. Les statistiques annuelles sur les sondages sont toutefois disponibles de 1948 à 2003. La figure 5.9 permet de comparer l'évolution des dépenses de prospection, du prix de marché et des statistiques sur les sondages de prospection. Les courbes de la figure 5.9 révèlent la même évolution parallèle que celle observée pour l'Australie et le Canada démontrant ainsi que, malgré sa forte composante militaire, l'uranium obéit essentiellement aux mécanismes du marché aux États-Unis. Comme le montre la figure 5.9, les sondages dominent les dépenses de prospection aux États-Unis et ces dernières sont très sensibles aux variations du prix de l'uranium sur le marché.

Figure 5.9. Comparaison des dépenses de prospection et des statistiques sur les sondages avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants) aux États-Unis



République tchèque, y compris l'ex-Tchécoslovaquie

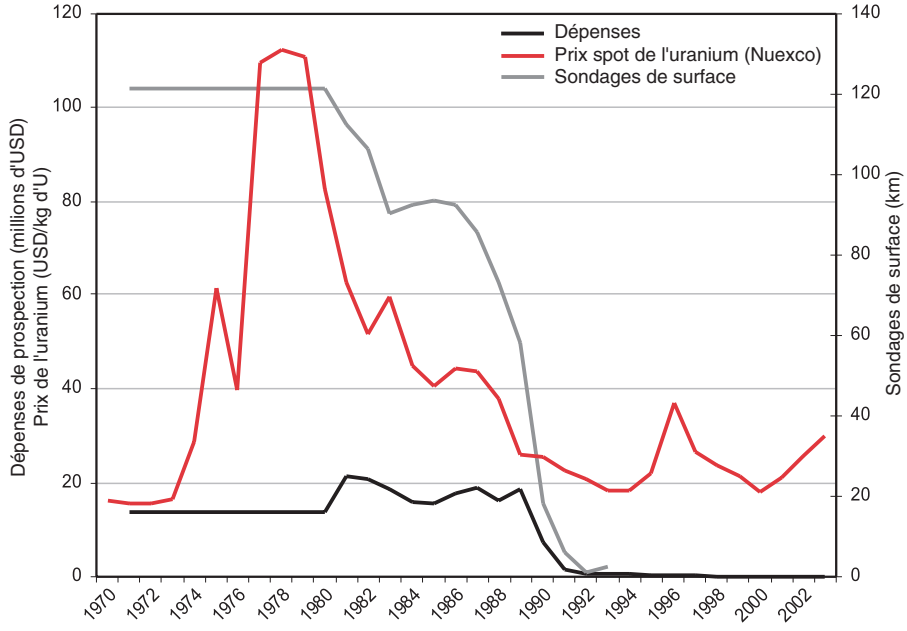
En Tchécoslovaquie, les activités de prospection de l'uranium, qui ont démarré en 1946, ont rapidement pris leur essor pour devenir une entreprise à grande échelle alimentant l'industrie d'extraction de l'uranium du pays. Un programme systématique d'exploration comprenant des études géologiques, géophysiques et géochimiques a été mené de façon à évaluer le potentiel uranifère de l'ensemble du pays. Les zones à potentiel confirmé ont été prospectées en détail par sondages et méthodes souterraines. Au cours de cette période, les anciennes mines présentant des minéralisations connues ont été remises en service et de nouveaux gisements ont été découverts dans des contextes géologiques variés.

La prospection s'est poursuivie de façon méthodique jusqu'à la fin de 1989, coûtant chaque année de l'ordre de 10 à 20 millions d'USD tandis que les sondages représentaient 70 à 120 km. Ces travaux d'exploration concernaient des gisements de type filonien situés dans des complexes métamorphiques (Jachimov, Horni Slavkov, Pribram, Zadni Chodov, tous épuisés ou en sommeil) et Rozna (actuellement en exploitation), dans les granitoïdes du massif de Bohème (Vitkov, épuisé) et à proximité des gisements renfermés dans des grès au nord et au nord-ouest de la Bohème (Hamr et Straz, qui ont été tous deux démantelés et réaménagés).

À partir de 1982, les activités d'exploration n'ont cessé de diminuer en République tchèque ou/et en Tchécoslovaquie à l'exception des années 1986 à 1989 où l'on note une légère reprise. Aucune activité de prospection sur le terrain n'a été menée depuis le début de 1994. Les travaux ont consisté essentiellement à préserver et à dépouiller les données recueillies lors des campagnes de prospection précédentes.

La figure 5.10 permet de comparer les dépenses de prospection avec les prix sur le marché et les statistiques sur les sondages. Les informations concernant les dépenses de prospection en Tchécoslovaquie entre 1971 et 1981 sont relativement sommaires. Ces dépenses ont atteint 2 475,3 millions de CSK* (139 millions d'USD) et les sondages représentaient 1 215,54 km. Ces chiffres ont été divisés également entre les différentes années de la période. Pour la période 1985-2003, on possède des statistiques annuelles

Figure 5.10. Comparaison des dépenses de prospection et des statistiques sur les sondages avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants) en République tchèque/Tchécoslovaquie



* Couronne tchèque.

détaillées. L'absence de statistiques annuelles détaillées avant 1985 ne permet pas d'évaluer l'influence éventuelle du prix de marché sur l'importance des activités de prospection, bien qu'une évolution parallèle paraît moins probable car, jusqu'à la fin des années 80, l'industrie tchèque fonctionnait dans une économie planifiée. La baisse brutale des dépenses de prospection et des sondages entre 1989 et 1991 et l'absence quasi-totale de prospection par la suite s'expliquent davantage par des conditions défavorables dans toute l'économie tchèque que par le marché.

Allemagne, y compris la République démocratique allemande

L'histoire de la prospection de l'uranium en Allemagne est à l'image de celle du pays au cours de la deuxième moitié du 20ème siècle. L'exploration d'uranium se faisait de manière indépendante dans la partie orientale et dans la partie occidentale du pays. Toute information concernant la prospection et la production d'uranium en République démocratique allemande relevait du secret d'État sous le régime communiste, si bien que les deux partie n'échangèrent aucune statistique ni technologie (ni même produit) à l'époque où le pays était divisé. L'état de l'industrie de l'uranium en RDA n'a été connu qu'après la réunification en 1990. Il faut donc, pour décrire la situation, prévoir deux sections : l'une consacrée à la RDA (Allemagne de l'Est) et l'autre à la République fédérale d'Allemagne (Allemagne de l'Ouest).

Historique de la prospection dans la République démocratique allemande (RDA)

En RDA, c'est la société par actions soviétique SAG Wismut qui a effectué les travaux de prospection et d'extraction de 1946 à 1953. Au cours de cette période, les activités étaient entreprises principalement à proximité des sites des anciennes mines d'argent, de cobalt, de nickel et d'autres métaux de l'Erzgebirge, et du Vogtland, en Saxe, où l'uranium a été découvert pour la première fois en 1789. On a commencé à extraire de l'uranium dans les mines de cobalt et de bismuth situées près de Schneeberg et Oberschlema (aujourd'hui épuisées). Au cours de cette première période, plus de 100 000 personnes participaient à ces activités de prospection et d'extraction. Le minerai de pechblende des gisements filoniens, le plus riche, était trié à la main et envoyé en URSS pour y être traité dans de petites usines.

En 1954, une nouvelle entreprise germano-soviétique a été créée, la Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft Wismut (SDAG Wismut). La participation de chaque État était de 50 %. Tout l'uranium produit, à savoir de l'uranium concentré par tri manuel, par gravité ou par attaque chimique, était expédié en URSS pour y être traité.

La prospection de l'uranium à proximité de la station thermale de radiumthérapie de Ronneburg a débuté en 1950. À la fin des années 50, les activités minières étaient concentrées dans la partie orientale de la Thuringe et dans l'Erzgebirge. Au début des années 70, les mines de l'est de la Thuringe assuraient près des deux tiers de la production annuelle de la société Wismut.

On peut subdiviser en cinq grands types, en fonction de leur environnement géologique, les gisements d'uranium explorés en Allemagne de l'Est :

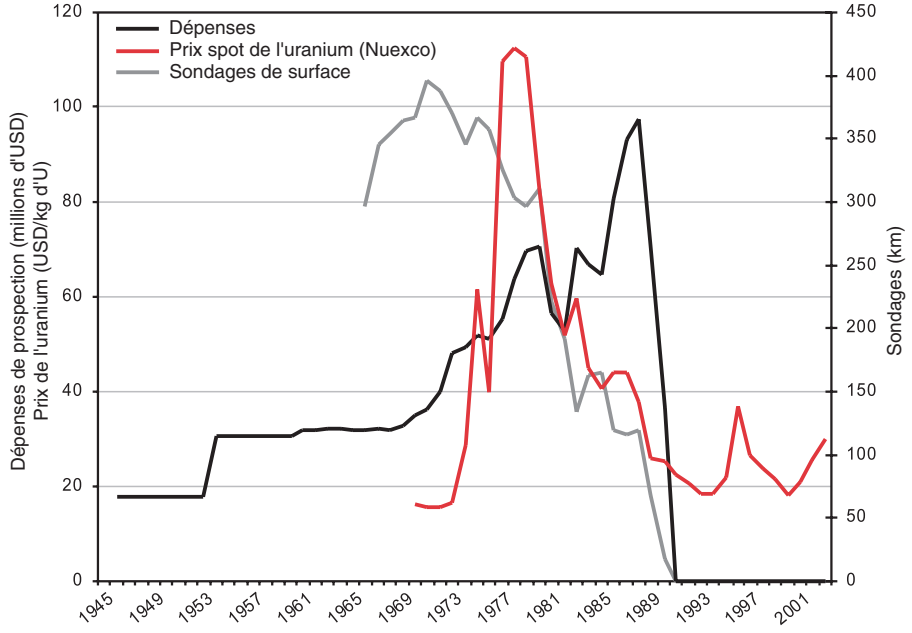
- gisements de Ronneburg : gisements polygéniques lenticulaires en amas dans des schistes noirs, du calcaire et de la dolérite du Paléozoïque ;
- Erzgebirge : filons hydrothermaux dans les zones de contact avec des granites hercyniens ;
- Königstein : gisements pénéconcordants et tabulaires dans des grès du Crétacé supérieur ;
- Zechstein : gisements filoniens dans des sédiments du Permien supérieur d'origine fluviatile ou lagunaire ;
- Freitag : charbon uranifère dans des sédiments continentaux du Permien inférieur.

Depuis la fin des années 80, aucune prospection n'a eu lieu en Allemagne. L'extraction minière à des fins commerciales a pris fin en 1990 pour des raisons à la fois économiques et environnementales, et toutes les mines ont été réaménagées. Les dépenses de prospection engagées en RDA sont ventilées comme suit [1] :

- dépenses de prospection totales de la société Wismut de 1946 à 1990 : 5 500 millions de marks de RDA ;
- dépenses de 1946 à 1953 : 600 millions de marks de RDA également répartis entre les années ;
- dépenses de 1954 à 1982 : 3 900 millions de marks de RDA, également répartis entre les années ;
- données annuelles disponibles pour la période de 1983 à 1990 (annexe 5.1) ;
- de 1956 à 1990 ont été effectués 27 814 km de sondages au total. L'annexe 5.5 présente les statistiques annuelles sur les sondages.

La figure 5.11 permet de comparer l'évolution des dépenses de prospection avec les prix de marché et les statistiques sur les sondages. Il n'existe pas de corrélation entre la prospection et l'extraction d'uranium en RDA et les prix et les statistiques sur la prospection dans les pays occidentaux, ce que l'on pouvait prévoir dans un pays à économie planifiée isolé des pays de l'Ouest. Les coûts de la prospection ont

Figure 5.11. Comparaison des dépenses de prospection et des statistiques sur les sondages avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants) en République démocratique allemande



1. Wismut était la seule entreprise de prospection d'uranium de l'ex-République démocratique allemande. Les statistiques sur la prospection en RDA sont données exclusivement en marks de RDA. D'après la Deutsche Bundesbank, l'AIEA et la base de données du BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), le taux de change entre le mark de RDA et le mark de RFA était de 1:1 sur toute la période.

augmenté de 50 % entre 1985 et 1988 à un moment où le prix sur le marché baissait de 10 %. Il n'existe pas non plus d'explication évidente concernant le pic atteint par les activités de sondage en 1972 et leur effondrement ensuite alors que les dépenses de prospection continuaient de croître globalement avant de culminer en 1988.

Prospection de l'uranium dans la République fédérale d'Allemagne (Allemagne de l'Ouest)

La prospection de l'uranium a commencé dans les années 50 en Allemagne de l'Ouest (République fédérale d'Allemagne, RFA). Les entreprises minières et les organismes publics (les bureaux de recherche géologique fédéraux et de certains Länder, ainsi que les établissements de recherche) ont participé à la prospection en RFA. Les établissements universitaires ont également contribué à l'exploration dans le cadre de recherches fondamentales. Comme la législation fédérale interdit l'usage de l'uranium à des fins militaires, l'accent a été mis sur la découverte de ressources d'uranium nationales pour satisfaire la demande future destinées à des usages civils.

L'exploration dans ce pays recouvrait la prospection géochimique (prélèvements d'eau, sédiments fluviatiles), des levés radiométriques aéroportés et autoportés ainsi que la prospection détaillée d'anomalies prometteuses. Dans les zones présentant un potentiel uranifère (par exemple, les granites et autres roches magmatiques ou bassins sédimentaires), les entreprises minières ont entrepris des explorations approfondies comportant des sondages, le creusement de tranchées et des travaux souterrains.

Plusieurs petits gisements ont été découverts à partir de 1955 dans des granites hercyniens de Weissenstadt/Fichtelgebirge, au nord-est de la Bavière (gisements filoniens et minéralisation sur des diaclases) ainsi que dans des roches volcaniques acides du Permien inférieur en Rhénanie-Palatinat. Vu le grand nombre de zones prometteuses situées dans les roches volcaniques acides et les roches sédimentaires adjacentes en Rhénanie-Palatinat, une petite usine a été construite à proximité de Ellweiler. Les travaux de prospection souterraine sur le gisement de Weissenstadt ont été interrompus en raison de la petite taille de ce gisement. Les minéralisations dans les roches volcaniques acides étaient d'échelle réduite de sorte que la période d'exploitation fut de courte durée.

Des travaux de prospection approfondie dans le sud de la Forêt Noire ont permis de découvrir le gisement filonien de Menzenschwand dans des granites hercyniens. Plusieurs centaines de tonnes d'uranium ont été extraites de petites mines souterraines qui ont été fermées dans les années 80. À la fin des années 70 et au début des années 80, des travaux de prospection souterraine ont été menés à partir de deux galeries sur un petit gisement sédimentaire situé dans des grès du Carbonifère supérieur au nord de la Forêt Noire près de Baden-Baden (Müllenbach). Ce gisement étant trop petit, les travaux n'ont pas été poursuivis.

À la fin des années 70, un gisement filonien situé dans des granites hercyniens près de Grossschloppen, au nord de la Bavière, a fait l'objet d'une prospection souterraine qui a cessé lorsque les sondages souterrains ont montré que les filons étaient peu importants.

Toutes les activités d'exploration en RFA ont pris fin avec la baisse de la demande d'uranium dans les années 80. Toutes les zones à potentiel uranifère et les mines ont été réaménagées conformément aux normes environnementales.

Fédération de Russie et ex-Union soviétique

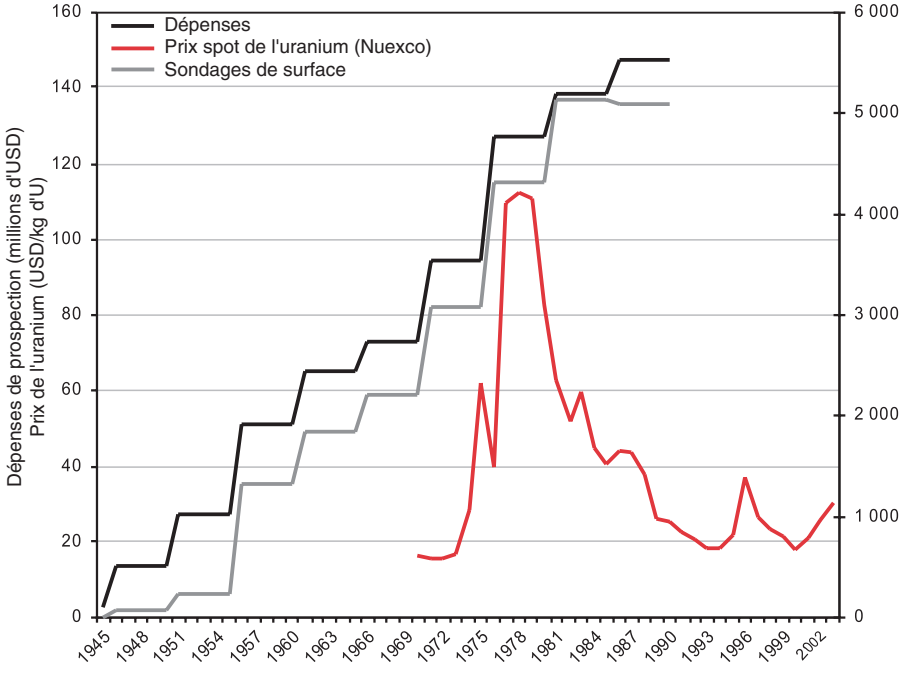
On peut subdiviser en cinq époques distinctes la prospection de l'uranium en URSS : 1914-1940, 1945-1950, 1950-1960, 1960-1970 et 1970-1990. Entre 1914 et 1940, le gisement de Tyuyamuyun dans la vallée du Fergana à l'est de l'Ouzbékistan, qui avait été découvert en 1900, a été prospecté et l'on a découvert les gisements de Taboschar et d'Adrasman (Tadjikistan) ainsi que de Maliï-Sou (Kirghizistan) (toutes ces mines sont aujourd'hui épuisées). Ces découvertes ont conduit à la création du premier district uranifère en URSS, la vallée du Fergana (Ouzbékistan).

Entre 1945 et 1950, on a découvert les districts de Krivoroj (gisements de Pervomaiskoïe et de Jeltovodskoïe), en Ukraine, et de Stavropol (gisements de Bechtaou et de Bykogorskoïe) en Russie. De plus, des gisements ont été découverts dans le district de Karamazar (Kattasay, Chauli, Maylisay) en Ouzbékistan. De 1945 à 1950, les dépenses de prospection ont avoisiné 71,3 millions d'USD, et des sondages ont été effectués sur 403 km au total.

Au cours des années 50, de nouvelles méthodes de prospection et notamment la radiométrie aéroportée ont permis de découvrir les districts uranifères qui suivent :

- Zakapiisk (au Kazakhstan : Melovoïe, Tomakskoïe, Taïbagarskoïe et Tasmouroun, qui sont tous soit épuisés soit en sommeil) ;
- Pribalkhach (au Kazakhstan : gisements de Kourdaï, Botabouroum, Kyzylsaï, Djideli, tous aujourd'hui épuisés ou en sommeil) ;
- Kyzylkoum (en Ouzbékistan : gisement d'Outchkoudouk, actuellement exploité) ;
- Koktchetav (au Kazakhstan : gisements de Manybaï, d'Ishimskoïe et de Zaozërnoïe, tous épuisés ou en sommeil).

Figure 5.12. Comparaison des dépenses de prospection et des statistiques sur les sondages avec les prix de l'uranium sur le marché (USD courants) en URSS



C'est à partir de ces découvertes que s'est construite en URSS une puissante industrie extractive de l'uranium. Entre 1951 et 1960, les dépenses de prospection ont atteint au total près de 391,5 millions d'USD et l'on a effectué des sondages sur 7 784 km.

De 1960 à 1970, les recherches scientifiques effectuées sur des modèles théoriques de gisements et le recours à la radiométrie aéroportée ont permis de découvrir un nouveau type de gisement : les gisements filoniens renfermés dans des stockwerks de complexes volcaniques continentaux. L'exemple le plus représentatif est le complexe de Streltsovsk (appelé également Priargoun). Au cours de cette même période, on a découvert à proximité du district uranifère de Krivoroj, dans ce qui allait devenir le district de Kirovograd, un type de gisement métasomatique (albitite) (Ukraine : gisements de Mitchourinskoïe et de Vatoutinskoïe, actuellement en production, et de Severinskoïe, en sommeil). L'expérience pratique des techniques de LIS acquises en Ouzbékistan a permis d'intensifier l'exploration des gisements de grès et ainsi de découvrir de nouveaux gisements dans le district de Kyzylkoum (Ouzbékistan) et les districts du Tchou Sarysou et du Syr-Daria (Kazakhstan) qui sont devenus les plus importants districts uranifères de toute l'URSS. De 1961 à 1970, les dépenses de prospection totales avoisinaient 690,8 millions d'USD et les sondages 20 277 km.

De 1970 à 1990, d'autres gisements renfermés dans des grès ont été découverts dans les districts du Trans-Oural et de Vitim (Fédération de Russie) et viennent d'être mis en production. Des gisements ont également été découverts dans les schistes noirs dans les districts de Kyzylkoum et d'Onejsk (Fédération de Russie, en sommeil). Entre 1971 et 1990, les dépenses totales de prospection s'élevaient à 2 538,7 millions d'USD environ et la longueur totale des sondages représentait 88 151 km.

Par conséquent, de 1945 à 1990, les dépenses de prospection totales en URSS avoisinaient 3 692 millions d'USD et la longueur des sondages 116 615 km. Les dépenses de prospection et les statistiques sur les sondages entre 1945 et 1990 sont disponibles par intervalles de cinq ans. Les longueurs des sondages ont été réparties également entre chacune de ces périodes quinquennales pour en tirer des valeurs annuelles. De même, les dépenses de prospection ont été également distribuées entre ces périodes quinquennales en appliquant un taux de change de 1 USD = 0,75 rouble. Après la dissolution de l'Union soviétique en 1990, les activités de prospection se sont poursuivies mais elles sont désormais comptabilisées par les différents pays qui faisaient alors partie de l'URSS (c'est-à-dire le Kazakhstan, la Fédération de Russie, l'Ukraine et l'Ouzbékistan). La prospection de l'uranium dans ces pays a considérablement diminué après la dissolution de l'Union soviétique.

Bien que l'absence de données annuelles ne permette pas de comparaison détaillée entre les prix de marché et les dépenses de prospection, il ressort de la figure 5.12 qu'il n'existe pas de relation entre ces dépenses et les prix de l'uranium sur les marchés de l'Ouest. Les sondages et dépenses en URSS ont évolué simultanément à un rythme toujours croissant entre 1945 et 1990.

Prospection à l'étranger

Les statistiques sur la prospection sont subdivisées dans le Livre rouge en deux catégories : les « dépenses de prospection de l'uranium sur le territoire national engagées par les secteurs privé et public » et les « dépenses de prospection de l'uranium engagées à l'étranger ». Les dépenses engagées par organismes à financement privé ou public pour des travaux de prospection hors du territoire du bailleur de fonds (à l'étranger) sont classées dans une catégorie séparée mais néanmoins comptabilisées avec les dépenses engagées sur le territoire national, sachant que cette dernière expression désigne les dépenses *totales*. Il arrive néanmoins que les dépenses consenties à l'étranger ne soient pas incluses parmi les dépenses engagées sur le territoire national faute d'informations complètes. Ces exceptions n'ont toutefois pas été jugées importantes.

Les dépenses de prospection engagées à l'étranger ont été comptabilisées pour la première fois dans l'édition de 1977 du Livre rouge. Dans ce rapport, on peut trouver les dépenses annuelles entre 1972 et

1977. En outre, l'Allemagne, l'Australie, les États-Unis, la France et le Japon avaient également communiqué des dépenses totales de 117,7 millions d'USD pour la période précédant 1972, sans toutefois indiquer le détail des valeurs annuelles. La figure 5.13 récapitule les dépenses de prospection engagées à l'étranger entre 1972 et 2003. La figure 5.14 montre la contribution aux dépenses totales mondiales des quatre pays qui prospectaient le plus à l'étranger. L'annexe 5.6 contient des informations détaillées sur les dépenses de prospection effectuées à l'étranger.

La hausse des prix de l'uranium à partir de 1973, combinée avec la perspective d'une augmentation de la demande d'uranium, a stimulé la reprise de la prospection de l'uranium à l'étranger par des groupes

Figure 5.13. Dépenses de prospection à l'étranger (1972-2003) (USD courants)

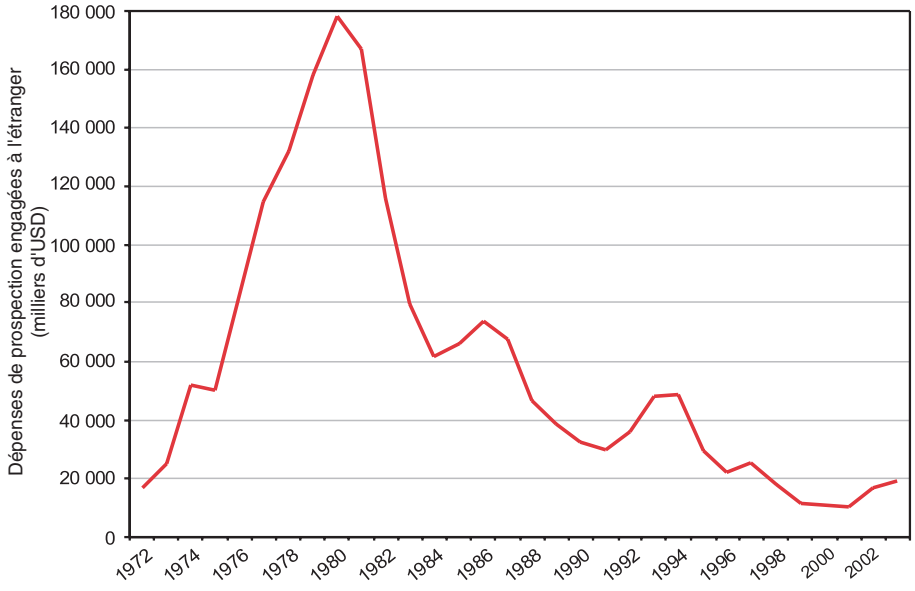
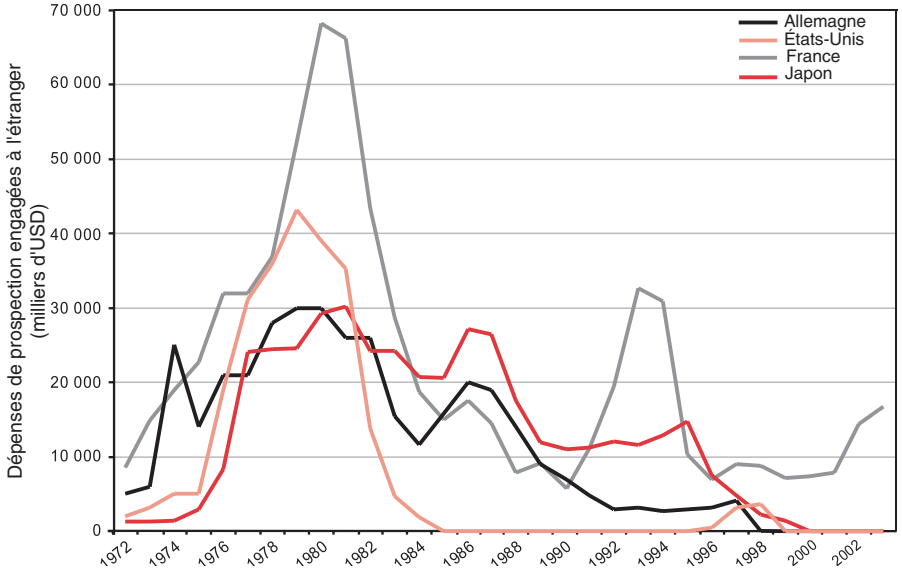


Figure 5.14. Dépenses de prospection engagées à l'étranger par l'Allemagne, les États-Unis, la France et le Japon (1972-2003) (USD courants)



internationaux de prospection appartenant principalement à des pays dotés d'importants programmes électronucléaires et cherchant à trouver des ressources en quantités suffisantes pour satisfaire une demande en plein essor. Ces entreprises sont intervenues tant dans des provinces uranifères connues que dans des pays en développement qui, pour stimuler l'intérêt des prospecteurs, ont proposé des co-entreprises ou accordé des concessions de prospection ou d'exploitation. Les dépenses de prospection sont ainsi passées de 16,8 millions d'USD en 1972 (Allemagne, États-Unis, France et Japon) à 82,4 millions d'USD en 1976 (mêmes pays qu'en 1972 plus Espagne et Suisse).

Entre 1977 et 1980, les programmes de prospection à l'étranger ont continué de croître jusqu'à atteindre un montant total de 178,4 millions d'USD en 1980, année qui a battu tous les records de la prospection à l'étranger. En 1980, les grands programmes de prospection étaient financés par les pays qui suivent :

- France : en Amérique du Sud, au Canada, aux États-Unis, au Gabon, en Indonésie et au Niger (prospection dans 19 pays au total en 1979) ;
- République fédérale d'Allemagne : en Australie, en Autriche, au Brésil, au Canada, aux États-Unis, au Gabon, en Indonésie, au Niger, en Tanzanie, en Zambie et au Zimbabwe, par des entreprises privées, et au Cameroun, en Indonésie, au Mali, au Soudan et en Thaïlande par le bureau de recherches géologiques ;
- Italie : en Australie, au Canada, aux États-Unis, au Niger et en Zambie ;
- Japon : en Australie, au Canada, au Gabon, au Niger, en Zambie et au Zimbabwe ;
- États-Unis : en Afrique, en Amérique du Sud, en Australie et au Canada.

À partir de 1981, du fait des excédents de l'offre d'uranium et de la chute des prix, les entreprises privées et organismes publics mirent un frein à leurs activités de prospection à l'étranger qui diminuèrent régulièrement (à l'exception d'une légère hausse en 1976) pour atteindre leur niveau le plus bas en 1991, à savoir 29,9 millions d'USD, époque où l'Allemagne, la République de Corée, la France, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni et la Suisse faisaient encore état d'activités de prospection à l'étranger. Entre 1980 et 1991, ces dépenses étaient encore assez importantes pour des pays comme l'Allemagne, la France, le Japon et le Royaume-Uni, mais elles avaient diminué de façon substantielle en République de Corée, en Espagne, aux États-Unis et en Suisse.

De 1992 à 1994, ces dépenses ont repris (reprise essentiellement imputable aux dépenses de la France) avant de réamorcer un repli jusqu'à 103 millions d'USD en 2001. Depuis 2000, deux pays seulement, le Canada (en Australie, aux États-Unis et au Kazakhstan) et la France (en Australie, au Canada, au Kazakhstan, en Mongolie et au Niger), signalent mener des travaux de prospection en dehors de leur propre pays. En 2002 et en 2003, les dépenses correspondantes s'élevaient à 16,9 millions et 18,5 millions d'USD, respectivement.

Coûts de la découverte de gisements

Dans les sections précédentes, on s'est intéressé à l'histoire de l'exploration à savoir aux régions prospectées et aux coûts de ces travaux de prospection. De toutes les statistiques présentées, la donnée la plus importante de l'analyse qui précède est le fait que, entre 1945 et 2003, 13 400 millions d'USD environ ont été dépensés dans le monde entier pour chercher de l'uranium. La question logique qu'il faut se poser alors est à quoi cela a-t-il servi ? En termes purement qualitatifs, les quantités innombrables de données tirées de la cartographie, des prélèvements d'échantillons géologiques, des levés géophysiques et des sondages ont permis d'identifier dans le monde des environnements géologiques qui sont susceptibles de renfermer des gisements d'uranium économiquement intéressants.

Quantitativement, l'exploration entreprise entre 1945 et 2003 a conduit à découvrir les ressources sur lesquelles repose la production d'uranium passée et présente. Il ne faut pas négliger ce que la prospection de l'uranium a pu apporter avant 1945 car c'est grâce à elle qu'a débuté l'ère moderne de la prospection de l'uranium. La soixantaine d'années de prospection qui vient de s'écouler a permis d'établir une base de ressources dont dépendra la quasi-totalité de la production à court et à moyen terme. On reviendra sur la base de ressources ultérieurement, mais il importe d'ores et déjà de placer la prospection de l'uranium dans un contexte économique pour en évaluer les résultats.

Deux critères ont été sélectionnés pour mesurer l'efficacité de l'exploration passée de l'uranium, à savoir ce qui a été découvert et à quel coût, mesuré en USD/kg d'U découvert (coût de la découverte). Comme pour bien des aspects du Livre rouge, la base de données incomplète interdit une analyse précise des coûts de la découverte. Néanmoins, on dispose de suffisamment de données pour établir une bonne synthèse de l'efficacité de la prospection.

La première mesure de l'efficacité des travaux de prospection est ce l'on découvre. Le tableau 5.2 présente les ressources appartenant à deux catégories de fiabilité (les RRA et les RSE-I) récupérables à un coût <130 USD/kg d'U ainsi qu'à une troisième catégorie, les ressources non découvertes, sans précision de coût. On constate que la prospection de l'uranium a donné des résultats puisque; entre 1945 et 2003, on estime à 20,9 millions de t d'U les ressources identifiées sur lesquelles 2 204 732 t d'U ont été extraites (ce qui représente environ 10 % du total). Il convient de souligner toutefois que les montants des ressources non découvertes (RSE-II et ressources spéculatives) sont établis d'après des preuves indirectes et/ou des extrapolations géologiques. Il s'agit donc de deux catégories dont les montants de ressources sont spéculatifs et qui, pour être considérés comme réellement fiables, nécessiteront des travaux supplémentaires d'exploration substantiels. Pour replacer ces statistiques dans un contexte historique, on notera qu'en 1982, à une période où les statistiques sur les ressources mondiales en uranium concernaient une aire géographique restreinte, les ressources classiques connues totales des pays à économie de marché récupérables à un coût <130 USD/kg d'U avoisinaient 3,5 millions de t d'U et que, en 2003, les totaux mondiaux concernant la même catégorie de ressources étaient proches de 4,6 millions de t d'U. Entre 1982 et 2003, on a produit près de 1 million de t d'U. D'où une hausse nette d'environ 2,1 millions de t d'U. Cette augmentation s'explique également par la prise en compte dans les totaux de 2003 de l'ex-Union soviétique qui ne figurait pas dans la comptabilité de 1982.

Pour analyser les coûts de découverte, on a utilisé les dépenses annuelles en USD courants. Les coûts d'exploration et de développement comprennent les activités suivantes : levés géologiques, géophysiques et géochimiques, sondages de surface et/ou souterrains, diagraphies géophysiques, analyses chimiques, petits travaux miniers, coûts d'acquisition et d'aménagement des terrains et frais et coûts administratifs. Ces dépenses courent jusqu'au moment où l'on a pu identifier suffisamment de réserves/ressources pour pouvoir entreprendre l'exploitation commerciale du site, y compris les coûts des études de faisabilité.

Les coûts de découverte ont été analysés pour les catégories de ressources qui suivent. Dans les deux cas, on a additionné la production passée aux ressources pour établir l'efficacité des travaux de prospection passés :

- ressources classiques connues (ressources raisonnablement assurées (RRA) plus ressources supplémentaires estimées – catégorie I (RSE-1) plus production ;

Tableau 5.2. Ressources en uranium et production passée (au 1er janvier 2003) (t d'U)

RRA	RSE-I	Ressources non découvertes	Production passée	Ressources totales plus production
3 149 736	1 419 450	14 222 290	2 204 732	20 996 208

- ressources totales (ressources classiques connues plus ressources non découvertes qui comprennent les ressources supplémentaires estimées de la catégorie II et les ressources spéculatives) plus production.

Les jeux de données disponibles pour comparer les coûts de la découverte d'uranium comportent des incohérences et sont loin d'être complets. Ils recouvrent des pays qui ont communiqué les montants de leurs ressources mais non leurs dépenses de prospection et des pays où la prospection n'a pas permis de découvrir de ressources ou n'a permis de découvrir que des gisements peu importants. Le tableau 5.3 récapitule pour chaque pays les ressources classiques connues (RCC) récupérables à un coût <130 USD/kg d'U, ainsi que les volumes produits dans le passé, les dépenses de prospection et les coûts de la découverte (ressources et dépenses/production). Il a été établi pour les 13 plus gros producteurs d'uranium, qui représentent 87 % du montant total des ressources classiques connues et de la production cumulée et 78 % des coûts de prospection historiques. Au total, 40 pays ont communiqué les montants de leurs RCC et de leur production. Par ailleurs, on a pu obtenir des données sur l'ex-Union soviétique et sur le Kazakhstan, la Russie, l'Ukraine et l'Ouzbékistan. Le coût moyen de découverte pour tous les pays énumérés sur le tableau 5.3 est de 1,82 USD/kg d'U. Dans les pays hors URSS énumérés sur le tableau 5.3, ce coût était en moyenne de 1,62 USD/kg d'U et,dans les pays de l'ex-Union soviétique, de 2,2 USD/kg d'U. Par conséquent, les coûts de découverte figurant sur le tableau 5.3 varient de 0,25 USD/kg d'U en Afrique du Sud (où le coût est particulièrement bas puisque la prospection se fait en même temps que celle de l'or) à 10,61 USD/kg d'U, en France. L'annexe 5.7 contient la liste de tous les pays ayant communiqué leurs RCC et leur production. Si l'on calcule la moyenne pour les pays sur lesquels on possède des données, le coût de la découverte se situe à 1,95 USD/kg d'U.

L'annexe 5.8 contient une analyse du même type pour 42 pays ayant communiqué leurs RCC et leurs ressources non découvertes. Y ont été ajoutées des données communiquées par l'ex-Union soviétique et par le Kazakhstan, l'Ouzbékistan, la Russie et l'Ukraine. Si l'on inclut les ressources non découvertes, le coût total de découverte moyen atteint 0,63 USD/kg d'U contre 1,10 USD/kg d'U dans l'ex-Union soviétique

Tableau 5.3. Ressources en uranium, production, dépenses de prospection et coûts de découverte dans certains pays (au 1er janvier 2003) (1945-2003)

Pays	RRA (t d'U)	RSE-I (t d'U)	RRA + RSE-I (t d'U)	Production (t d'U)	RCC + production (t d'U)	Dépenses de prospection (milliers d'USD)	Coût de découverte (USD/kg d'U)
Afrique du Sud	315 330	80 340	395 670	157 618	553 288	140 919	0,25
Australie	735 000	323 000	1 058 000	113 304	1 171 304	508 949	0,43
Canada	333 834	104 710	438 544	374 548	813 092	1 288 500	1,58
États-Unis	345 000	NA	345 000	356 485	701 485	2 507 113	3,57
France		9 510	9 510	75 965	85 475	907 240	10,61
Inde	40 980	18 935	59 915	7 963	67 878	315 228	4,64
Niger	102 227	125 377	227 604	91 186	318 790	216 121	0,68
Rép. tchèque[1]	830	90	920	108 649	109 569	314 013	2,87
Sous-total non URSS	1 873 201	661 962	2 535 163	1 285 718	3 820 881	6 198 083	1,62
URSS et états CEI[2]	817 760	488 630	1 306 390	467 482	1 773 872	4 002 235	2,25
Total	**2 690 961**	**1 150 592**	**3 841 553**	**1 753 200**	**5 594 753**	**10 200 318**	**1,82**

1. Dépenses de prospection de 1971 à 2003.
2. Inclut les totaux communiqués par le Kazakhstan, l'Ouzbékistan et la Fédération de Russie, ainsi que les dépenses de prospection en URSS de 1945 à 1990 qui s'élevent à 3 692 550 000 USD.

et les pays de la CEI. L'annexe 5.9 énumère les pays qui ont communiqué des dépenses de prospection sans avoir trouvé des ressources récupérables à un coût <130 USD/kg d'U.(t d'U)

Relations entre les objectifs particuliers de la prospection et le type de gisement géologique

La répartition de l'uranium dans le monde est fonction de la géologie et, pour prospecter, on se fonde sur les connaissances que l'on a de la géologie du pays ou d'une région particulière. À l'origine, le territoire couvert peut être assez large, et l'on utilise des techniques d'exploration régionale comme l'imagerie satellite ainsi que les techniques de radiométrie aéroportée pour détecter les terrains favorables et localiser des anomalies. En gagnant en maturité, l'industrie d'un pays a tendance à mieux cibler l'exploration sur des types de gisements particuliers qu'elle sait exister dans le pays ou que l'on trouve dans d'autres pays présentant des analogies géologiques jusqu'à ce qu'un nouveau facteur justifie une réorientation. Par exemple, la saine émulation entre l'Australie et le Canada dans la course au savoir sur les gisements liés à des discordances n'a pas servi seulement la prospection dans ces deux pays, mais aussi la recherche de ce type de gisements partout dans le monde. La découverte de nouveaux types de gisements où que ce soit a, en général, déclenché un changement des schémas de prospection par l'ouverture de la pensée géologique qu'elle a provoquée. La première question que se pose un géologue qui prospecte est : « Où ailleurs peut-on trouver ce type de gisement ? ». Les modèles géologiques de gisements établis pour une zone sont donc appliqués à une géologie analogue ailleurs, opérant parfois d'importants changements de priorité dans les travaux de prospection.

La découverte de nouveaux types de gisements peut entraîner un emballement de la prospection dans des régions présentant une géologie analogue. L'industrie de l'uranium d'un pays peut s'en trouver totalement transformée. La découverte de minéralisations à forte teneur dans ce que l'on a appelé des gisements liés à des discordances dans le bassin d'Athabasca en Saskatchewan, au Canada, en est le meilleur exemple récent. Si l'on n'a pas totalement cessé de prospecter d'autres régions, la découverte des gisements de Key Lake, de Rabbit Lake et de Cluff Lake a immédiatement provoqué un déplacement de toutes les activités de prospection ou presque sur le bassin d'Athabasca. Ultérieurement, l'exploitation de ces gisements a profondément modifié l'industrie canadienne de la production d'uranium. L'estimation des capacités théoriques de production avaient été longtemps basées sur les gisements liés à des conglomérats à galets de quartz de Blind River-Elliot Lake, en Ontario. En 1996, cependant, les centres de production d'Ontario avaient été fermés et entièrement remplacés par la production du bassin d'Athabasca.

Le lecteur trouvera au chapitre 6 une mine d'informations sur divers aspects des ressources d'uranium. Toutefois, du fait de la relation qui existe entre les tendances de la prospection et les types de gisements, il faut analyser ici la répartition des ressources d'uranium par type de gisement. Le tableau 5.4 récapitule la répartition des ressources par type de gisement, par catégorie de fiabilité et de coût de production au 1er janvier 2005. Ces données ont été tirées de l'édition 2005 du Livre rouge où l'on trouve de nouveau des informations établissant un lien entre les ressources et le type de gisement après une interruption qui a duré plusieurs éditions du Livre rouge. S'agissant des ressources à bas coût appartenant aux catégories des RRA et des ressources présumées[2], ce sont les gisements liés à des discordances, les gisements renfermés dans des grès et les gisements liés à des complexes bréchiques à hématite qui dominent. Les gisements liés à des discordances constituent la majorité de la production d'uranium au Canada et au nord de l'Australie qui, ensemble, représentaient 40 % de la production mondiale d'uranium en 2004. Les gisements renfermés dans des grès, qui sont la base de la production aux États-Unis, au Kazakhstan, au Niger et en Ouzbékistan, représentaient au total 25 % de la production en 2004. Quant aux ressources situées dans des complexes bréchiques à hématite, à savoir pour l'essentiel le gisement d'Olympic Dam en Australie, ils assuraient 9 % de la production en 2004. Soixante quatorze pour cent de la production mondiale prove-

2. Ressources supplémentaires estimées – catégorie I (RSE-I), rebaptisées ressources présumées à compter de l'édition 2005 du Livre rouge. De même, les RSE-II ont été rebaptisées ressources pronostiquées.

naient en 2004 de ces trois types de gisements qui représentaient, au début de 2005, 77 % des RRA récupérables à un coût <40 USD/kg d'U.

L'édition du Livre rouge de 1982 contenait une synthèse des ressources récupérables à un coût inférieur à 130 USD/kg d'U classées par type de gisement. Cependant, il n'est pas possible de comparer directement les données de 1982 avec celles de 2005 qui sont présentées sur le tableau 5.4 car les catégories de ressources ne correspondent pas vraiment. On peut toutefois observer les évolutions des ressources entre 1982 et 2005 dans les catégories de ressources les plus importantes (tableau 5.5). Les RCC totales sont passées de 5 013 millions de t d'U en 1982 à 4 784 millions de t d'U en 2005 malgré le fait que 41 pays avaient communiqué leurs RRA en 2005 contre 31 en 1982. De même, 34 pays ont communiqué leurs ressources présumées (RSE-I) en 2005 contre 31 en 1982. Soulignons ici que les ressources de l'URSS/CEI, des pays d'Europe centrale et orientale et de la Chine sont comptabilisées en 2005 mais non en 1982. Entre 1982 et 2004, la production totale a atteint 1 044 353 t d'U, un chiffre supérieur à la baisse des RCC.

Les montants totaux des RRA ont augmenté entre 1982 et 2005, tandis que les ressources présumées/RSE-I ont diminué. Cette différence peut s'expliquer en partie par le fait que l'on n'a pas découvert d'important gisement qui aurait pu venir grossir le montant total des RSE-I. Par contre, les dépenses de prospection en baisse ont été consacrées principalement à améliorer la fiabilité des ressources présumées/RSE-I pour les faire passer dans la catégorie des RRA. Bien que le gisement d'Olympic Dam ait été découvert en 1978, la catégorie des gisements liés à des complexes bréchiques à hématite n'est pas apparue avant l'édition de 1989 du Livre rouge et, auparavant, le gisement d'Olympic Dam était classé dans la catégorie des Autres types de gisement en attendant une définition propre à ce type de gisement[3].

Par rapport aux RCC, la part des gisements renfermés dans des grès et des gisements liés à des conglomérats à galets de quartz a fortement diminué, ce que l'on peut attribuer, entre autres, à l'apparition dans

Tableau 5.4. Ressources identifiées par type de gisement (au 1er janvier 2005)

Type géologique de gisement	Ressources raisonnablement assurées						Ressources présumées*					
	<40 USD/kg d'U		<80 USD/kg d'U		<130 USD/kg d'U		<40 USD/kg d'U		<80 USD/kg d'U		<130 USD/kg d'U	
	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%
Lié à des discordances	433,2	22,2	492,2	18,6	498,5	15,1	151,6	19,0	169,6	14,6	171,3	11,8
Gréseux	552,5	28,4	716,5	27,1	986,6	29,9	172,9	21,6	256,3	22,1	301,6	20,9
Complexes bréchiques à hématite	513,3	26,4	513,3	19,4	522,4	15,8	281,9	35,3	286,9	24,7	288,5	20,0
Conglomérats à galets de quartz	85,6	4,4	153,3	5,8	229,3	7,0	50,5	6,3	72,0	6,2	84,8	5,9
Filonien	0	0	84,0	3,2	258,8	7,9	14,8	1,9	136,1	11,7	231,8	16,0
Intrusif	63,7	3,3	150,6	5,7	202,9	6,2	60,6	7,6	81,1	7,0	109,6	7,6
Volcaniques et liés à des caldeiras	49,9	2,6	135,5	5,1	140,3	4,3	1,5	0,2	5,7	0,5	7,1	0,5
Métasomatique	109,3	5,6	157,6	6,0	179,8	5,5	5,6	0,7	22,5	1,9	87,2	6,0
Autre **	129,2	6,6	164,7	6,2	186,2	5,6	49,6	6,2	102,8	8,9	125,4	8,7
Type non précisé	10,6	0,5	75,6	2,9	91,9	2,8	9,9	1,2	28,1	2,4	38,7	2,7
Total	1 947,3	100,0	2 643,3	100,0	3 296,7	100,0	799,0	100,0	1 161,0	100,0	1 446,2	100,0

* Anciennement RSE-I. Nouvelle dénomination à compter de l'édition 2005 du Livre rouge.

** Inclut les gisements superficiels, en remplissage de cheminées bréchiques, métamorphiques et dans les calcaires, ainsi que les gisements de charbon uranifères. Sont exclues les roches à forte teneur en uranium telles que les pegmatites, les granites et les schistes noirs.

3. Édition de 1986 du Livre rouge, p. 443.

l'analyse de 1985 de types de gisements qui n'existaient pas en 1982 (par exemple, les complexes bréchiques à hématite, les gisements intrusifs, filoniens et volcaniques) et, dans le cas des conglomérats à galets de quartz, à la fermeture du district d'Elliot Lake à l'est du Canada et à la disparition correspondante de ces ressources des totaux communiqués par le Canada.

Depuis la toute première édition du Livre rouge, les rapports nationaux occupent une place importante dans le Livre rouge. Les informations sur les programmes de prospection des différents pays qu'ils contiennent livrent au fil du temps une histoire de la prospection dans chacun d'eux. L'annexe 5.2 est une synthèse de la prospection dans les pays participant au Livre rouge qui commence avec l'édition de 1965. L'annexe 5.3 décrit les types de gisements d'uranium.

Conclusions concernant la prospection de l'uranium

Quatre-vingt-un pays ont communiqué des statistiques sur leurs dépenses de prospection. À l'échelle mondiale, ces dépenses sont estimées avoir atteint environ 13 400 millions d'USD entre 1945 et 2003. La prospection a culminé à 908 millions d'USD en 1979 avant de régresser à 70 millions d'USD en 1994. Entre 1970 et 2003, on estime à 154 300 km les sondages effectués.

Dans les pays à économie de marché, les dépenses de prospection suivent de près l'évolution des prix de l'uranium sur le marché. Étant donné que les sondages constituent la part la plus importante des dépenses de prospection, ils suivent également de près les tendances des prix sur le marché.

Dans les économies à planification centralisée, les dépenses de prospection étaient beaucoup moins sensibles au prix de marché, si bien qu'il a fallu attendre 1991, après la dissolution de l'URSS et des pays de l'Est, pour voir ces dépenses commencer à varier en fonction des prix sur le marché. Toutefois, la corrélation est encore ténue.

De 1945 à 2003, les 13 principaux pays producteurs hors CEI, dont la production en 2003 représentait 87 % de la production mondiale, ont dépensé 6 200 millions d'USD pour la prospection. La somme des RCC et de la production dans ces pays avoisine au total 3.8 millions de t d'U. On estime à environ 1,62 USD/kg d'U le coût de découverte. Le coût de découverte moyen dans les 40 pays qui ont communiqué des informations sur les RCC et la production s'établit à 1,82 USD/kg d'U.

Tableau 5.5. Comparaison entre les répartitions des ressources par type de gisement entre 1982 et 2005

Type géologique de gisement	Ressources raisonnablement assurées		RSE-I/Ressources présumées	
	% en 1982	% en 2005	% en 1982	% en 2005
Lié à des discordances	15,0	15,1	15,0	11,8
Gréseux	40,0	29,9	40,0	20,9
Complexes bréchiques à hématite		15,8		20,0
Conglomérats à galets de quartz	15,0	7,0	20,0	5,9
Filonien	5,0	7,9		16,0
Intrusif		6,2		7,6
Volcaniques et liés à des caldeiras		4,3		0,5
Métasomatiques		5,5	15,0	6,0
Autres *	25,0	5,6	10,0	8,7
Type non précisé		2,8		2,7
Ressources totales (milliers de t d'U)	2 293	3 317	2 720	1 467
Nbre pays ayant communiqué données	1	41	31	34

* Inclut les schistes noirs, les phosphorites, les gisements superficiels, les gisements dans les calcaires et en remplissage de cheminées bréchiques, ainsi que tous les types de gisements signalés par certains pays et qui ne correspondent pas aux catégories du Livre rouge.

6. RESSOURCES EN URANIUM

Les ressources en uranium sont la raison d'être du Livre rouge. Avec la capacité de production, elles déterminent l'offre d'uranium et sont, de ce fait, vitales pour l'avenir de l'énergie nucléaire. Au cours des quarante années d'existence du Livre rouge, la façon de comptabiliser les ressources en uranium a considérablement évolué en fonction du marché de l'uranium et des progrès des techniques d'estimation des ressources. Les ressources comptent également parmi les aspects les plus subjectifs que traite le Livre rouge. Pour compenser cette subjectivité, divers niveaux de confiance ont été affectés aux ressources en uranium comptabilisées depuis la toute première édition du Livre rouge en 1965 jusqu'à la plus récente.

L'exhaustivité des bases de données des ressources en uranium est fonction de la volonté des pays participants de communiquer intégralement leurs ressources respectives. Chaque édition du Livre rouge contient un état aussi complet que possible des ressources mondiales compte tenu de l'exhaustivité et de la précision des données fournies par chaque pays. Le Groupe sur l'uranium et le Secrétariat de l'OCDE/AEN-AIEA ont conjugué leurs efforts pour produire la base de données des ressources la plus complète possible dans chaque édition du Livre rouge. Le Groupe sur l'uranium a toujours eu pour règle d'utiliser les données communiquées par chaque pays. Cependant, afin de combler d'éventuelles lacunes, le Secrétariat a inclus des informations ou estimations sur les ressources qui lui avaient été communiquées précédemment en les identifiant précisément chaque fois. Les pays qui possèdent les ressources en uranium les plus importantes d'après les chiffres communiqués sont énumérés sur le tableau 6.1.

Il n'est ni justifié ni significatif statistiquement d'effectuer des comparaisons des estimations des ressources qui couvrent toute l'historique du Livre rouge car les paramètres ont changé de même que le nombre de pays qui ont communiqué des estimations au cours du temps. C'est pourquoi, pour éviter de mélanger des choses qui ne vont pas ensemble, il convient de sélectionner des paramètres permettant de mesurer des changements intervenus au cours d'une période donnée. Bien qu'elle ne soit pas nécessairement justifiée statistiquement, la comparaison des ressources communiquées dans les éditions de 1965 et de 2003 du Livre rouge donne un ordre de grandeur des changements intervenus dans la manière de communiquer ces statistiques. Dans la première édition du Livre rouge (1965), on avait comptabilisé 3 209 000 t d'U que l'on estimait pouvoir récupérer à un coût inférieur à 30 USD/kg d'U. Les ressources communiquées alors par 16 pays étaient classées dans deux catégories suivant leur fiabilité : les ressources raisonnablement assurées et les ressources supplémentaires possibles.

Tableau 6.1. Pays possédant les ressources classiques connues récupérables à un coût <130 USD/kg d'U (2003) les plus importantes[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. Inclut les RRA et les RSE-I récupérables à un coût <130 USD/kg d'U.
2. Les États-Unis n'utilisent pas la catégorie des RSE-I.

À titre de comparaison, les ressources comptabilisées dans l'édition de 2003 ont été communiquées par 56 pays. On dénombre dans cette édition quatre niveaux de fiabilité contre deux en 1965. On a conservé trois tranches de coûts, mais les fourchettes ont considérablement évolué avec le temps au gré des fluctuations du prix de l'uranium sur le marché et de la conjoncture économique mondiale qui a elle-même influé sur les coûts de production de l'uranium. Pour toutes les catégories de fiabilité et toutes les tranches de coûts, les ressources comptabilisées dans l'édition de 2003 se montent à 14 382 488 t d'U. L'annexe 6.1 décrit la chronologie précise des différentes définitions des catégories de ressources depuis la publication du premier Livre rouge et donne la mesure du soin à apporter lorsque l'on analyse l'évolution des ressources avec le temps.

Évolution des ressources avec le temps

La valeur du Livre rouge tient notamment aux statistiques qu'il contient concernant divers aspects de l'offre et de la demande d'uranium. Malgré la valeur limitée des comparaisons couvrant toute l'historique du Livre rouge à cause des changements intervenus dans la comptabilisation des ressources, les données publiées dans chaque édition du Livre rouge ont une importance statistique, en particulier pour chaque pays pris individuellement. En outre, il est instructif d'analyser les variations des ressources sur des périodes où elles ont été comptabilisées de manière relativement homogène. C'est pourquoi, pour rehausser l'intérêt de cette rétrospective, on a récapitulé dans les annexes 6.2 à 6.10 un grand nombre de statistiques sur les différentes catégories de ressources. Les annexes 6.2 et 6.3 montrent comment les RRA ont évolué d'édition en édition pour un large éventail de tranches de coûts de production. Les annexes 6.4 et 6.5 leur font pendant pour les ressources supplémentaires estimées – catégorie I. L'annexe 6.6 contient des données sur les autres ressources classiques connues, tandis que l'annexe 6.7 présente des données synthétiques sur les ressources classiques connues de 1965 à 2003. L'annexe 6.8, quant à elle, est consacrée aux statistiques sur les ressources supplémentaires estimées – catégorie II et les ressources spéculatives (qui correspondent ensemble aux ressources non découvertes) et les annexes 6.9 et 6.10 à l'évolution des ressources totales au cours de l'historique du Livre rouge, mais cela pour une sélection de pays.

Les ressources raisonnablement assurées (RRA) sont une catégorie dont la définition n'a pour ainsi dire pas changé. La figure 6.1 montre l'évolution des RRA de 1965 à 2003 en la comparant à celle du prix de l'uranium sur le marché. Si les RRA figurent dans toutes les éditions du Livre rouge, les fourchettes de prix, en revanche, ont changé ce qui explique pourquoi les courbes représentant les tranches de coûts sont discontinues (par exemple, RRA <40 USD/kg d'U).

Les RRA appartenant aux différentes fourchettes de coûts suivent des évolutions parallèles. Il ne semble pas toutefois qu'il y ait une relation étroite entre les RRA et le prix de marché. En dépit de l'effondrement des prix amorcé en 1979, les RRA n'ont que faiblement diminué avant de se stabiliser aux alentours de 1985. En 1993, les RRA ont progressé régulièrement, tandis que, à l'exception de la courte flambée des prix en 1996, les prix de marché restaient assez bas jusqu'à la reprise récente qui a commencé à la fin de 2000. Le reclassement des ressources des NEI (qui, de 1991 à 1993, étaient classés dans les autres ressources classiques connues) en fonction de la terminologie adoptée dans le Livre rouge, explique une bonne partie de l'augmentation des RRA après 1993.

La figure 6.2 révèle une évolution très similaire des RSE-I et des prix de marché bien que les courbes correspondant aux différentes fourchettes de coûts soient assez chaotiques. Avant d'en tirer des conséquences, il convient de noter que si la catégorie des RRA a été utilisée systématiquement depuis le premier Livre rouge, celle des RSE-1 n'a été introduite qu'en 1983. Les Ressources Supplémentaires Estimées, qui existaient depuis 1967, ont alors été subdivisées en deux catégories, les RSE-I et les RSE-II. En outre, les États-Unis n'ont jamais adopté la division en RSE-I et RSE-II et se contentent d'appliquer la catégorie des RSE-II avec l'implication tacite que cette catégorie recouvre une proportion inconnue de RSE-I.

Figure 6.1. Évolutions des RRA et des prix de l'uranium sur le marché (1965-2003)

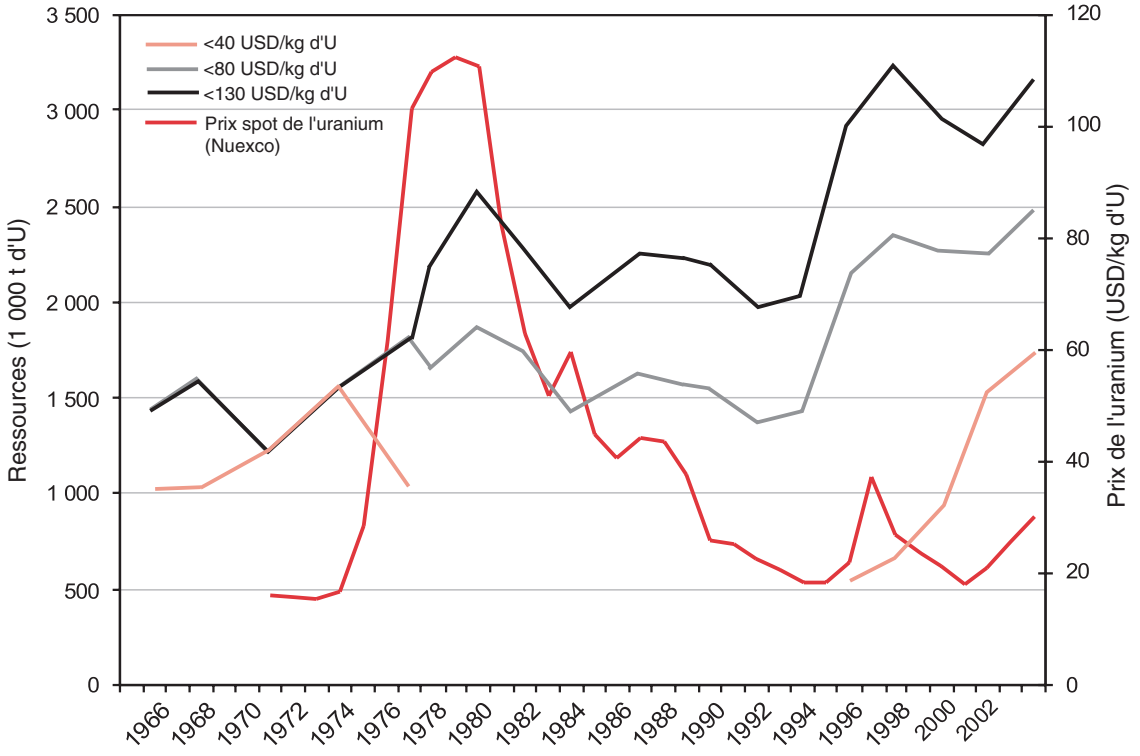
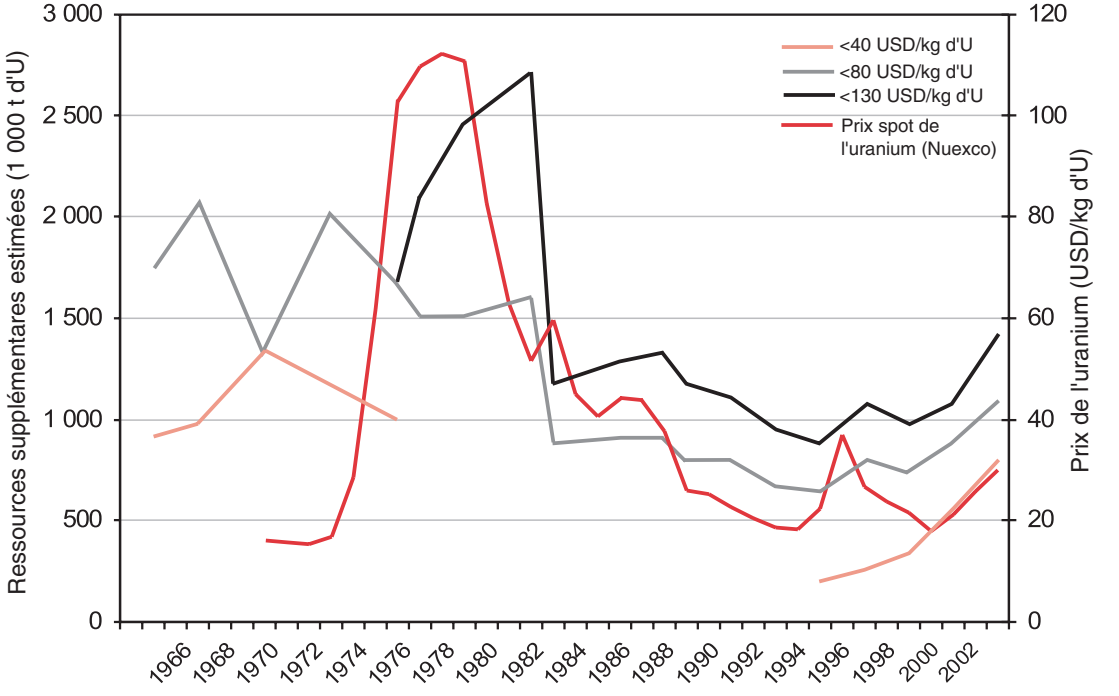


Figure 6.2. Évolutions des RSE-I et des prix de l'uranium sur le marché (1965-2003)

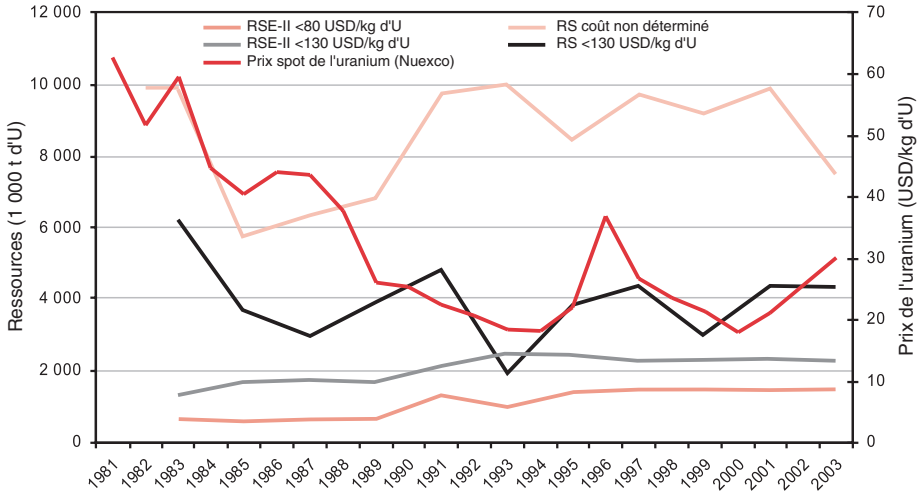


Malgré ces incohérences, le parallélisme entre les évolutions des RSE-I et du prix de marché se maintient. Il peut s'agir seulement d'une coïncidence, mais on peut aussi penser que, comme le montre la figure 5.2, la baisse des prix sur le marché à compter de 1979 s'est accompagnée d'une régression parallèle des dépenses de prospection. Les budgets de prospection se resserrant, on aurait choisi d'abandonner les tout premiers travaux de prospection, soit des analyses géophysiques et des sondages espacés, qui auraient eu tendance à augmenter les RSE-I, au profit de sondages réalisés selon un maillage plus serré destinés à convertir en RRA les RSE-I déjà identifiées.

L'annexe 6.8 permet de suivre les variations des ressources non découvertes (RSE-II + ressources spéculatives) de 1982 à 2003. La figure 6.3 montre l'évolution des ressources non découvertes et celle du prix de l'uranium sur le marché. Les courbes des RSE-II augmentent très progressivement jusqu'à environ 1992 puis restent à peu près stables jusqu'en 2003. Les données sur les RSE-II ne révèlent pas de véritable relation avec l'évolution du prix de l'uranium sur le marché. En général, les pays ne réévaluent pas régulièrement leurs estimations des RSE-II et cela expliquerait en partie le peu de changement sur la figure 6.3. Par opposition, les deux catégories de ressources spéculatives fluctuent nettement plus. Elles suivent toutes deux la chute des prix sur les marchés entre 1982-1983 et 1986. Les ressources spéculatives récupérables à des coûts inférieurs à 130 USD/kg d'U continuent de suivre les variations des prix sur le marché tandis que les ressources récupérables à un coût situé entre 130 et 260 USD ou à un coût non déterminé s'écartent de la courbe des prix en 1988 et amorcent une remontée jusqu'en 1994 avant de se stabiliser. La progression observée entre 1988 et 1994 s'explique en grande partie par la multiplication des pays qui ont communiqué des données, à savoir 17 pays en 1994 contre 9 en 1988.

Dans les années qui ont suivi immédiatement la dissolution de l'Union soviétique, les nouveaux États indépendants (Kazakhstan, Ouzbékistan, Russie et Ukraine) et la plupart des pays d'Europe centrale et orientale ont continué à communiquer les montants de leurs ressources selon la terminologie soviétique, incompatible avec la terminologie employée par l'AEN-AIEA dans le Livre rouge (voir annexe 6.1). C'est pourquoi, les ressources communiquées par les pays de l'ex-Union soviétique entre 1991 et 1995, qui n'étaient pas conformes à la classification utilisée dans le Livre rouge, ont été intégrées à une catégorie appelée autres ressources classiques connues dans l'annexe 6.6. Après 1995, à l'issue d'une série de réunions destinées à harmoniser les catégories de ressources, tous les pays ont utilisé la terminologie employée dans le Livre rouge.

Figure 6.3. Évolutions des ressources non découvertes avec le temps par rapport au prix de l'uranium sur le marché (1981-2003)



Conformément aux conventions établies dans le Livre rouge, les RRA plus les RSE-I constituent les ressources classiques connues (RCC), ce qui signifie que ces catégories de ressources ne recouvrent pas des ressources non classiques comme l'uranium contenu dans les gisements de phosphates, les schistes noirs, etc. Les ressources non classiques feront l'objet du chapitre 9 de ce rapport.

Les RCC totales recouvraient entre 1965 et 1982 les ressources raisonnablement assurées plus les ressources supplémentaires estimées et, de 1983 à 2003, les ressources raisonnablement assurées plus les ressources supplémentaires estimées – catégorie I. L'annexe 6.7 récapitule l'évolution des RCC appartenant à toutes les fourchettes de coûts entre 1965 et 2003 y compris les autres ressources classiques connues décrites à l'annexe 6.6. Les RCC totales récupérables à des coûts inférieurs à 130 USD/kg d'U ont été communiquées de 1965 à 2003 et n'ont cessé d'augmenter, passant de 3,2 millions de t d'U en 1965 à plus de 4,6 millions de t d'U en 2003. En 1986 et 1989, alors que l'on prévoyait une forte poussée de la demande d'uranium, un petit nombre de pays a communiqué des ressources récupérables à un coût situé entre 130 et 260 USD/kg d'U. Toutefois, dans les années qui suivirent, cette fourchette de coûts élevés n'a plus été employée.

Évolution des ressources avec le temps pour quelques pays

Les figures 6.1 à 6.3 montrent l'évolution globale des ressources établie à partir de la somme de toutes les statistiques communiquées pour une année donnée. L'explication de brusques changements des valeurs totales ou de l'évolution des ressources ne peut être trouvée dans les statistiques totales. Cette explication se trouvera éventuellement dans les rapports communiqués par chaque pays. Les volumes des ressources communiquées par un pays peuvent changer pour diverses raisons :

- la production peut augmenter plus vite que la prospection ne permet de reconstituer les ressources ;
- des analyses effectuées périodiquement peuvent conduire à placer des ressources dans une fourchette de coûts plus élevée qui ne figure pas parmi les critères d'analyse. Ce serait le cas, par exemple, d'une étude limitée aux ressources récupérables à un coût inférieur à 80 USD/kg d'U. Il s'agit là d'un aspect très important qu'il faut garder en mémoire. Les ressources ne disparaissent pas, du moins au sens physique du terme. Elles peuvent être classées dans une fourchette de coûts plus élevée, ce qui signifie qu'elles restent disponibles pour le cas où la conjoncture économique changerait ;
- les ressources peuvent être éliminées des totaux fournis par un pays lorsque les centres de production correspondants ferment ;
- les ressources peuvent être éliminées de la base de ressources d'un pays pour des raisons écologiques. Là encore, cela ne signifie pas qu'elles ont disparu à jamais. Une nouvelle technologie pourrait un jour permettre de les exploiter de manière économique et écologique.

Il n'entre pas dans le cadre de ce rapport d'effectuer une analyse exhaustive pays par pays de l'évolution des ressources. Toutefois, les exemples qui suivent concernant les variations des RCC dans une sélection de pays permettent d'en analyser l'évolution et de proposer quelques explications. Il s'agit bien sûr d'exemples illustrant le type d'informations disponibles dans la série des Livres rouges. Il importe de souligner que le Livre rouge ne contient pas d'information détaillée sur les résultats des travaux de prospection, les découvertes et les méthodes d'évaluation (y compris la teneur de coupure). C'est pourquoi, il est impossible d'expliquer parfaitement les changements que l'on observe dans l'évolution des ressources, même à travers les rapports nationaux. Un profond bouleversement des volumes de ressources dont dispose un pays peut néanmoins expliquer une modification des tendances mondiales. Bien que les NEI occupent une place de plus en plus importante en termes de ressources et de production, on ne posséde pas assez d'informations historiques pour pouvoir les intégrer à cette analyse. Le tableau 6.2 révèle le peu de variabilité des ressources de ces pays depuis qu'ils les ont communiquées pour la première fois individuellement

dans le Livre rouge de 1995. Seul l'Ouzbékistan a enregistré un changement important puisque ses RRA ont augmenté de 38 % entre 1999 et 2001.

La figure 6.4 illustre les variations dans le temps des RCC en Australie, au Canada, aux États-Unis et en France. Ces variations seront expliquées dans les sections qui suivent. Les annexes 6.9 et 6.10 contiennent des informations sur l'évolution des RCC et les statistiques sur la production dans certains pays. L'analyse de cette évolution montre l'effet des dépenses de prospection et des sondages.

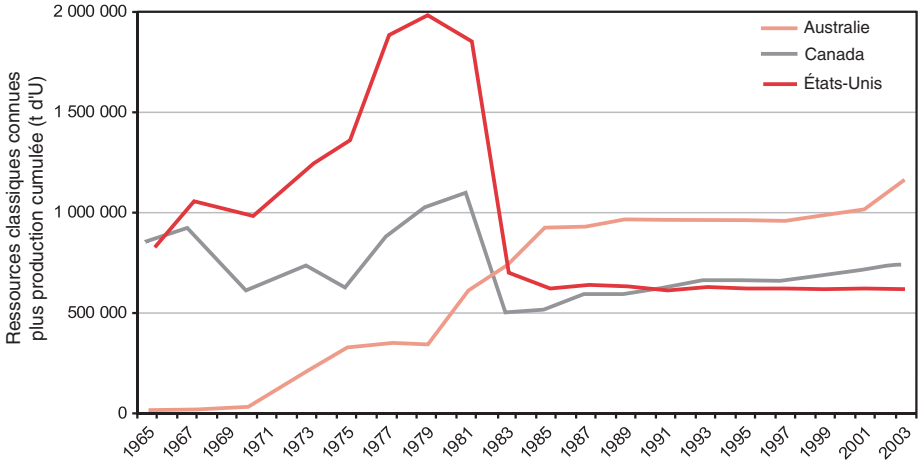
Dans les sections qui suivent, des graphiques permettront de comparer l'évolution des ressources avec les montants des dépenses de prospection et les statistiques sur les sondages (km/an). En l'absence de prospection, il est clair que les ressources diminueront. Mais il faut savoir que la relation entre la prospection et l'augmentation des ressources totales n'est pas simple. En effet, il faut normalement compter plusieurs années entre le début de la prospection et la découverte d'un nouveau gisement. Une fois le gisement découvert, il faut parfois procéder à des forages pendant plusieurs années avant de pouvoir obtenir une première estimation des ressources. Par conséquent, ce n'est pas parce que l'on a prospecté pendant un certain temps que les ressources augmenteront au cours de cette période. Au contraire, le succès des travaux de prospection ne devrait pas se ressentir dans les montants des ressources avant plusieurs années. La production épuise en permanence la base de ressources. Reconstituer cette base exige de poursuivre en permanence la prospection et la mise en valeur des gisements.

Tableau 6.2. Comparaison des ressources des NEI (RRA récupérables à un coût <130 USD/Kg d'U) communiquées entre 1995 et 2003 (t d'U)

Édition du Livre rouge	1995	1997	1999	2001	2003
Kazakhstan	598,7	601,0	598,6	594,8	530,0*
Ouzbékistan	NA	83,7	83,1	115,0	79,6*
Russie	NA	145,0	140,9	138,0	143,0*
Ukraine	81,0	84,0	81,0	81,0	64,6*

* Ressources ajustées de façon à obtenir des ressources récupérables au lieu des ressources *in situ* qui étaient communiquées dans les précédentes éditions du Livre rouge.

Figure 6.4. Évolutions des ressources classiques connues corrigées pour tenir compte de la production en Australie, au Canada et aux États-Unis



Australie

Les figures 6.5 et 6.6 révèlent que les RRA dans la fourchette de coûts <80 USD/kg d'U n'ont cessé d'augmenter depuis 1971, de même que les RCC, malgré la forte chute des prix amorcée en 1979. D'après le Livre rouge de 1982, la forte poussée des RSE-I entre 1979 et 1981 s'explique par un effort accru pour évaluer les ressources appartenant à cette catégorie. Entre 1983 et 1985, on note une baisse des RSE-I accompagnée d'une hausse correspondante des RRA, laissant penser que la prospection (ou des informations plus complètes) a permis effectivement de classer une partie des RSE-I de l'Australie dans une catégorie de ressources plus fiables. La figure 6.6 montre l'ampleur des changements des RCC d'une édition à l'autre du Livre rouge. On y porté les statistiques sur les sondages pour permettre les comparaisons. Il apparaît une nette coïncidence entre l'augmentation des ressources et l'intensification des sondages en 1981 et 1982. Pourtant, il est peu probable que les deux phénomènes soient directement liés. Si les sondages ont permis de nouvelles découvertes, ces dernières auraient dû apparaître dans les ressources au cours des années suivantes.

Figure 6.5. Comparaison de l'évolution des ressources en Australie avec les prix de l'uranium sur le marché

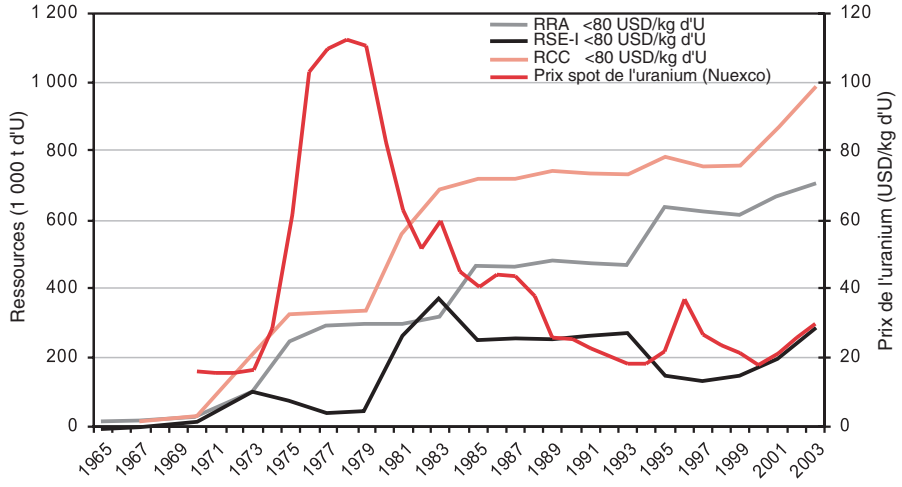
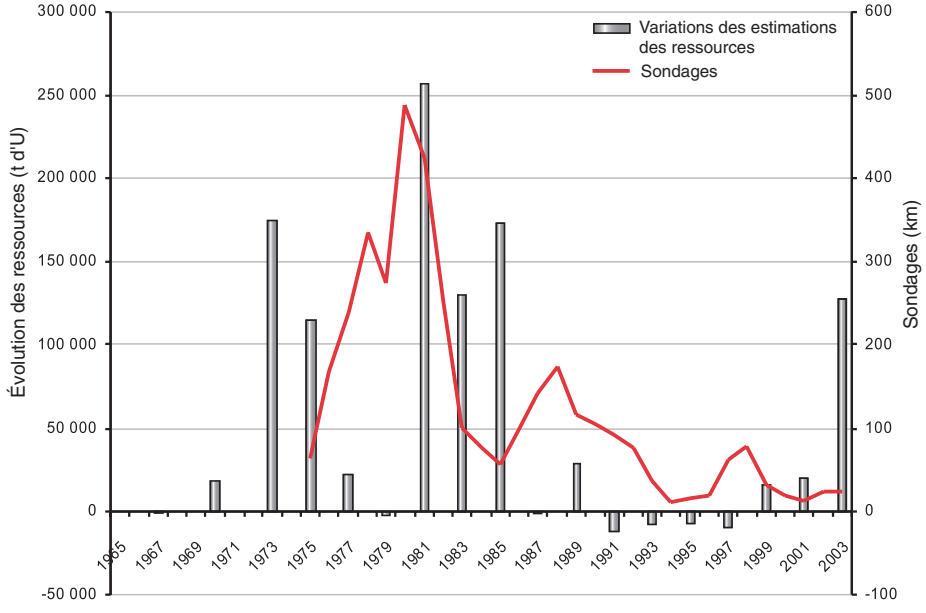


Figure 6.6. Ressources et sondages en Australie (1965-2003)



Canada

Comme on peut le voir sur la figure 6.7, les ressources classiques connues du Canada n'ont cessé de décroître entre 1967 et 1997, même pendant l'envolée des prix sur le marché entre 1973 et 1979. La figure 6.8 donne l'importance des variations des RCC d'une édition à l'autre du Livre rouge. On y a porté les statistiques sur les sondages de façon à permettre des comparaisons avec les variations des ressources d'une année sur l'autre.

Entre la fin des années 60 et le début des années 80, plus de 50 % de la base de RCC du Canada provenaient des gisements liés à des conglomérats à galets de quartz des districts d'Elliot Lake-Blind River. L'affaissement régulier des RCC qui ont atteint leur niveau le plus bas en 1989 s'explique en partie par le fait que les coûts de production de ce type de gisement ont augmenté. De ce fait, une proportion de plus en plus grande des ressources associées à ces gisements s'est retrouvée dans des catégories de coûts plus élevées. C'est le cas surtout de la diminution de 604 000 t d'U entre 1982 et 1983, si visible sur la figure 6.8. En revanche, les redressements observés entre 1991 et 1993 sont le fruit de la prospection dans les bassins d'Athabasca et de Thelon et qui ont permis de reclasser des RSE-I parmi les RRA.

Figure 6.7. Comparaison de l'évolution des ressources au Canada avec les prix de l'uranium sur le marché

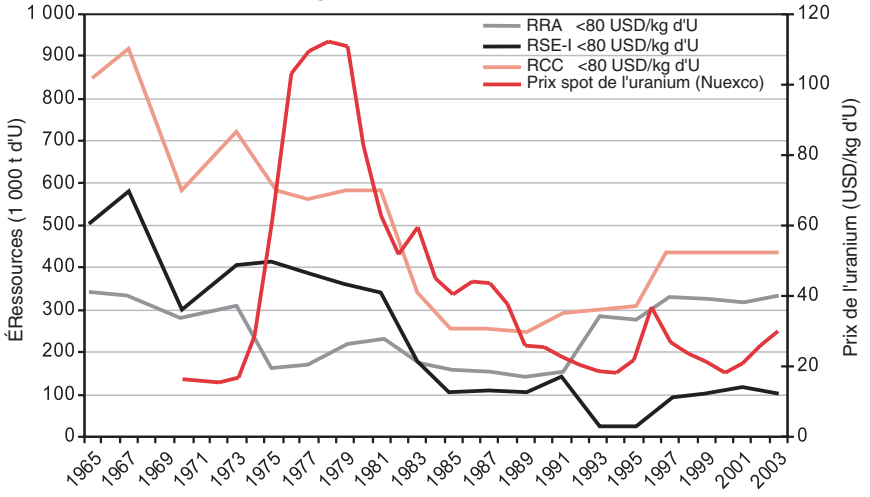
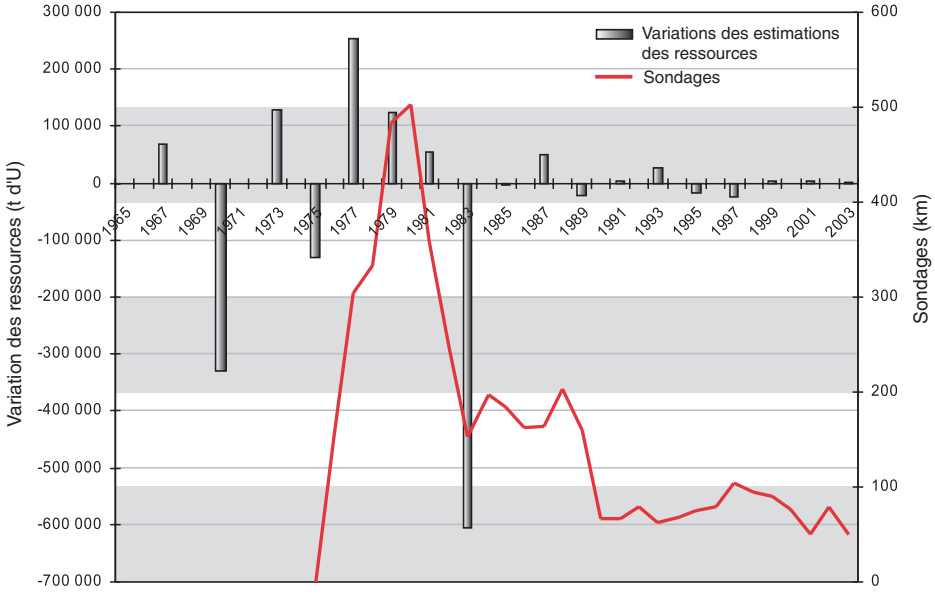


Figure 6.8. RCC et statistiques sur les sondages au Canada (1965-2003)



États-Unis

Les ressources classiques connues (RCC) aux États-Unis ont suivi une courbe ascendante régulière de 1965 à 1979 (figure 6.9). Leur effondrement entre 1981 et 1983 tient à des modifications de la nomenclature des ressources dans le Livre rouge. Comme noté précédemment, la catégorie des ressources supplémentaires estimées qui avait été utilisée depuis 1967 a alors été subdivisée en deux catégories, les RSE-I et les RSE-II. Or, les États-Unis n'ont jamais adopté cette subdivision en RSE-I et RSE-II. Au contraire, en vertu d'un accord avec le Groupe sur l'uranium, les États-Unis ne communiquent que les RSE-II, ce qui explique la perte de 1,21 million de t d'U des RCC entre 1981 et 1983 (figure 6.10). Par conséquent, même si les RCC ont commencé de baisser avec le prix de l'uranium sur les marchés en 1981, la chute précipitée de 1983 correspond à un artifice de comptabilisation et non pas à une diminution des ressources aux États-Unis.

Figure 6.9. Comparaison de l'évolution des ressources aux États-Unis avec les prix de l'uranium sur le marché

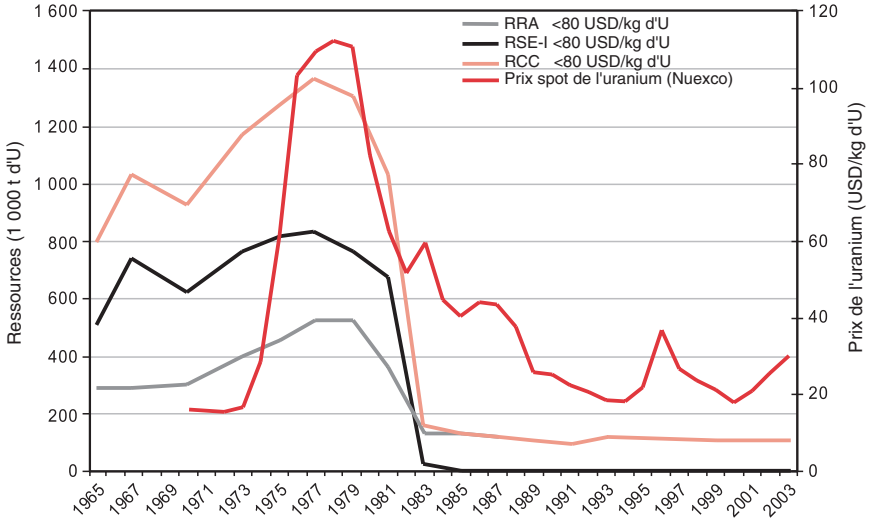
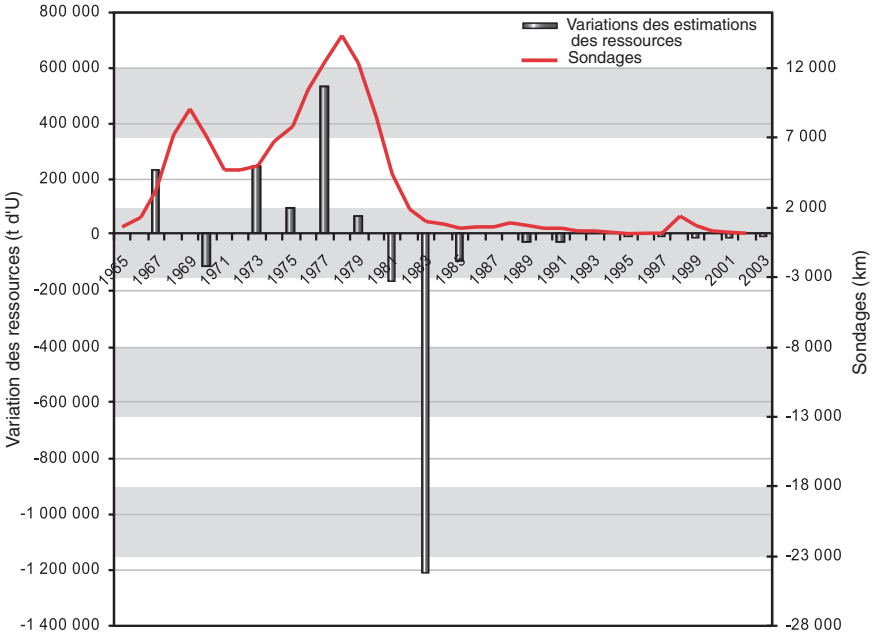


Figure 6.10. RCC et statistiques sur les sondages aux États-Unis (1965-2003)



Autres pays

Les annexes 6.9 et 6.10 contiennent des informations sur les autres pays où les ressources ont fortement varié au fil des années. La base de ressources du Brésil n'a cessé d'augmenter de 1977 à 1983 pour stagner ensuite, notamment parce que ce pays a peu prospecté après 1984 (figure 6.11). La croissance des ressources brésiliennes, à la fin des années 70 et au début des années 80, résulte des programmes de prospection fructueux qu'elle avait engagés et des ressources résultant de découvertes antérieures, c'est-à-dire les gisements de Lagoa Real et d'Itataia.

En France, les ressources ont commencé à diminuer en 1989, soit près de trois ans après le début de la contraction des dépenses de prospection alors que l'extraction minière continuait à les épuiser (figure 6.12). À cette absence de reconstitution des ressources par la prospection, il faut ajouter la réévaluation de la base de ressources du pays et le fait que certaines ressources ont été réaffectées à des catégories de coûts plus élevées ainsi que la fermeture de plusieurs mines.

La Namibie a pour la première fois communiqué ses ressources en 1979. Sa base de ressources a amorcé une régression en 1985 (figure 6.13). Ses ressources ont connu une hausse spectaculaire entre 1993,

Figure 6.11. Comparaison de l'évolution des ressources au Brésil avec les prix de l'uranium sur le marché

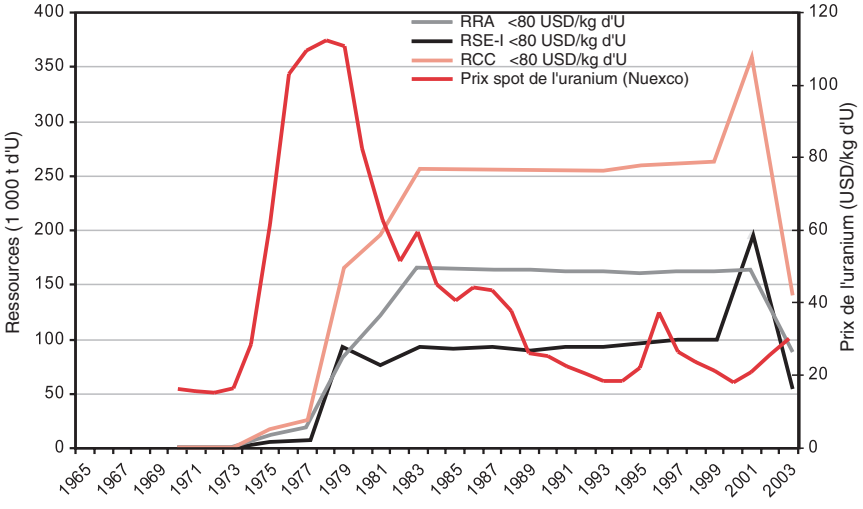
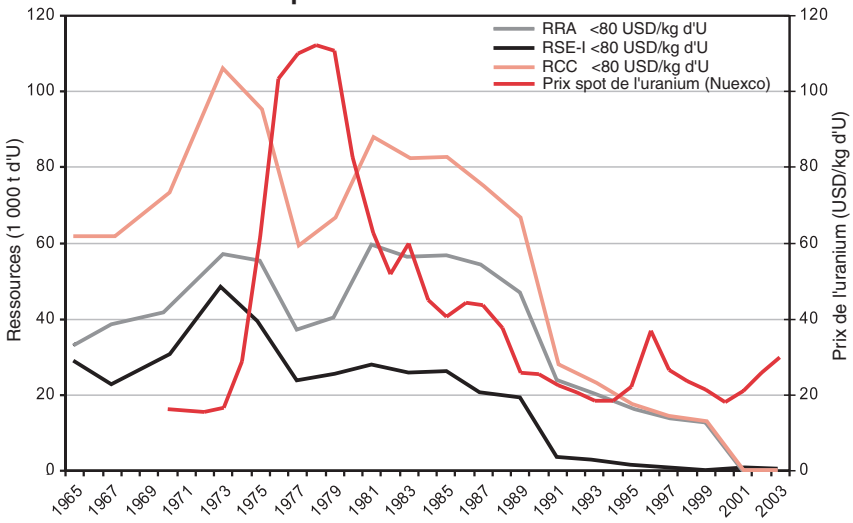


Figure 6.12. Comparaison de l'évolution des resources en France avec les prix de l'uranium sur le marché



période où elles étaient établies d'après des estimations du Secrétariat, et 1995, moment où la Namibie a de nouveau communiqué officiellement ses chiffres. On ignore pourquoi les ressources de ce pays ont augmenté brutalement en 1995 par rapport aux estimations effectuées par le Secrétariat pour l'édition précédente du Livre rouge, car la Namibie n'a pas donné d'explication. Ce pays n'a en effet pas fait état de dépenses de prospection entre 1983 et 1992 et, pour la période s'écoulant de 1992 à 2003, a indiqué un montant de 2,4 millions d'USD seulement. Par conséquent, l'envolée des ressources entre 1993 et 1995 ne peut pas s'expliquer par des découvertes. En revanche, certaines disparités dans les estimations sont probablement dues à des changements politiques (indépendance de la Namibie en 1990).

Les ressources du Niger ont augmenté entre 1975 et 1985, à cause des RRA essentiellement, puis, de nouveau, entre 1983 et 1985, par suite de la progression des RSE-I (figure 6.14). Ce pays a connu une autre augmentation de ses ressources entre 2001 et 2003 qui s'est traduite par des hausses correspondantes des RRA et des RSE-I. On ne possède aujourd'hui encore aucune explication pour ces trois hausses. Le Niger a communiqué des dépenses de prospection nettement supérieures entre 1978 et 1979 ; ces dépenses sont restées à un niveau assez élevé jusqu'en 1981, ce qui pourrait expliquer la croissance des ressources entre 1983 et 1985. Ce pays a de nouveau communiqué des dépenses de prospection en augmentation à partir de 2001, qui n'étaient pas suffisantes cependant pour avoir contribué de manière substantielle à la progression des ressources entre 2001 et 2003.

Figure 6.13. Comparaison de l'évolution des ressources en Namibie avec les prix de l'uranium sur le marché

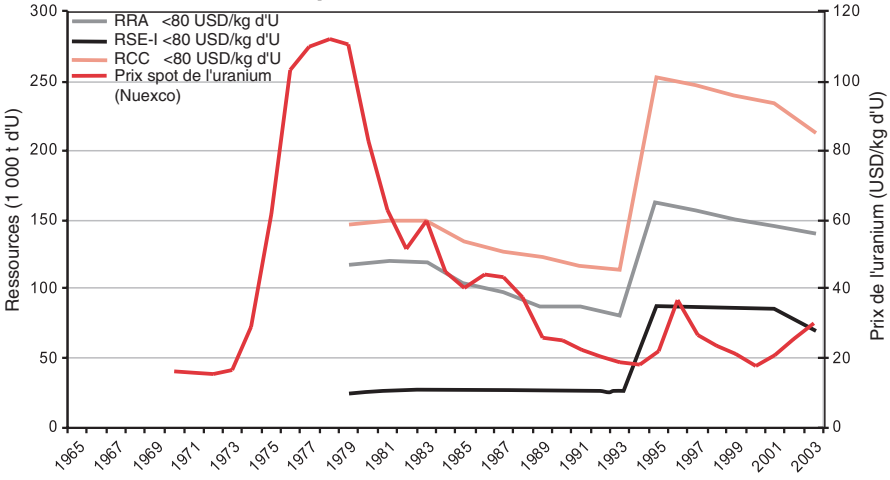
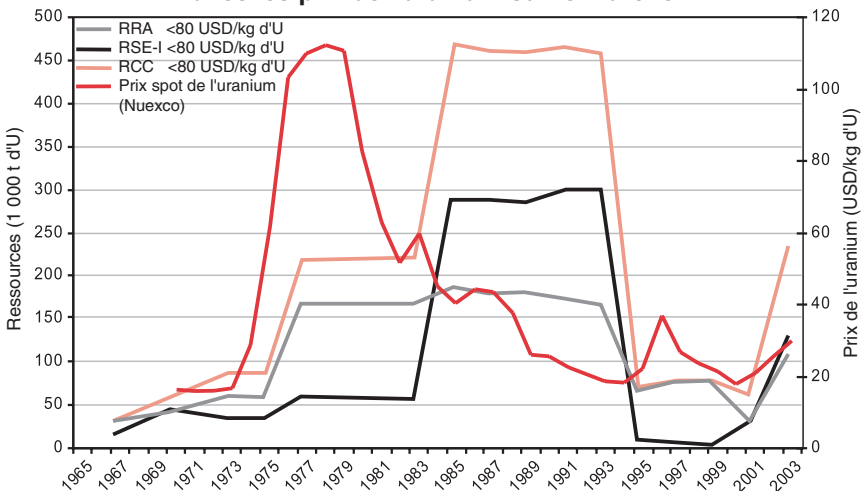
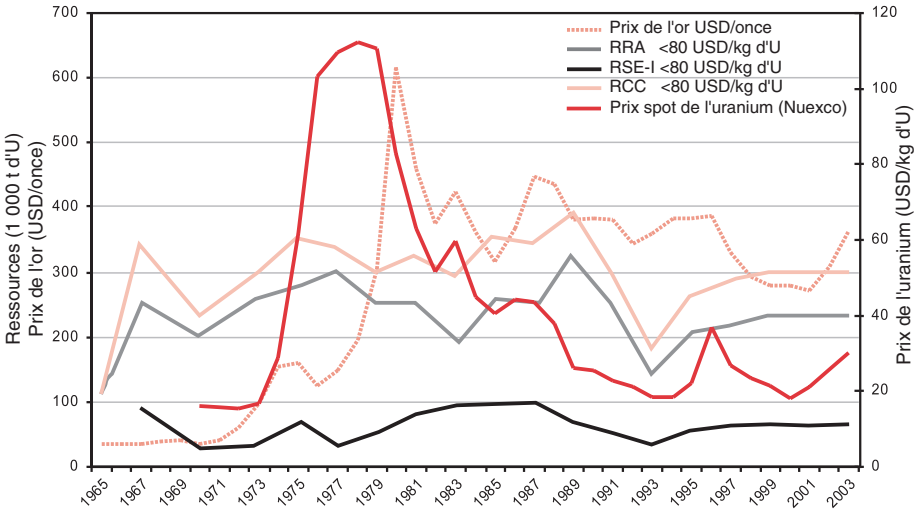


Figure 6.14. Comparaison de l'évolution des resources au Niger avec les prix de l'uranium sur le marché



L'Afrique du Sud est le dernier exemple de pays dont les ressources ont varié avec le temps. Elle constitue un cas particulier car l'uranium n'y est obtenu que sous forme de sous-produit de l'extraction d'or et de l'extraction du cuivre à la mine de Palabora. De ce fait, les estimations des ressources en Afrique du Sud évoluent de manière complexe en fonction du prix de l'or et de la valeur du rand par rapport à celle du dollar américain. Cependant, les variations des ressources en uranium ne semblent pas directement liées au prix de l'or ni au prix de l'uranium, bien que, en 1989, les RCC aient atteint un sommet après la flambée des prix de l'or en 1987 (figure 6.15). À l'exception de la chute de 55 % observée entre 1989 et 1993, les RCC d'Afrique du Sud n'ont pas varié de manière significative avec le temps. Cette stabilité s'explique en partie par le fait que la prospection a pour ainsi dire cessé dans ce pays en 1983. La baisse observée entre 1989 et 1993 résulte d'une réévaluation des ressources destinée à intégrer les coûts de production plus élevés dans les mines d'or de Witwatersrand qui a fait passer les ressources dans une catégorie de coûts plus élevée.

Figure 6.15. Comparaison de l'évolution des ressources en Arique du Sud avec les prix de l'uranium sur le marché

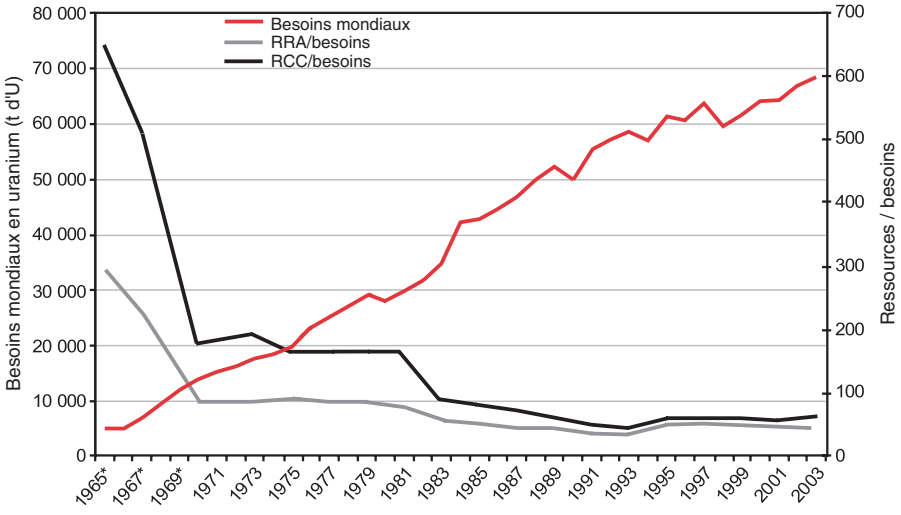


Relations entre ressources et besoins des centrales en uranium

La comparaison entre les ressources en uranium et les besoins des centrales nucléaires constitue une mesure essentielle de l'équilibre futur entre l'offre et la demande. La figure 6.16 permet de comparer le ratio entre les RRA et RCC et les besoins annuels des centrales nucléaires. En 1965, les besoins annuels des centrales ont atteint au total 4 920 t d'U tandis que les RRA atteignaient 1 451 000 t d'U et les RCC 3 209 000 t d'U. Par conséquent, ces ratios étaient égaux à 285 et 651 respectivement pour les RRA et les RCC en 1965. En 1970, ces ratios étaient tombés à 88 pour les RRA et 183 pour les RCC (figure 6.16). Cette baisse est le résultat d'une multiplication par 2,8 des besoins des centrales nucléaires et d'une diminution simultanée de 16 et de 20 % des RRA et des RCC respectivement. En 2003, ces ratios atteignaient 46 et 67 pour les RRA et les RCC respectivement.

D'un point de vue historique, il est évident que, de 1965 à 2003, les ressources en uranium suffisaient largement à satisfaire la demande (figure 6.16). Il est encourageant de voir que le ratio entre les ressources et les besoins est resté pratiquement inchangé depuis les années 90, car on peut en déduire que les RCC se sont enrichies à peu près au même rythme que l'on produisait. Le reclassement des ressources de la Communauté des États indépendants (en une seule fois) a également contribué à rehausser ces RCC. Il importe toutefois de continuer à suivre de très près cet équilibre pour s'assurer qu'il y aura suffisamment de ressources pour satisfaire les besoins futurs. Il importe également de souligner que ces ressources ne représentent qu'une partie des indicateurs de l'offre dans l'équation de l'offre et de la demande. La capacité de production (c'est-à-dire la partie de la chaîne qui consiste à mettre ces ressources sur le marché) joue également un rôle primordial. Cet aspect sera analysé dans un chapitre ultérieur de ce rapport.

Figure 6.16. Ratio entre les ressources en uranium et les besoins annuels en uranium



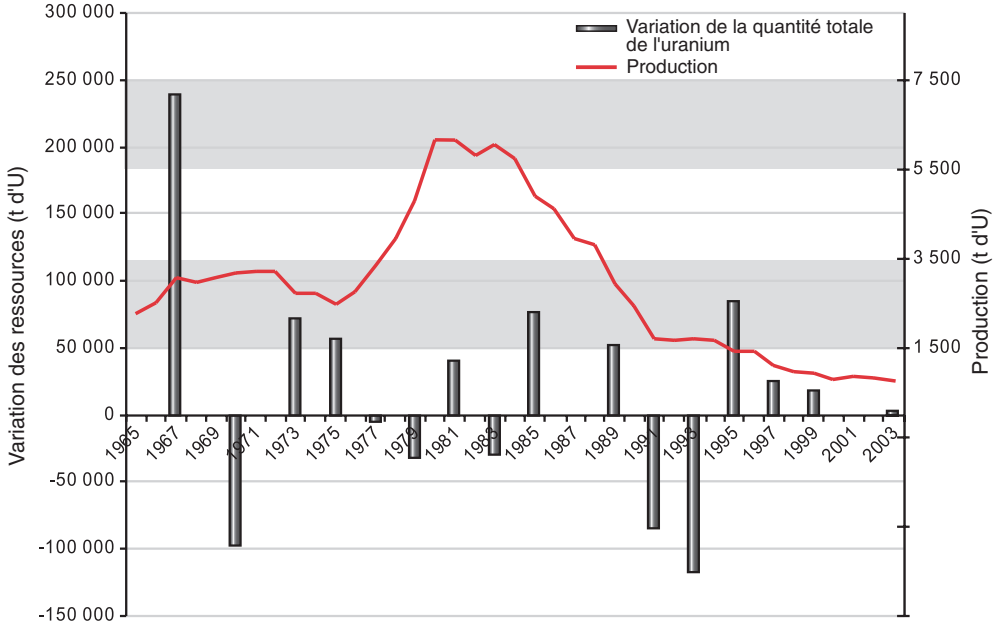
Relations entre ressources et production d'uranium

La prospection permet de reconstituer les ressources qui, elles, sont épuisées par la production. Dans les paragraphes qui suivent, on étudiera la relation entre la production et les variations de la base de ressources dans une sélection de pays. Les annexes 6.9 et 6.10 contiennent des données relatives à la relation entre les RCC et la production pour les pays analysés dans la section qui suit. Les conclusions obtenues pour chacun de ces pays paraissent manquer de logique. En effet, plutôt que de provoquer un épuisement de la base de ressources, la production n'est pour l'essentiel responsable que de faibles modifications au fil des années. Les principaux changements sont imputables à d'autres facteurs que l'épuisement des ressources dû à la production.

Afrique du Sud

En Afrique du Sud, la base de ressources a diminué à plusieurs reprises entre 1970 et 1993 (figure 6.17). On n'a pas d'explication directe de la baisse d'environ 98 000 t d'U des ressources entre 1967 et 1970. La production cumulée au cours de cette période représente au total 9 232 t d'U, soit seulement 10 % de la baisse observée. Les ressources en uranium de l'Afrique du Sud sont si étroitement corrélées aux ressources en or que le recul observé de 1967 à 1970 est probablement le fait d'une réévaluation des ressources en or avant que les prix ne commencent à augmenter. La prospection d'uranium a pratiquement cessé en 1983 dans ce pays. Cela a également contribué aux variations de la base de ressources car, bien que la production n'ait cessé de décroître entre 1983 et 2000, elle n'en a pas moins continué d'épuiser la base de ressources. Comme indiqué précédemment, le creux entre 1989 et 1993 provient d'une réévaluation des ressources correspondant à la hausse des coûts de production dans les mines d'or de Witwatersrand dont la conséquence a été de transférer les ressources en uranium dans des tranches de coûts plus élevées.

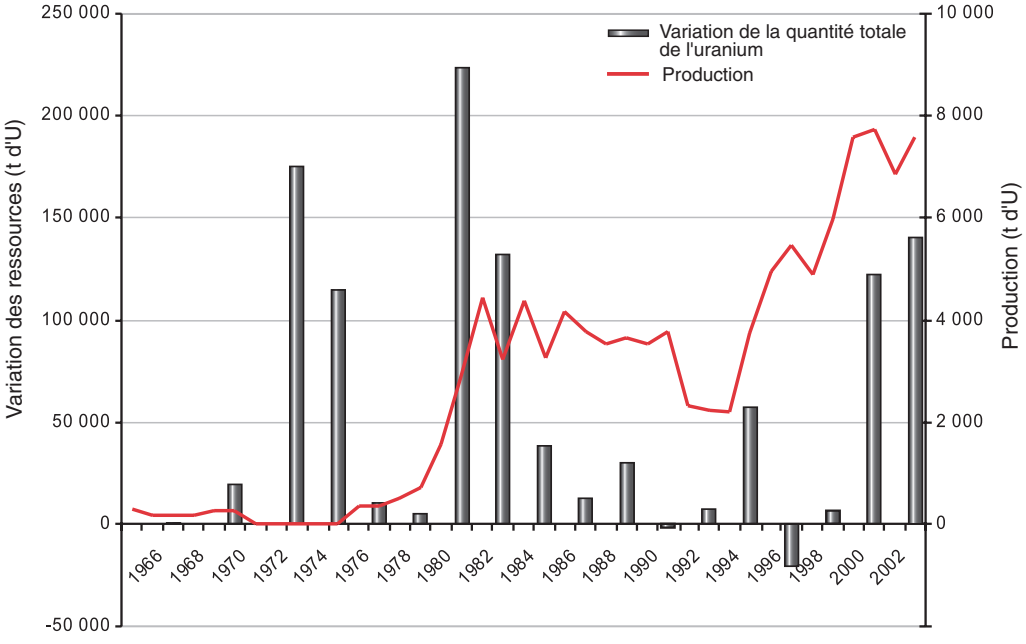
Figure 6.17. Relation entre l'évolution des ressources et la production en Afrique du Sud



Australie

La figure 6.18 permet une comparaison entre la variation de « la quantité totale d'uranium » (RCC plus production cumulée) et la production en Australie. Les variations de la base de ressources ont été, dans la majorité des cas, positives puisque l'épuisement des ressources par la production a été plus que compensé par les nouvelles découvertes et/ou les réévaluations de la base de ressources permettant de faire passer ces dernières dans des fourchettes de coûts inférieures. Les variations de la production correspondent pour l'essentiel à la mise en service de nouvelles mines et/ou à des ajustements de la production en fonction de la conjoncture sur les marchés et des contrats de vente.

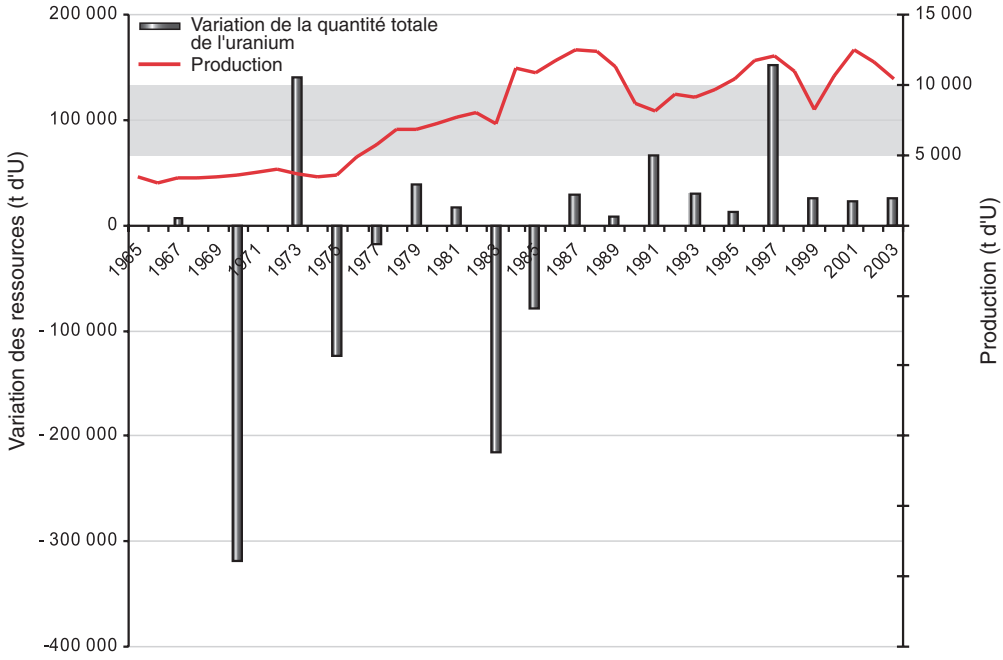
Figure 6.18. Relation entre l'évolution des ressources et la production en Australie



Canada

Contrairement à l'Australie, le Canada a connu davantage de changements négatifs importants de sa base de ressources que de changements positifs (figure 6.19). Toutefois, ces changements étaient indépendants de la production. Entre 1969 et 1970, l'évolution négative observée est, pour l'essentiel, le résultat d'un changement de nomenclature qui a fait que les ressources supplémentaires estimées se limitaient aux ressources existant dans des districts uranifères *connus*. De plus, une partie des ressources situées dans des gisements liés à des conglomérats à galets de quartz sont passées dans des fourchettes de coûts supérieures, et les travaux de prospection dans les districts uranifères connus n'ont pas progressé suffisamment pour permettre d'affecter les ressources en fonction de critères jugés plus restrictifs.

Figure 6.19. Relation entre l'évolution des ressources et la production au Canada

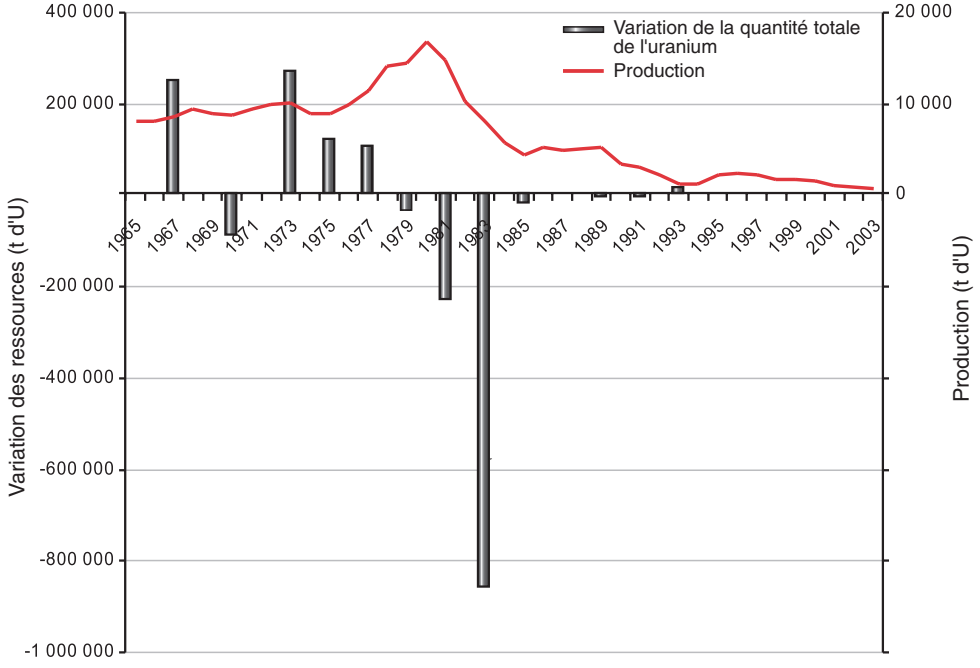


États-Unis

Les États-Unis, ont enregistré d'importantes évolutions négatives des RCC dans trois éditions successives du Livre rouge, 1979, 1981 et 1983 dont aucune ne peut être entièrement attribuée à la production (figure 6.20). Le changement observé entre 1977 et 1979 était, pour l'essentiel, le fait de l'épuisement dû à la production (production cumulée de 40 000 t d'U contre une diminution des ressources de 57 000 t d'U). La perte, entre 1979 et 1981, de 230 000 t d'U se répartit entre les RRA et les RSE. La diminution des RRA récupérables à un coût inférieur à 80 USD/kg d'U s'explique en grande partie par la hausse des coûts qui s'est traduite par une réaffectation de certaines ressources dans des tranches de coûts plus élevées. Il en va de même des RSE. Une redéfinition du périmètre des ressources a été également citée parmi les raisons de cette érosion des RSE.

L'effondrement des ressources entre 1981 et 1983 résulte des modifications de la nomenclature des ressources dans le Livre rouge. La catégorie des ressources supplémentaires estimées qui avait été utilisée depuis 1967 a été subdivisée alors en deux catégories, les ressources supplémentaires estimées – catégorie I (RSE-I) et les ressources supplémentaires estimées – catégorie II (RSE-II). Toutefois, les États-Unis n'ont jamais adopté cette nouvelle subdivision et ont continué de ne communiquer que leurs RSE qui ont été classées dans les RSE-II dans le Livre rouge. Par conséquent, la disparition de 1,21 millions de t d'U dans les RCC résulte du déplacement de ressources dans la catégorie des RSE-II.

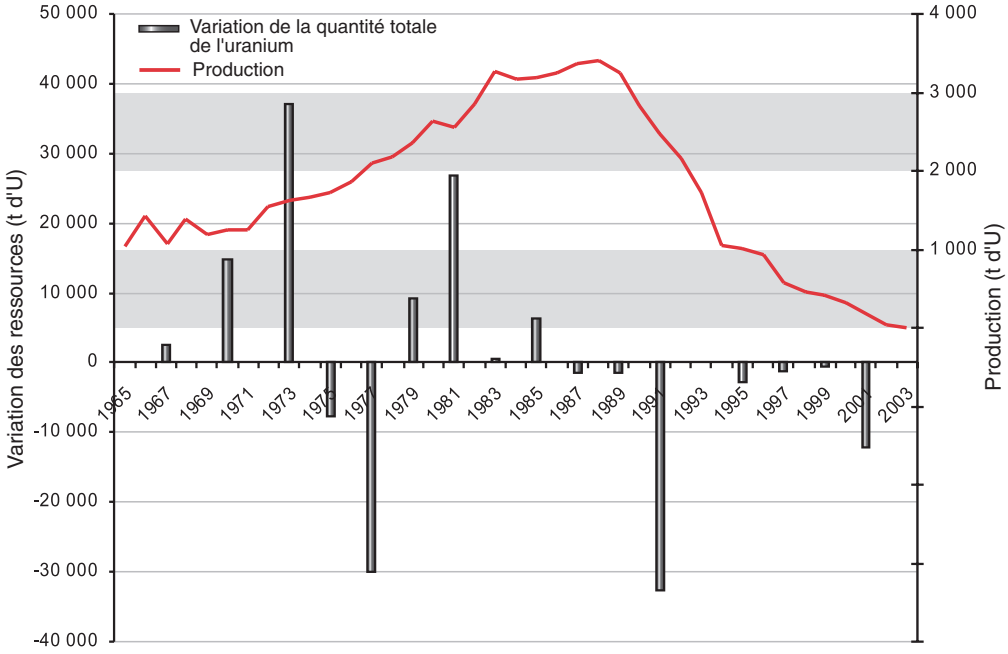
Figure 6.20. Relation entre l'évolution des ressources et la production aux États-Unis



France

La production française a augmenté régulièrement de 1969 à 1988 avant d'entamer une décroissance continue qui a conduit à la fermeture de ses usines de production d'uranium en 2001 (figure 6.21). Pendant que la production augmentait, la France a enregistré plusieurs variations négatives et positives dans l'évolution de ses ressources. Les changements négatifs ne semblent pas néanmoins être directement attribuables à l'épuisement par la production. On n'a aucune explication, par exemple, de la baisse d'environ 30 000 t d'U entre 1975 et 1977. Cette baisse touche tout autant les RRA que les RSE. La production cumulée n'a atteint que 5 700 t d'U entre 1975 et 1977, soit moins de 20 % de la baisse totale. Par conséquent, la production n'est que l'un des facteurs du changement intervenu de 1975 à 1977. L'affaissement des ressources entre 1989 et 1991 s'explique à la fois par l'épuisement que provoque la production et par une réévaluation de la base de ressources due à la réaffectation de certaines d'entre elles dans des fourchettes de coûts plus élevées.

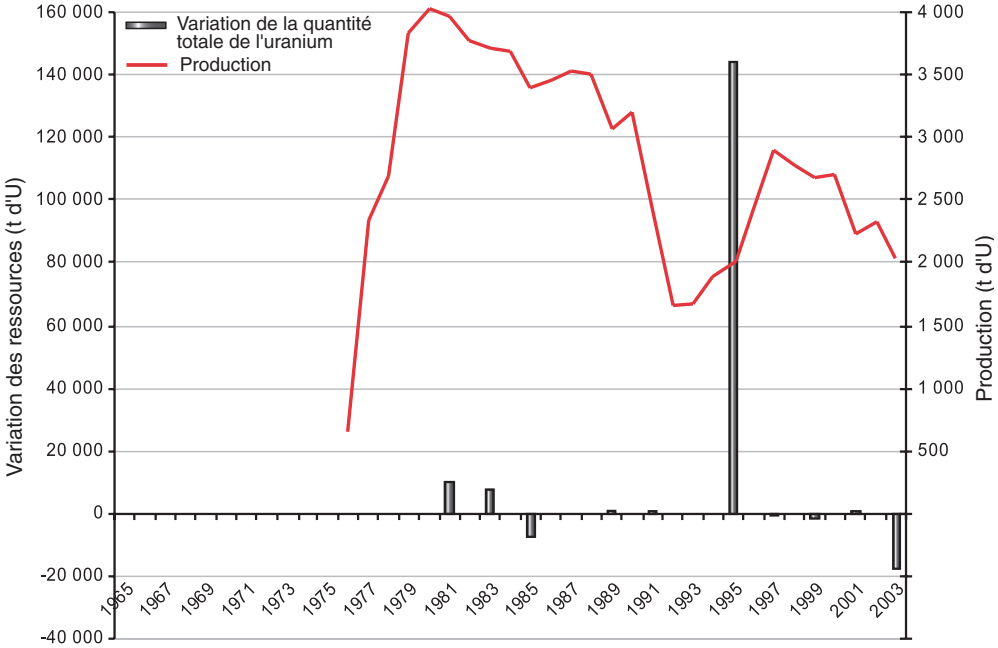
Figure 6.21. Relation entre l'évolution des ressources et la production en France



Namibie

Les évolutions négatives observées dans la base de ressources de la Namibie entre 1982 et 1995 s'expliquent pour l'essentiel par la production au cours de ces années. La prospection limitée dans le pays pendant cette période a exacerbé l'épuisement des ressources (figure 6.22).

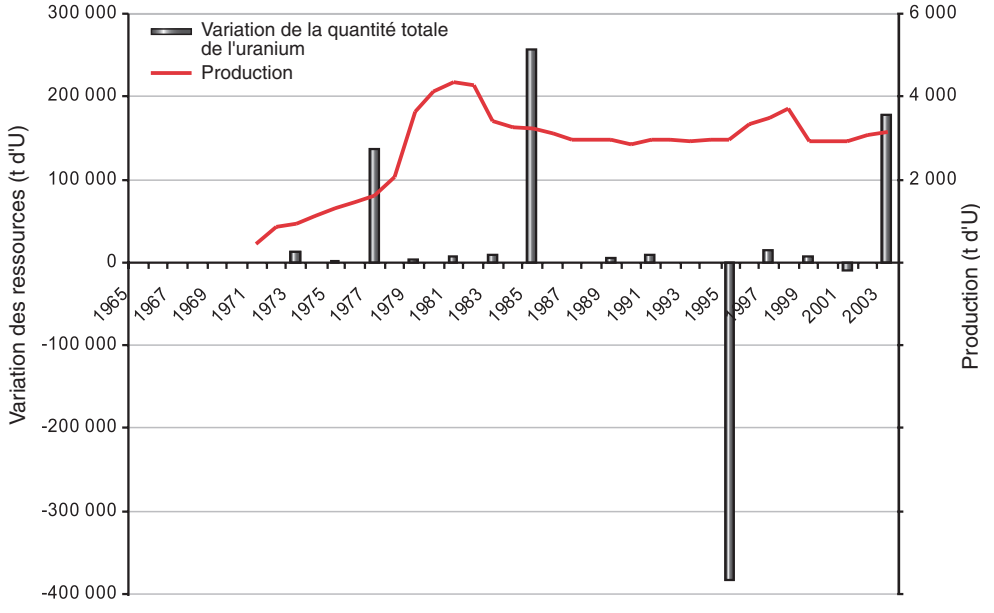
Figure 6.22. Relation entre l'évolution des ressources et la production en Namibie



Niger

L'épuisement dû à la production a eu très peu d'effet sur la base de ressources du Niger où la seule baisse importante des RCC s'est produite entre 1993 et 1995 (figure 6.23). Cette baisse d'environ 386 000 t d'U était attribuée à une réévaluation exhaustive des RCC effectuée par les entreprises exploitantes. En outre, avant 1995, le Niger communiquait les quantités de ressources *in situ* ; à cette date, il a commencé à communiquer le montant de ses ressources récupérables si bien que la diminution des ressources peut s'expliquer partiellement par le fait que, pour la première fois, le pays tenait compte des pertes au cours de l'extraction et du traitement.

Figure 6.23. Relation entre l'évolution des ressources et la production au Niger



Conclusions concernant la comptabilisation des ressources

La nomenclature des ressources en uranium et les tranches de coûts utilisées ont évolué avec le temps au gré des changements intervenus sur les marchés de l'uranium et des progrès des techniques d'estimation des ressources. Ces variations dans la nomenclature des ressources mais aussi l'évolution du nombre de pays communiquant leurs quantités de ressources rendent difficiles des comparaisons à long terme des montants totaux de ces ressources. Il existe néanmoins des périodes assez longues pendant lesquelles certaines catégories de ressources restent inchangées et qui se prêtent donc à une analyse de tendances. Les analyses décrites dans ce chapitre autorisent quelques conclusions :

- La subdivision des ressources en fonction de leur fiabilité a aidé à compenser la subjectivité des estimations des ressources et de leur communication.
- Les tendances générales établies pour tous les pays communiquant leurs ressources dans une catégorie ou une fourchette de coûts sont utiles pour des corrélations entre ces ressources et des paramètres tels que le prix de marché, les dépenses de prospection et la production. Toutefois, les réponses concernant des revirements brusques de tendances sont le plus souvent à trouver dans les rapports ou les statistiques de chaque pays.
- S'il existe incontestablement une relation globale entre les montants totaux des ressources et la prospection, il est difficile d'établir un lien direct entre une variation des montants totaux des ressources et des tendances ou périodes spécifiques de la prospection. Une découverte peut être précédée de plusieurs années de prospection. Une fois le gisement découvert, l'estimation des ressources dure encore plusieurs années. Par conséquent, l'augmentation des ressources correspond en général à des dépenses de prospection qui ont eu lieu plusieurs années auparavant.
- Les prix de marché se répercutent indirectement sur les ressources car ils ont un effet sur les dépenses de prospection. Toutefois, en raison du délai nécessaire entre la prospection et la communication des ressources en question, cette relation n'est pas souvent perceptible immédiatement.
- L'épuisement des ressources par la production n'a pas encore provoqué une insuffisance de l'offre. En fait, malgré une production cumulée de 2 204 732 t d'U de 1945 à 2003, le ratio entre les RCC et les besoins des centrales en 2003 est resté de 52. Le ratio moyen depuis 1985 se situe à 47, et l'on peut donc penser que l'augmentation des ressources a suivi le rythme de la production. Toutefois, comme un ratio satisfaisant aujourd'hui ne garantit pas que les ressources seront suffisantes à l'avenir, il convient de suivre ce paramètre de près.

7. PRODUCTION D'URANIUM

L'élément uranium a été découvert en 1789, mais ses applications se limitaient essentiellement aux émaux céramiques et à la coloration du cristal jusqu'à la découverte de la radioactivité par Ernst Rutherford à la fin du 19ème siècle. Lorsque le radium fut mis en évidence par Marie Curie au début du 20ème siècle, l'uranium fut exploité pour extraire le radium, et l'exploitation de l'uranium connut ainsi son premier "boom". L'ère moderne de la production d'uranium commença avec la découverte de la fission de l'uranium en 1938 qui trouva peu après des applications militaires. À partir des premières recherches à des fins militaires, la production d'uranium connut en moins de 25 ans une série de changements spectaculaires qui firent d'Un produit de faible intérêt commercial un produit stratégique majeur avant qu'il ne devienne ce qu'il est encore aujourd'hui, un combustible pour la production d'électricité.

Chaque évolution des utilisations de l'uranium a suscité un intérêt accru pour sa prospection et apporté des améliorations de ses techniques d'extraction. Au début des années 40, la demande militaire d'uranium était satisfaite principalement par la riche pechblende des gisements de Shinkolobwe au Congo belge et du Grand lac de l'Ours au Canada. Les premières méthodes de récupération de l'uranium étaient très primitives par rapport aux normes actuelles et se fondaient sur une technique d'extraction à l'éther adaptée de procédés analytiques nécessitant de multiples étapes de précipitation sélective. Les coûts de traitement étaient élevés pour un très faible rendement de récupération selon les critères actuels.

Les efforts de recherche en vue d'améliorer les techniques de traitement de l'uranium, en grande partie stimulés par les premiers besoins militaires et bénéficiant de l'aide des gouvernements dans différents pays du monde, se sont développés rapidement. Dans le monde à économie de marché, des programmes de développement de procédés ont commencé presque simultanément en Afrique du Sud, en Australie, au Canada, aux États-Unis, en France et au Royaume-Uni. L'Union soviétique avait également lancé ce type de programmes. Globalement, ces efforts ont conduit à un accroissement de l'utilisation des minerais à plus basse teneur qu'auparavant, provoquant ainsi une augmentation substantielle de la base de ressources en uranium.

On estime que la production d'uranium représentait au total 507 t d'U en 1945. À la date de la publication du premier Livre rouge en 1965, la production totale était de 31 564 t d'U et, en 1980, elle culminait à 69 692 t d'U produits par 22 pays. En 2003, la production annoncée par 19 pays représentait un total de 35 492 t d'U. Depuis 1945, 35 pays différents ont produit de l'uranium. Le tableau 7.1 contient la liste des principaux pays producteurs d'uranium, en termes de production cumulée, entre 1945 et 2003.

Tableau 7.1. Principaux pays producteurs 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. Comprend la production de la RDA (1946-1989) et de la RFA (1961-2003).

Les techniques de production de l'uranium ont fait des progrès sensibles dans tous les domaines depuis l'époque où les minerais à teneur élevée étaient triés manuellement pour fournir la matière première destinée à des usages militaires. De nos jours, le minerai d'uranium est récupéré par des méthodes d'extraction à ciel ouvert ou en souterrain et par lixiviation *in situ*. Les risques d'irradiation associés aux minerais à forte teneur du Bassin d'Athabasca au Canada ont nécessité de recourir à des méthodes perfectionnées d'exploitation à distance comme le forage au jet d'eau et en grand diamètre, permettant d'éviter que les mineurs ne pénètrent dans le gisement. De la même manière, le traitement à distance du minerai d'uranium dans les circuits de broyage et de concassage diminue sensiblement les risques d'exposition. Des innovations semblables ont été apportées au traitement de l'uranium, si bien que des facteurs de récupération de 90 à 99 % sont maintenant la règle plutôt que l'exception. En outre, les risques d'exposition des travailleurs aux rayonnements ont été sensiblement réduits. Les minerais des mines souterraines et à ciel ouvert sont le plus souvent traités par des méthodes classiques, mais de faibles quantités d'uranium sont récupérées chaque année par des techniques de lixiviation en tas en surface et de lixiviation en gradins en souterrain.

Des améliorations technologiques semblables ont été apportées pour atténuer l'impact de l'exploitation et du traitement de l'uranium sur l'environnement. Ainsi, le stockage souterrain des résidus du traitement de l'uranium réduit sensiblement les risques à long terme pour l'environnement. De même, le système d'enveloppe drainante qui est maintenant employé au Canada pour la gestion des déchets réduit les risques de contamination des eaux souterraines occasionnés par leur stockage. En disposant de manière judicieuse des puits de surveillance autour des installations de lixiviation *in situ*, il devient possible de détecter rapidement les écoulements de solution lixiviante hors de la zone lixiviée ou une contamination éventuelle des couches aquifères supérieures ou inférieures. Enfin, une surveillance améliorée du personnel d'exploitation grâce au port de dosimètres et à une meilleure tenue des dossiers contribue à la sécurité des mineurs et du personnel des installations de traitement.

Les pays producteurs d'uranium ont changé sensiblement au cours des années : de nouveaux pays sont apparus et d'autres ont disparu, soit parce que leurs ressources étaient épuisées, soit parce que les coûts de production étaient supérieurs au prix de marché. Le tableau 7.2, où est portée la production des principaux pays producteurs qui représentaient entre 94 et 98 % de la production annuelle mondiale entre 1965 et 2003, récapitule certains changements intervenus dans l'industrie de l'uranium. On trouvera à l'annexe 7.1 des informations complètes sur la production annuelle d'uranium de chaque pays de 1945 à 2003.

Tableau 7.2. Historique de la production des principaux pays producteurs d'uranium (t d'U/an)

Pays	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Afrique du Sud	2 262	3 167	2 488	6 146	4 880	2 460	1 421	798	763
Allemagne (RDA+RFA)	7 090	6 389	6 884	5 245	4 470	2 972	35	28	150
Australie	285	254	0	1 561	3 252	3 519	3 700	7 579	7 573
Canada	3 418	3 520	3 560	7 150	10 880	8 729	10 473	10 683	10 455
Chine	500	500	500	850	800	800	500	700	730
États-Unis	8 033	9 900	8 900	16 800	4 300	3 420	2 324	1 522	769
France	1 032	1 250	1 731	2 634	3 189	2 841	1 016	296	9
Namibie	0	0	0	4 042	3 400	3 211	2 016	2 715	2 037
Niger	0	0	1 306	4 120	3 181	2 839	2 974	2 914	3 157
Rép. tchèque (y compris Tchécoslovaquie)	2 839	2 627	2 402	2 482	2 623	2 142	600	507	452
URSS	4 300	8 300	13 000	15 700	15 900	14 500	x	x	x
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	1 630	1 870	3 327
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	1 644	2 028	1 603
Russie, Fédération de	x	x	x	x	x	x	2 160	2 760	3 073
Ukraine	x	x	x	x	x	x	800	750	800
Sous-total (principaux producteurs)	**29 759**	**35 907**	**40 771**	**66 730**	**56 875**	**47 433**	**31 293**	**35 150**	**34 898**
Total monde	**31 564**	**37 736**	**43 208**	**69 692**	**60 202**	**50 026**	**32 942**	**35 755**	**35 492**
% du total monde	**94**	**95**	**94**	**96**	**95**	**95**	**95**	**98**	**98**

Évolution de la production d'uranium et prix de marché

On estime à 507 t d'U la production totale d'uranium en 1945. Elle a culminé en 1980 avec 69 692 t d'U pour s'affaisser progressivement ensuite jusqu'à 31 503 t d'U en 1994 (figure 7.1). Entre 1994 et 2003, la production totale annuelle a varié dans une fourchette étroite allant de 31 500 à 37 000 t d'U, ne suivant qu'à peu près l'évolution du prix de marché. L'augmentation de la production n'a débuté qu'en 1975, en retard par rapport à l'envolée des prix qui avait commencé en 1973, et elle a été bien moins spectaculaire. La production a amorcé une forte chute en 1987, sept ans après l'effondrement spectaculaire des prix. Cette disparité entre l'évolution du prix de l'uranium et celle de la production annuelle s'explique par plusieurs raisons. On notera tout d'abord que les producteurs des pays à économie planifiée sont relativement moins affectés par le prix de marché. En outre, les producteurs bénéficiant de contrats à long terme, les plus courants, et de conditions très supérieures aux prix déclinants, peuvent poursuivre leurs activités aussi longtemps que ces contrats restent en vigueur. En revanche, dès que ces contrats à prix avantageux viennent à expiration, les producteurs sont de nouveau exposés aux vicissitudes du marché. Entre 1945 et 2003, la production mondiale cumulée d'uranium a représenté 2 204 732 t d'U.

La figure 7.2 montre les contributions relatives à la production annuelle des différents systèmes économiques ; la production des pays à économie de marché accuse des variations nettement plus prononcées que celle des pays à économie planifiée.

La production d'uranium des différents centres de production peut être de temps à autre ajustée grossièrement aux volumes négociés dans les contrats de vente. En outre, la production minière ne suffit pas toujours à faire tourner les installations de traitement à leur capacité prévue. Il arrive donc parfois que la production annuelle soit inférieure à la capacité de production. La capacité de production au sens du présent rapport désigne le niveau de production nominal (exprimé en t d'U/an), fondé sur la conception de l'usine et des installations, au cours d'une période prolongée dans des conditions normales d'exploitation commerciale. Les centres de production existants sont ceux en état de fonctionner ; cette catégorie comprend aussi des installations fermées mais qui pourraient facilement être remises en service. La capacité de production indiquée est établie au 1er janvier de chaque année, de sorte que la production des années précédentes peut parfois être supérieure à la capacité indiquée les années qui suivent si, entre temps, la capacité de production de l'installation a été modifiée.

Figure 7.1. Relations entre l'évolution de la production et le prix de l'uranium sur le marché

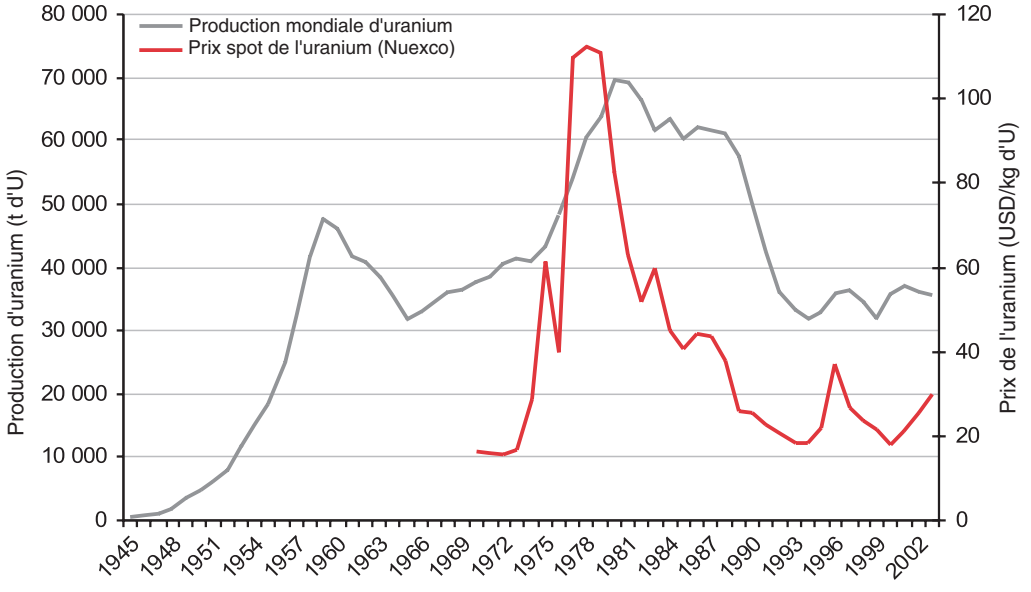


Figure 7.2. Contributions des différents systèmes économiques à la production mondiale d'uranium

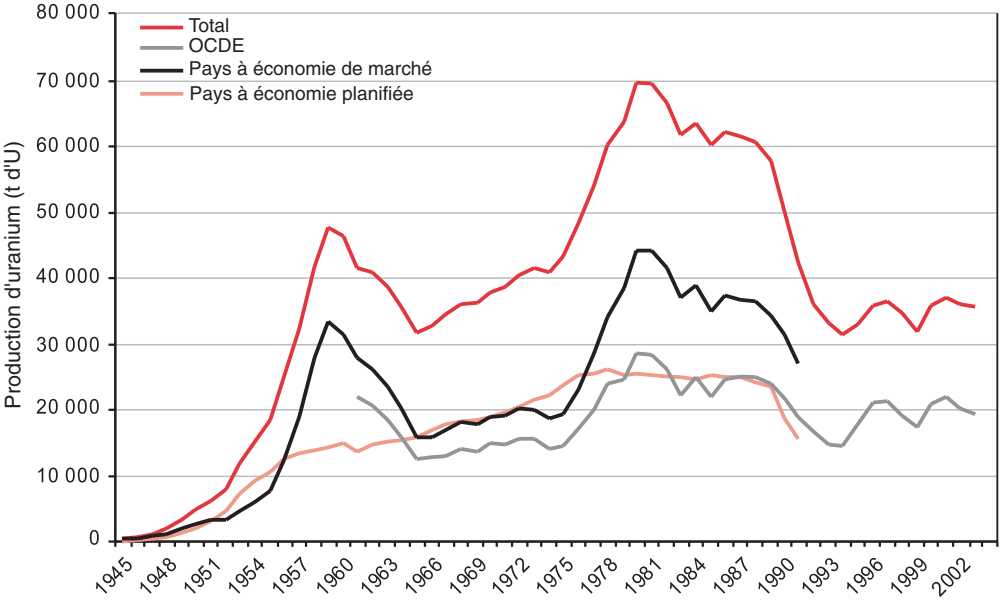
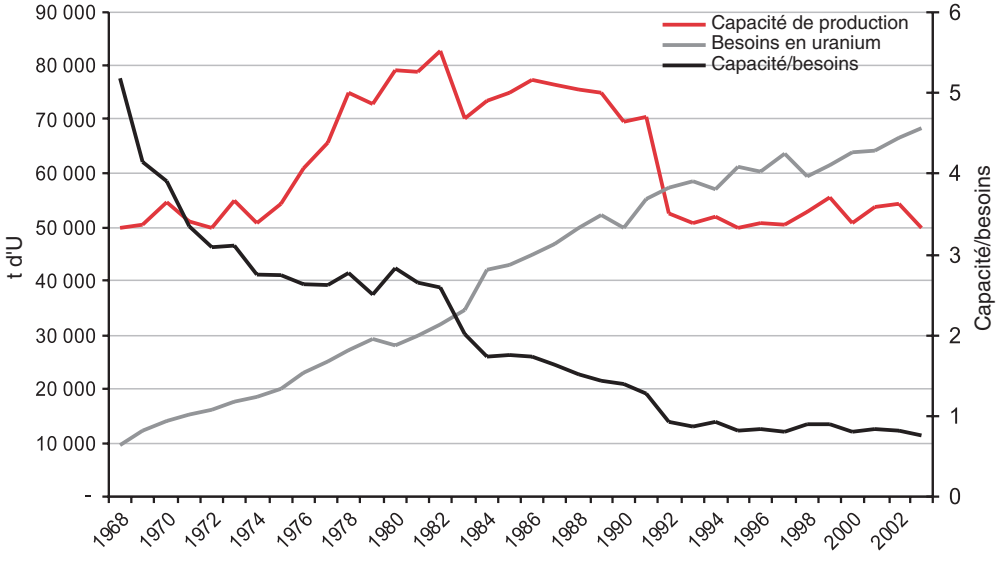


Figure 7.3. Comparaison entre la capacité de production annuelle et les besoins en uranium des centrales

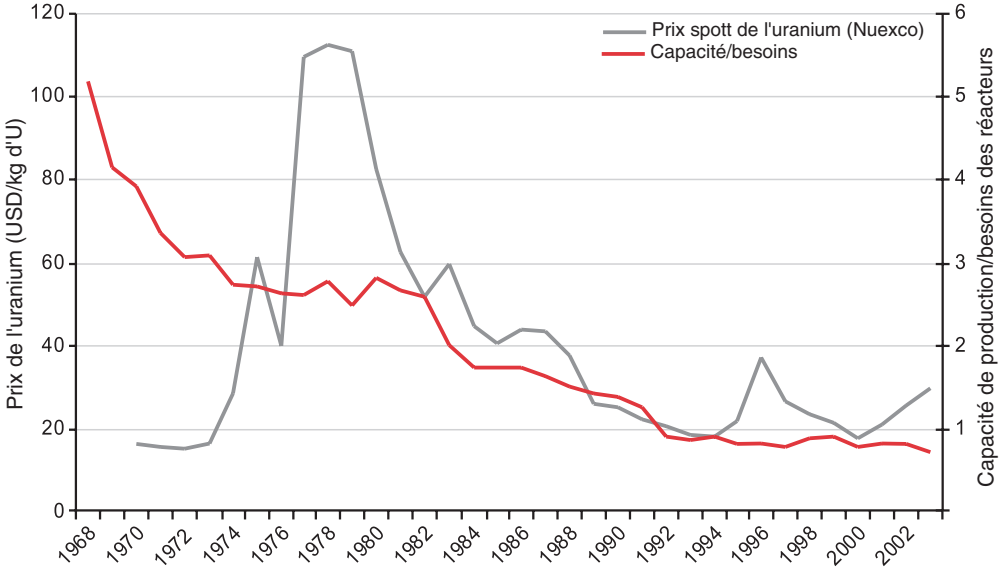


L'annexe 7.2 donne les statistiques annuelles de la capacité de production mondiale entre 1968 et 2003. La figure 7.3, qui compare la capacité de production annuelle aux besoins mondiaux en uranium, montre que cette capacité dépassait les besoins entre 1968 et 1992. Toutefois, sauf dans la période de 1972 à 1984, le rapport entre la capacité et les besoins a diminué régulièrement jusqu'à devenir inférieur à un à partir de 1992. Cette diminution s'explique par une augmentation constante des besoins et une plus grande irrégularité de la capacité de production. Entre 1974 et 1982 la capacité a augmenté fortement pour pouvoir satisfaire les futurs besoins associé à la croissance rapide de l'énergie nucléaire que l'on prévoyait. Ces espoirs ont été cependant contrariés par les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl, après lesquels la capacité a décliné ou est restée stable entre 1983 et 1991. La forte baisse de la capacité entre 1991 et 1993 résulte de la fermeture de mines ou d'installations de traitement en République démocratique allemande, au Kazakhstan et en Ouzbékistan. Par la suite, les fermetures de mines ou d'installations de traitement au Gabon, en Europe occidentale et aux États-Unis ont été compensées par la création de nouveaux centres de production ou le développement d'activités existantes en Australie et au Canada.

Après la fin de la guerre froide, des quantités croissantes d'uranium jusqu'alors stockées à des fins militaires sont devenues disponibles pour des applications commerciales. En outre, on prélevait de plus en plus sur les stocks commerciaux d'uranium. Ces « sources secondaires » d'uranium déjà extrait ont largement remplacé la production primaire après 1991, provoquant un fléchissement des prix qui a entraîné à son tour la fermeture des centres de production trop chers. Cette pression à la baisse a duré jusqu'en 2001. À partir de 1992 (figure 7.3), la capacité de production était inférieure aux besoins. Les prix sont repartis à la hausse après 2001, entraînant des plans d'augmentation des capacités théoriques de production dont on n'a pas encore pu percevoir les effets parce qu'ils se manifesteront avec un certain retard.

Le prix de marché est une mesure indirecte de la demande. Après l'ajustement des prix de marché entamé en 1981 à la suite de l'accident de Three Mile Island, l'évolution de l'utilisation de la capacité et celle du prix de marché ont sensiblement coïncidé (figure 7.4). La baisse des prix s'est poursuivie dans les années 80 et au début des années 90 lorsque les prélèvements sur les stocks et les autres sources d'approvisionnement secondaires sont venus concurrencer l'approvisionnement primaire. Les producteurs ont adapté leur production (voire fermé leurs installations dans certains cas) en fonction du prix et de la demande.

Figure 7.4. Relation entre l'utilisation de la capacité et le prix de marché



Relations entre l'offre et la demande

Comme la production n'est pas toujours égale à la capacité, il est tout aussi important d'étudier comment s'équilibrent les besoins en uranium des centrales et la production annuelle (figure 7.5). Dans l'idéal, on s'attendrait à ce que ces deux courbes coïncident à peu près, avec un léger avantage de la production sur les besoins pour disposer d'un stock stratégique permettant de compenser les ruptures de l'offre ou d'autres phénomènes imprévus. Or, on observe au contraire une grande disparité entre l'offre et la demande, la production dépassant la demande jusqu'en 1990, date à laquelle cette relation s'inverse.

La production d'uranium à ses débuts était destinée à satisfaire les besoins militaires de matières nucléaires : le premier réacteur civil est entré en service en 1957 seulement. Répondre aux besoins militaires est demeuré la principale raison d'extraire de l'uranium au moins jusqu'au milieu, voire la fin des années 60. À partir du début des années 70, l'exploitation de l'énergie nucléaire à des fins civiles a pris autant d'importance que les besoins militaires dans la partie demande de l'équation offre-demande. En revanche, la composante militaire a continué de contribuer à la disparité entre la production et les besoins des centrales. Par ailleurs, entre 1973 et 1975, le prix de l'uranium a triplé en raison de la perspective d'une pénurie de l'offre due à la multiplication rapide des commandes de réacteurs (figure 7.1). La production s'est accrue dans les mêmes proportions deux à trois ans après, creusant encore l'écart entre la production et les besoins.

Les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl ont provoqué l'annulation de commandes de réacteurs, et la production a commencé à décliner en 1982 à mesure que l'industrie s'ajustait à cette nouvelle réalité. On ne sait pas exactement quelle était la part destinée aux programmes militaires dans la production totale. On peut affirmer cependant avec certitude qu'après 58 années de production supérieure aux besoins – 2 204 732 t d'U contre 1 513 327 t d'U – il existe d'importants stocks d'uranium déjà extrait, tant militaires que civils (figure 7.6).

Cependant, vers la fin des années 80, les compagnies d'électricité explitant des centrales nucléaires, qui détenaient la majeure partie des stocks civils, ont commencé à puiser dans leurs stocks, ce qui a fait chuter la demande d'uranium primaire, c'est-à-dire d'uranium produit à partir de minerai nouvellement extrait. Pendant que la production baissait, la demande continuait d'augmenter, provoquant en 1990 le basculement d'une situation excédentaire à un déficit entre la production primaire et les besoins. L'écart entre l'offre primaire et la demande est passé d'environ 13 000 t d'U en 1991 à près de 33 000 t d'U en 2003. À cette date, la production (offre primaire) ne satisfaisait qu'environ 52 % des besoins des centrales nucléaires et l'offre secondaire assurait le complément.

Offre secondaire

L'offre secondaire, c'est-à-dire l'uranium déjà extrait, correspond à la matière déjà stockée ou déjà utilisée, mais retraitée afin d'être réutilisable. C'est le Livre rouge de 1983 qui aborde pour la première fois de façon concrète la question de l'offre secondaire qui regroupe les catégories suivantes :

- les stocks d'uranium naturel et enrichi, d'origine tant civile que militaire ;
- l'uranium et le plutonium obtenus par retraitement du combustible usé des réacteurs ou à partir des excédents de plutonium de qualité militaire ;
- l'uranium produit par ré-enrichissement des résidus d'uranium appauvri.

L'offre secondaire a commencé à jouer un rôle important pour satisfaire la demande dès le début des années 80. Le ratio entre la production et les besoins est tombé de près de 2,5 en 1980 à 1,0 en 1990 (figure 7.7). Les prélèvements opérés sur les stocks expliquent l'essentiel de ce recul. Après 1990, le déficit entre la production primaire et les besoins s'est creusé et il a été comblé en faisant appel à l'offre secondaire (figure 7.5).

Figure 7.5. Production annuelle et besoins des centrales dans le monde (1945-2003)

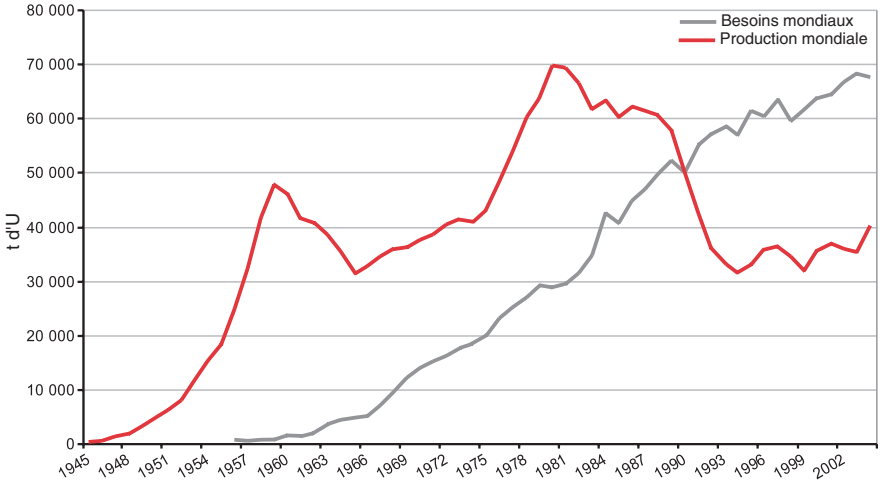


Figure 7.6. Production mondiale et besoins cumulés (1945-2003)

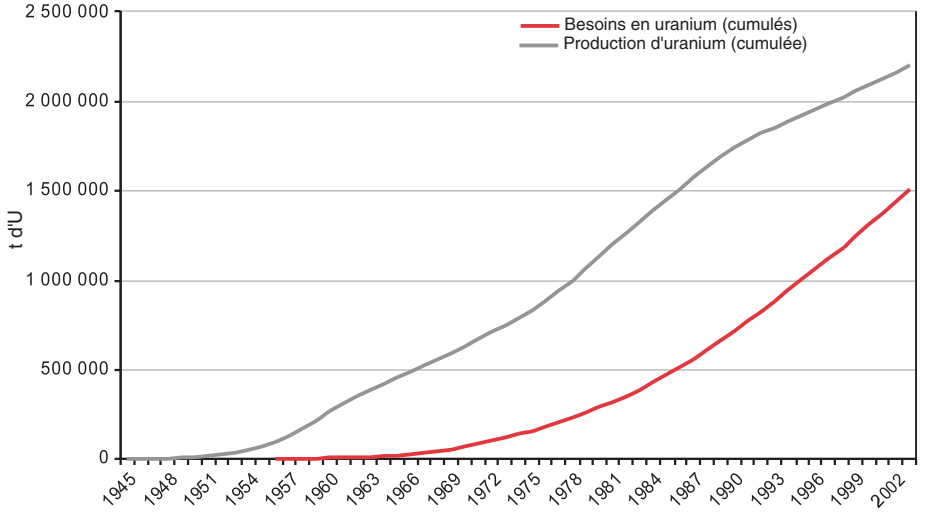
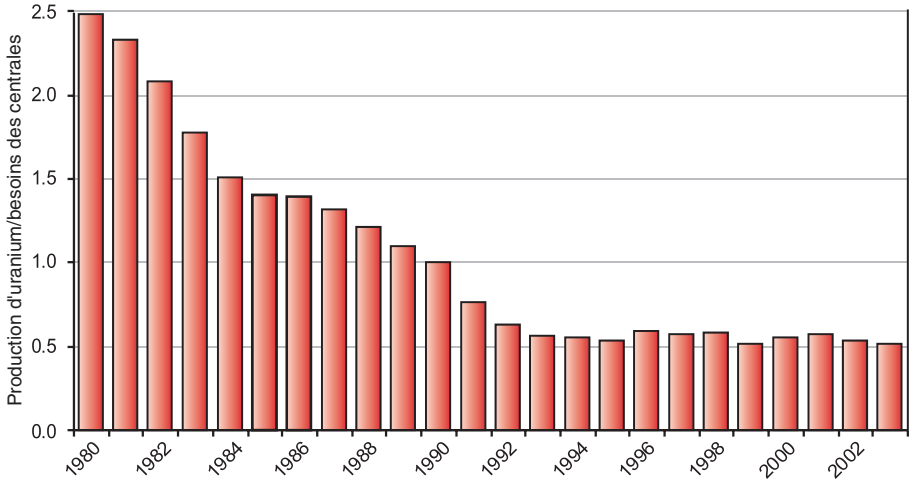


Figure 7.7. Ratio entre la production et les besoins en uranium des centrales (1980-2003)



Stocks d'uranium naturel et enrichi d'origine civile et militaire

Les stocks d'uranium sont traités plus en détail au chapitre 8 et cette section se limite à un bref aperçu sur l'uranium hautement enrichi.

En février 1993, les États-Unis et la Fédération de Russie ont signé un accord intergouvernemental portant sur le traitement final de l'uranium hautement enrichi (UHE) issu de l'armement nucléaire et prévoyant de transformer par mélange, sur une période de 20 ans, 500 tonnes métriques d'UHE en uranium faiblement enrichi (UFE) en vue de son utilisation pacifique dans des réacteurs industriels. L'UFE résultant de ce processus représente l'équivalent d'environ 153 000 t d'U et de 92 millions UTS (unités de travail de séparation) de services d'enrichissement. En 2002, les États-Unis et la Russie ont approuvé un amendement au contrat destiné à mettre en oeuvre cet accord. Entré en vigueur en janvier 2003, cet amendement prévoit des conditions tarifaires reposant sur les mécanismes du marché pour la fourniture programmée de l'uranium faiblement enrichi obtenu à partir de 30 tonnes d'UHE par an.

En outre, les États-Unis se sont engagés à assurer le traitement final d'environ 174 tonnes d'excédents d'UHE, dont quelque 153 tonnes devraient, selon les plans, être appauvries par mélange pour être utilisées comme combustible faiblement enrichi dans des réacteurs de recherche et des réacteurs industriels et 21 tonnes évacuées comme déchets.

Combustible nucléaire obtenu par retraitement du combustible usé des réacteurs et à partir des excédents de plutonium de qualité militaire

Les éléments contenus dans le combustible usé provenant des centrales constituent une source de matière fissile potentiellement importante qui pourrait remplacer la production primaire d'uranium. Lorsque le combustible est déchargé d'un réacteur industriel, il peut être recyclé puisqu'il contient encore environ 96 % de la matière fissile primitive ainsi que le plutonium produit par fission. Ce plutonium recyclé peut être réutilisé dans des réacteurs autorisés à employer du combustible à mélange d'oxydes (MOX).

L'utilisation du combustible MOX n'a pas encore sensiblement modifié la demande mondiale d'uranium, car seul un nombre relativement faible de réacteurs utilisent ce type de combustible. En outre, la présence d'isotopes du plutonium qui ne peuvent pas être fissionnés par le spectre neutronique présent dans les réacteurs à eau ordinaire et l'accumulation d'éléments indésirables, en particulier le curium, limitent le nombre de recyclages permis par les techniques actuelles de retraitement et par la conception actuelle des réacteurs.

En janvier 2005, plus de 35 réacteurs, soit environ 8 % du parc nucléaire mondial[1], étaient autorisés à utiliser du combustible MOX, notamment en Allemagne, en Belgique, en France, en Inde, en Suède et en Suisse. D'autres réacteurs pourraient être autorisés à utiliser ce combustible en Chine et dans la Fédération de Russie. Les États-Unis ont autorisé un réacteur à utiliser du combustible MOX dans le cadre de son programme d'élimination des matières nucléaires d'origine militaire. Les premiers essais de chargement de MOX ont eu lieu en 2005. Le Japon projette de commencer à utiliser du combustible MOX à l'échelle industrielle en 2010. Des usines de fabrication de combustible MOX sont en service ou en construction en Belgique, en Chine, en France, en Inde, au Japon, au Royaume-Uni et dans la Fédération de Russie.

L'Agence d'approvisionnement d'Euratom a indiqué que les 77,2 tonnes de plutonium utilisées pour produire le combustible MOX chargé dans des réacteurs de l'UE-15[2] a permis d'économiser 9 280 t d'U

1. En décembre 2002, la Suède a autorisé une utilisation limitée de combustible MOX dans la centrale nucléaire d'Oskarshamn. Cette décision permet d'utiliser 900 kg de plutonium récupéré dans le combustible usé extrait des réacteurs suédois avant 1982. Depuis 1982, le combustible nucléaire usé de la Suède est stocké dans l'attente d'une solution définitive.
2. Les données concernent les 15 États membres de l'UE avant l'élargissement de mai 2004.

entre 1996 et 2004 [référence 7.1]. Étant donné que l'essentiel du combustible MOX est consommé en Europe occidentale, on peut en déduire une estimation raisonnable de l'incidence de l'utilisation de ce combustible à l'échelle mondiale au cours de cette période.

Uranium de retraitement

Dans le passé, plusieurs pays, dont la Belgique et le Japon, ont retraité le combustible usé pour en récupérer l'uranium, appelé uranium de retraitement ou URT, mais aujourd'hui seules la France et la Fédération de Russie pratiquent le retraitement de façon régulière. Cette situation tient au fait que le recyclage de l'URT est relativement coûteux, notamment parce qu'il nécessite des usines de conversion, d'enrichissement et de fabrication spécialisées. L'évolution des conditions du marché amène cependant à reconsidérer l'option du recyclage. Le Livre rouge de 2003 contenait très peu de renseignements sur la consommation d'uranium de retraitement. Selon les données disponibles, l'URT représentait moins de 1 % des besoins mondiaux annuels prévus.

Combustible MOX produit à partir des excédents de plutonium de qualité militaire

En septembre 2000, les États-Unis et la Russie ont passé un accord sur le traitement final des excédents de plutonium. Aux termes de cet accord, les deux pays procéderont chacun au traitement final de 34 tonnes d'excédents de plutonium de qualité militaire à raison d'au moins deux tonnes par an dans chaque pays, une fois que les installations seront en place. Ils sont convenus d'éliminer les excédents de plutonium en les recyclant dans la fabrication de combustible MOX qui alimentera des réacteurs nucléaires en exploitation. Cette méthode permettra de convertir ces excédents de plutonium sous une forme qui ne se prête pas facilement à la fabrication d'armes atomiques.

Uranium produit par réenrichissement d'uranium appauvri

Les stocks d'uranium appauvri, c'est-à-dire les résidus d'enrichissement (matière résiduelle de l'enrichissement de l'uranium), sont une autre source d'uranium secondaire potentiellement importante. Au début de 2000, les stocks d'uranium appauvri étaient estimés à environ 1 200 000 t d'U, ce qui donnerait l'équivalent d'environ 452 000 tonnes d'uranium naturel si cet uranium était réenrichi [référence 7-2][3]. Sur la base de besoins d'uranium de 65 000 tonnes par an, les stocks d'uranium appauvri augmenteront de 57 000 tonnes par an. Si les résidus d'enrichissement représentent une importante source potentielle d'uranium, ils ne peuvent être utilisés que s'il existe une capacité d'enrichissement excédentaire à coût d'exploitation relativement bas. À l'heure actuelle, la Russie est le seul pays qui réenrichit son uranium appauvri.

L'édition 2003 du Livre rouge a été la première à examiner la disponibilité de cette source et d'autres sources secondaires (uranium retraité, plutonium militaire, etc.). Il est difficile de dire dans quelle mesure les futures éditions du Livre rouge pourront fournir des renseignements complets sur cette source secondaire. Pareillement, la question complexe de la disponibilité éventuelle de l'UHE contenu dans les armes atomiques sort du cadre du Livre rouge. Même si cette matière nucléaire représente une source potentielle très importante pour l'avenir, sa disponibilité dépendra d'accords bilatéraux dont l'élaboration peut prendre des décennies.

3. Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (2001), *Gestion de l'uranium appauvri*, Paris, France. Ce chiffre s'obtient en supposant que 1,2 million t d'U à teneur de 0,3 % donnent l'équivalent de 336 000 tonnes d'uranium naturel par ré-enrichissement, laissant 864 000 t d'U de résidus secondaires à teneur de 0,14 %. Ces résidus secondaires réenrichis donnent à leur tour l'équivalent de 106 000 tonnes d'uranium naturel, laissant 758 000 t d'U de résidus tertiaires à teneur de 0,06 %.

Production d'uranium dans certains pays

Comme c'est presque toujours le cas, alors que les chiffres mondiaux de production donnent des tendances générales, c'est l'historique de la production des pays pris individuellement qui livre les statistiques les plus intéressantes et qui met le mieux en perspective la production d'uranium. C'est pourquoi, afin de compléter l'exposé des tendances générales, les sections suivantes décrivent les tendances historiques de la production d'uranium dans des pays ou des entités politiques (l'ex-Union soviétique, par exemple) importants. Elles présentent la production nationale d'uranium de façon détaillée et comparent notamment la production effective et la capacité de production, ce qui permet de mieux comprendre les statistiques globales de production et éclaire les différentes informations contenues dans les contributions nationales du Livre rouge.

Afrique du Sud

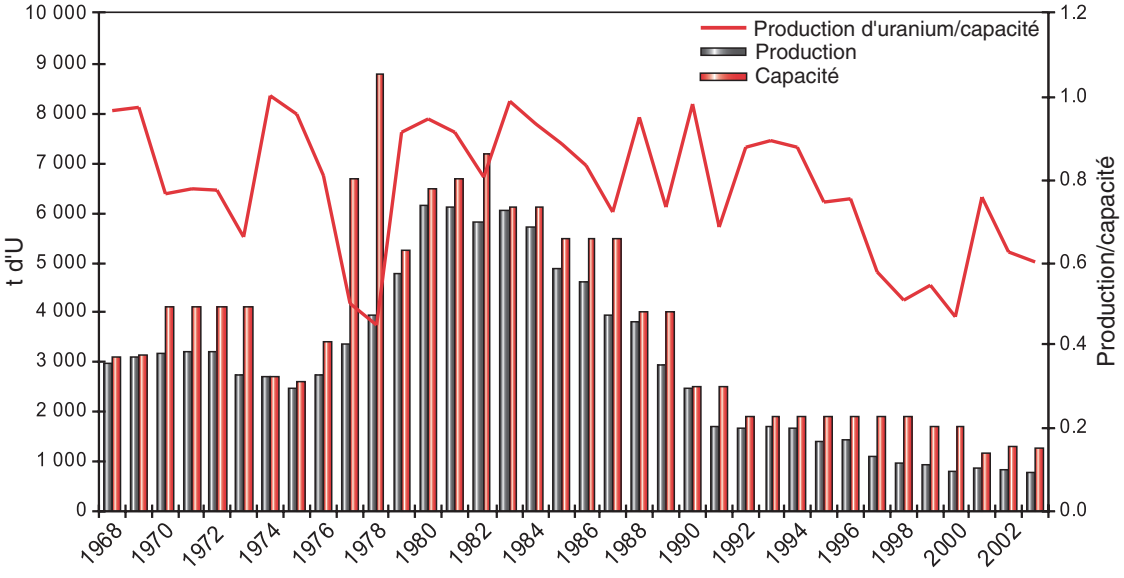
En Afrique du Sud, la production d'uranium a débuté en 1952 avec la mise en service d'une usine sur le site minier de la société *West Rand Consolidated* qui exploitait l'uranium provenant des conglomérats à galets de quartz du Supergroupe du Witwatersrand. Quatre autres usines ont été mises en service sur différents sites en 1953. La production d'uranium a culminé en 1959, année au cours de laquelle 17 usines alimentées par 26 mines du bassin du Witwatersrand ont produit 4 957 t d'U. La production est ensuite retombée à 2 263 t d'U en 1965.

La crise du pétrole de 1973 a relancé la demande d'uranium comme source d'énergie. Les importants stocks de résidus uranifères accumulés pendant des décennies sont alors devenus une source aisément disponible. Ces résidus ont été retraités à Welkom (*Joint Metallurgical Scheme* – 1977), dans le Rand oriental (ERGO – 1978) et à Klerksdorp (Chemwes – 1979), ce qui a permis de porter la production d'uranium à son niveau record de 6 028 t d'U en 1980.

Le nombre de producteurs d'uranium est passé de sept en 1967 (2 585 t d'U) à 14 en 1983 (5 880 t d'U), puis a diminué régulièrement depuis cette date de sorte qu'il n'en restait plus que trois en 1994 (1 550 t d'U). La *Palabora Mining Company*, qui s'est lancée en 1994 dans la production d'uranium comme sous-produit du cuivre en dehors du bassin de Witwatersrand, a cessé sa production en 2002. Aujourd'hui, la *Nuclear Fuels Corporation of South Africa (Pty) Limited* (Nufcor) demeure le seul producteur d'uranium en Afrique du Sud.

De tout temps, l'uranium a été produit en Afrique du Sud comme sous-produit, principalement de mines d'or, avec un petit apport de la mine de cuivre de Palabora. Le ratio entre la production et la capacité s'est établi en moyenne à 0,79 entre 1968 et 2003 et il a fluctué entre 0,45 en 1978 et 1,0 en 1974 (figure 7.8). La corrélation entre la production et les prix de marché était très étroite. Ainsi, le bond de la capacité de production enregistré en 1978 coïncide-t-il avec la hausse du prix de l'uranium sur le marché. Entre 1975 et 1978, date à laquelle la capacité de production a atteint son niveau record, le nombre de producteurs d'uranium est passé de sept à 25. Lorsque le prix de l'uranium s'est remis à baisser, le nombre de producteurs a suivi la même tendance, revenant de 25 producteurs en 1978 à sept en 1982. Même si le recul du prix de l'or a pu accentuer le phénomène, la baisse du nombre de producteurs est due principalement à la baisse du prix de l'uranium. Pour l'essentiel, la production d'or s'est poursuivie alors que les circuits de l'uranium se sont taris à cause de la baisse du prix de l'uranium qui enlevait tout intérêt économique à sa récupération. En 2003, il ne restait plus qu'un seul producteur d'uranium en Afrique du Sud.

Figure 7.8. Évolution de la production d'uranium en Afrique du Sud



Allemagne (y compris l'ex-République démocratique allemande – RDA)

Ex-République démocratique allemande avant 1990

De 1946 à 1953, les sites uranifères ont été exploités par la société soviétique par actions SAG Wismut. Cette activité minière se concentrait sur les sites des anciennes mines d'argent, de cobalt, de nickel et autres métaux de l'Erzgebirge et du Vogtland (Saxe). L'extraction de l'uranium a commencé dans les mines de cobalt et de bismuth situées près de Schneeberg et d'Oberschlema (ancienne station de radiumthérapie renommée). Dans cette première période, plus de 100 000 personnes étaient employées dans les activités de prospection et d'extraction. Le riche minerai à pechblende des gisements filoniens était trié à la main et envoyé en URSS pour y être traité. Le minerai pauvre était traité localement dans de petites unités.

En 1954, une nouvelle société germano-soviétique par actions (la SDAG Wismut) détenue à égalité par les deux États a été créée. L'uranium concentré par tri manuel, gravité ou attaque chimique était envoyé en URSS pour y être traité. Le prix du produit final était fixé par simple accord entre les deux partenaires. À la fin des années 50, les activités minières se sont concentrées en Thuringe orientale. La prospection avait commencé en 1950 à proximité de la station de radiumthérapie de Ronneburg. Dès le début des années 70, les mines de ce secteur ont fourni environ les deux tiers de la production annuelle de la société SDAG Wismut.

Deux usines de traitement étaient exploitées par la société SDAG Wismut sur le territoire de l'ex-RDA. La première, située à Crossen, près de Zwickau (Saxe), a été mise en service en 1950. Le minerai y était transporté par route ou par fer depuis les nombreuses mines de l'Erzgebirge. En raison de sa composition, le minerai issu de gisements hydrothermaux devait y subir une lixiviation sous pression par voie carbonatée. L'usine de Crossen, qui avait une capacité maximale de 2,5 millions de tonnes de minerai par an, a été définitivement fermée le 31 décembre 1989.

La seconde usine de traitement, située à Seelingstadt, près de Gera (Thuringe), a été mise en service en 1960 pour traiter le minerai des gisements de schistes noirs voisins. Sa capacité maximale a été de 4,6 millions de tonnes par an. Jusqu'à la fin de 1989, le minerai silicaté y était traité par lixiviation par voie

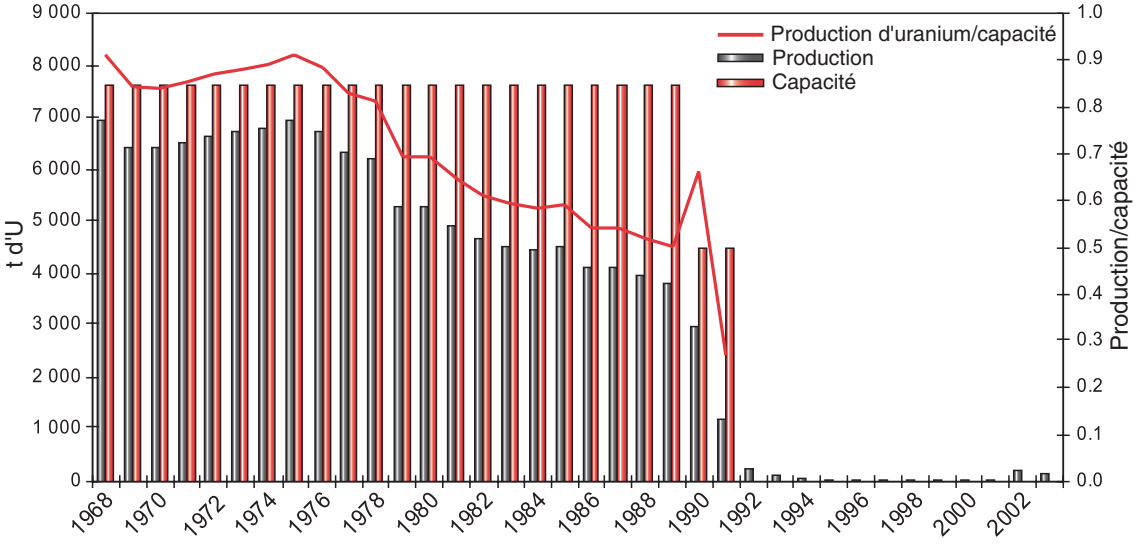
acide. Les minerais riches en carbonates étaient traités par lixiviation sous pression par voie carbonatée. Depuis 1989, les activités de l'usine de Seelingstadt se sont limitées à traiter par la voie carbonatée les boues produites à la mine de Königstein.

République fédérale d'Allemagne avant 1990

La société Gewerkschaft Brunhilde a commencé à exploiter une usine de traitement du minerai d'uranium à Ellweiler (Bade-Wurtemberg) en 1960. Cette usine, qui servait d'installation pilote pour le traitement de plusieurs types de minerai, n'avait qu'une capacité nominale de production de 125 t d'U/an. Elle a été fermée le 31 mai 1989 après avoir produit quelque 700 t d'U.

Avant la réunification de l'Allemagne en 1990, la RDA était le troisième producteur mondial d'uranium après les États-Unis et le Canada. Cette information n'était pas bien connue alors. La production de la RDA représentait l'essentiel de la production allemande d'uranium. Il est probable qu'elle obéissait à des quotas et qu'elle suivait de près la capacité (figure 7.9). La forte chute de la production en 1990 est consécutive à la fermeture de toutes les mines d'uranium allemandes après la réunification.

Figure 7.9. Évolution de la production d'uranium en Allemagne (RFA-RDA)

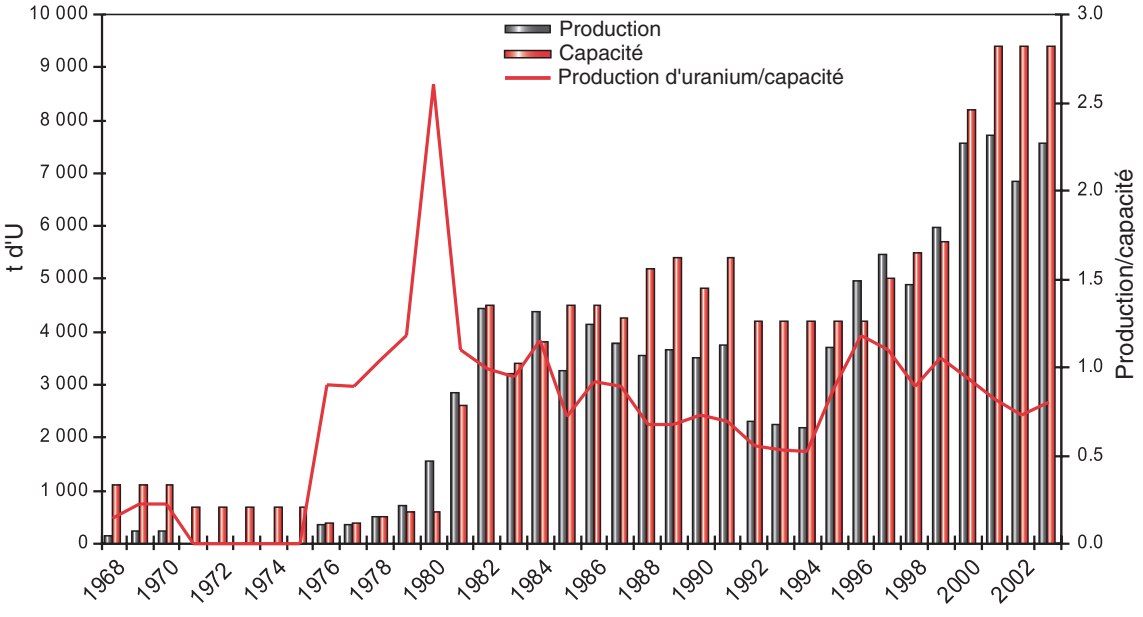


Australie

La figure 7.10 compare la production australienne d'uranium et sa capacité de production annoncée. La production d'uranium peut être découpée en deux périodes. Dans une première période, qui va de 1954 à 1971, elle était essentiellement destinée au secteur militaire si bien que seul un petit pourcentage était disponible pour le secteur civil. Elle a été arrêtée entre 1971 et 1975. Après 1975, toute la production a été affectée aux réacteurs civils. Dans cette deuxième période, qu'on peut qualifier d'ère moderne, c'est la mine Mary Kathleen du Queensland qui a été exploitée la première. Petit à petit, la production s'est déplacée vers les gisements sous discordance du Territoire-du-Nord. Les mines de Nabarlek et Ranger ont été mises en production en 1980 et 1981 respectivement. Le site d'Olympic Dam, plus important gisement d'uranium du monde à l'heure actuelle, est entré en production en 1988, l'uranium y étant récupéré comme coproduit du cuivre et de l'or. La production australienne d'uranium a fluctué entre 2 200 et 4 400 tonnes du début des années 80 au milieu des années 90. La capacité de l'usine de traitement de Ranger a été accrue en 1997 et celle d'Olympic Dam en 1999. Ces investissements ont contribué à l'accroissement de la production qui s'est amorcé en 1995. L'ouverture de la mine LSI de Beverley en 2001 a elle aussi contribué à l'augmentation de la production dans la période postérieure à 1995.

Le ratio entre la production et la capacité de production s'élève en moyenne à 0,81. Le pic anormal observé en 1981 coïncide avec la montée en production des sites de Nabarlek et de Ranger et il s'explique en partie par le traitement d'un stock de minerai à haute teneur.

Figure 7.10. Évolution de la production d'uranium en Australie

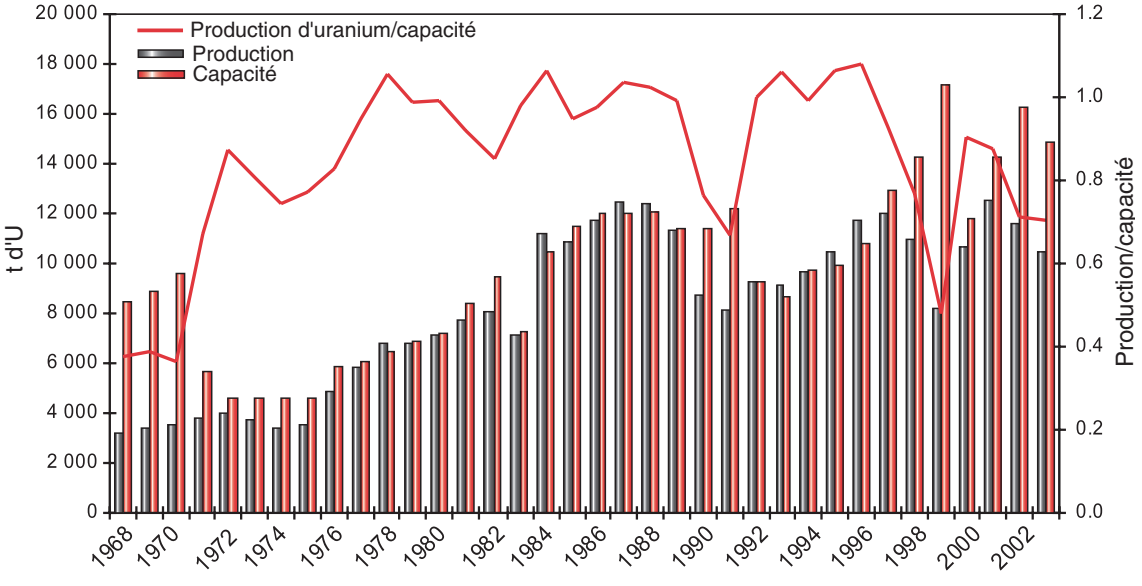


Canada

Les débuts de l'industrie canadienne de l'uranium remontent à 1930, année de la découverte du gisement de pechblende de Port Radium (Territoires du Nord-Ouest). Ce gisement a été exploité de 1933 à 1940, puis remis en exploitation en 1942 afin de répondre à la demande d'uranium engendrée par les programmes de défense britannique et américain. L'interdit frappant les travaux de prospection et de mise en valeur des gisements par des intérêts privés a été levé en 1947 de sorte qu'à la fin des années 50 une vingtaine de centres de production d'uranium étaient en activité dans cinq districts différents. La production a atteint le niveau record de 12 200 t d'U en 1959, après quoi elle a commencé à diminuer en l'absence de nouveaux contrats d'approvisionnement militaires. Malgré les programmes nationaux de constitution de réserves, la production a chuté rapidement, jusqu'à moins de 3 000 t d'U en 1966, date à laquelle il ne subsistait plus que quatre producteurs. Bien que les premières ventes commerciales d'uranium à des compagnies d'électricité aient été conclues en 1966, il a fallu attendre le milieu des années 70 pour que les prix et la demande aient suffisamment augmenté pour stimuler la reprise des travaux de prospection et de mise en valeur des gisements. À la fin des années 70, la situation de l'industrie s'était complètement rétablie et plusieurs nouvelles installations étaient en cours d'aménagement. La production annuelle a régulièrement augmenté pendant les années 80 au cours desquelles la production s'est progressivement déplacée de l'est vers l'ouest à la suite de l'ouverture de la mine de Key Lake en 1988. Au début des années 90, à cause d'un marché atone, de prix faibles et de coûts de production élevés, trois des quatre centres de production d'uranium de l'Ontario ont été fermés et le dernier centre de production de cette province a été fermé à son tour au milieu de 1996. Depuis la fermeture de l'usine de production d'Elliot Lake en 1996, tous les centres de production en exploitation sont situés dans le nord de la Saskatchewan. Le site de McArthur River, premier gisement du monde par sa teneur en uranium et premier centre de production d'uranium du monde, est entré en production en 1999 et son minerai est traité à l'usine de Key Lake.

Si l'on examine l'histoire de la production d'uranium au Canada, on observe la plupart du temps une relation relativement étroite entre la capacité de production et la production annuelle. Le ratio moyen entre la capacité de production et la production effective est de 0,84. Le ratio n'a été très inférieur à 1,0 que pendant de brèves périodes et la production a dépassé la capacité pendant plusieurs périodes (figure 7.11). La chute de la production entre 1988 et 1991 et de la capacité de production en 1991 et 1992 est probablement

Figure 7.11. Évolution de la production d'uranium au Canada

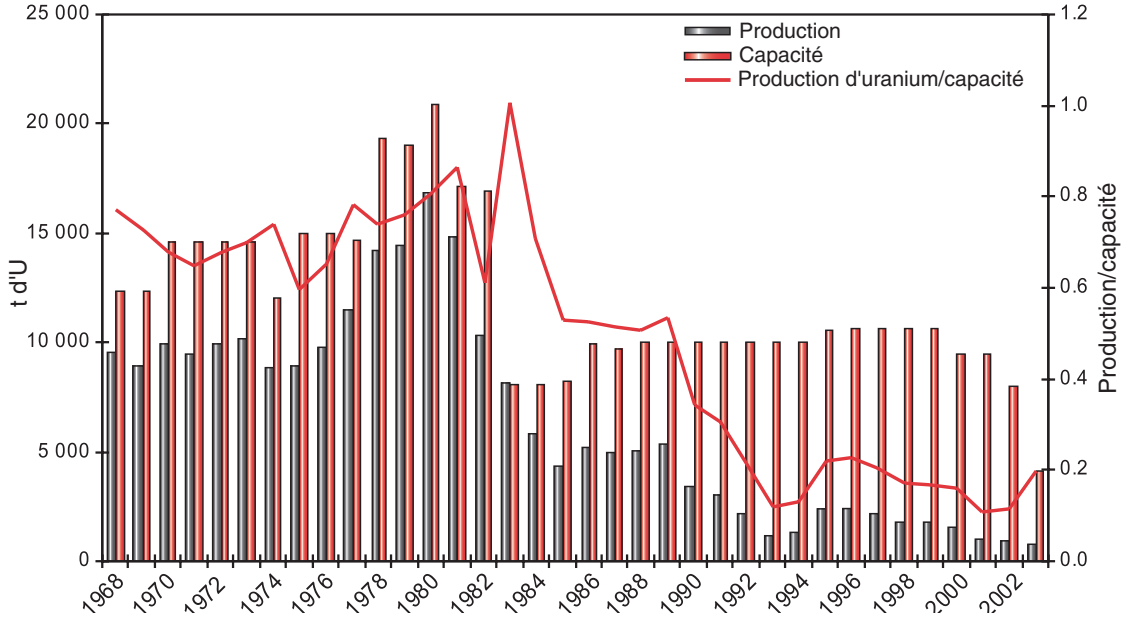


le résultat d'une diminution de la production du site d'Elliot Lake, suivie de sa fermeture. La forte chute de la production et la baisse du ratio production/capacité qui en a résulté en 1998-1999 sont dues à la décision de diminuer la production à cause de la faiblesse des prix de marché, ce qui a conduit à la fermeture temporaire du complexe minier de Rabbit Lake. La baisse de ce ratio en 2003 est imputable en grande partie à l'interruption temporaire de la production de McArthur River consécutive à l'inondation de la mine.

États-Unis

À la suite de la promulgation de la Loi de 1946 sur l'énergie atomique, élaborée en vue de satisfaire les besoins d'approvisionnement en uranium des Etats-Unis, l'*Atomic Energy Commission* (AEC) a encouragé, de 1947 jusqu'à la fin de 1970, le développement d'une industrie nationale de l'uranium, surtout dans l'ouest du pays, en lançant des programmes d'incitation en faveur de la prospection, du développement et de la production. Afin de garantir un approvisionnement en minerai d'uranium suffisant pour satisfaire les besoins futurs, l'AEC a lancé en avril 1948 un programme d'achat de minerai d'origine nationale pour favoriser l'essor d'une industrie minière nationale à caractère civil. Conformément à la Loi de 1946 sur l'énergie atomique modifiée en 1954, l'AEC a aussi négocié des contrats d'achat de concentrés d'uranium, assortis de prix garantis pour les matières brutes livrées dans des délais spécifiés. Les contrats ont été formulés de manière que les sociétés qui construisaient et exploitaient des usines de traitement puissent amortir les coûts de leurs installations sur la période couverte par ces contrats. En 1961, 27 usines de traitement détenues par des sociétés privées étaient déjà en exploitation. Au total, 32 usines classiques et plusieurs installations pilotes, des installations de tri et de préconcentration, de lixiviation en tas et d'extraction par dissolution ont été exploitées à diverses époques. L'AEC, qui était le seul organisme d'achat pour le compte de l'Administration, représentait à elle seule le marché de l'uranium aux États-Unis. De nombreuses usines ont été fermées peu de temps après avoir procédé aux livraisons prévues aux termes des contrats d'achat passés avec l'AEC, bien que plusieurs usines aient continué de produire des concentrés pour le marché commercial après avoir rempli leurs obligations envers l'AEC. La Loi de 1954 sur l'énergie atomique a rendu licite la propriété privée de réacteurs nucléaires destinés à la production industrielle d'électricité. Vers la fin de 1957, les réserves nationales de minerai et la capacité de traitement des Etats-Unis étaient suffisantes pour satisfaire les besoins de l'Administration. En 1958, les programmes d'achat de l'AEC ont

Figure 7.12. Évolution de la production d'uranium aux États-Unis



été ajustés à la baisse et, afin de promouvoir l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire, les producteurs américains de minerai et de concentré ont été autorisés à vendre de l'uranium à des acheteurs privés nationaux et étrangers. La première vente commerciale de concentré d'uranium a eu lieu en 1966. En 1962, l'AEC a lancé un programme de report permettant de repousser la livraison de concentré d'uranium après 1966. En vertu de ce programme, les entreprises de production d'uranium étaient autorisées à différer jusqu'en 1967-1968 une partie des livraisons d'uranium prévues contractuellement pour la période de 1963 à 1966. En contrepartie, l'AEC s'engageait à acheter en 1969-1970 une quantité complémentaire de concentré égale au volume dont la livraison avait été différée dans le cadre du programme de report. Le programme d'achat d'uranium naturel de l'Administration a pris fin en 1970 et le secteur de l'uranium est alors devenu un marché privé sur lequel l'Administration n'intervenait plus par des achats supplémentaires. Depuis 1970, la production nationale de concentré d'uranium répond à la demande du marché. Après avoir culminé à 16 811 t d'U en 1980, la production nationale d'uranium a diminué régulièrement de 1981 à 2003. Depuis 1991, la lixiviation *in situ* (LIS) et d'autres techniques non classiques constituent le principal mode de production d'uranium aux États-Unis.

La production d'uranium et la capacité de production des États-Unis ont toutes deux culminé en 1980 (figure 7.12). Depuis lors, si l'on excepte quelques brefs épisodes de stabilité ou de hausse modeste, la production a diminué régulièrement, passant d'un pic de 16 811 t d'U en 1980 à un minimum historique de 769 t d'U en 2003. Entre 1968 et 2003, le ratio entre la production et la capacité de production s'est établi en moyenne à 0,54, fluctuant entre un maximum de 1,0 en 1983 et un minimum de 0,11 en 2001-2002. Cependant, la moyenne historique de 54 % et le minimum de 11 % enregistré en 2001 et 2002 dans l'utilisation des capacités sont artificiellement bas dans la mesure où ils tiennent compte des usines de traitement qui étaient maintenues en réserve et qui ne disposaient pas de mines actives. En 2001, par exemple, la capacité des centres de production actifs était de 1 920 t d'U alors que la capacité totale annoncée était de 9 510 t d'U. Au moins la moitié de la différence est due aux centres de production qui, bien qu'ils soient officiellement considérés en réserve, ont très peu de chances de reprendre leur activité un jour. La baisse de la capacité signalée entre 2001 et 2002 est un artifice qui a consisté à éliminer quelques-uns de ces centres de production « suspects ».

À la fin de 1980, année au cours de laquelle la production d'uranium des États-Unis a atteint un niveau record (16 811 t d'U), il y avait 22 usines de traitement du minerai en exploitation, 11 sites de lixiviation *in situ*, huit usines de récupération d'uranium à partir de l'acide phosphorique et deux usines de récupération d'uranium dans les liqueurs de lixiviation du minerai de cuivre. En 1985, la production était retombée à 4 352 t d'U, principalement parce que seules huit usines de traitement du minerai étaient encore en exploitation et que la plupart d'entre elles tournaient bien en dessous de leur capacité. En outre, la plupart des usines de récupération d'uranium selon des méthodes non classiques étaient inactives. En 2003, année où la production a atteint son point bas historique, deux sites de lixiviation *in situ* étaient en activité. Un nouveau projet de lixiviation *in situ* était en cours de développement et une usine de traitement classique, qui était en réserve, se préparait à reprendre son activité et à traiter le minerai de plusieurs petites mines de l'ouest du Colorado.

France

En France, la production d'uranium a commencé en 1954 (50 t d'U) dans le Limousin (gisements filoniens associés à des granites) et en 1955 en Vendée (gisements filoniens associés à des granites et formations métamorphiques) et dans le Forez (gisements filoniens associés à des granites).

En 1969, la capacité totale de production d'uranium à partir du minerai national était de 1 500 t d'U/an. Elle provenait des trois sites de Bessines (Limousin), de L'Écarpière (Vendée) et de St-Priest (Forez) qui étaient la propriété du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Des concentrés chimiques en

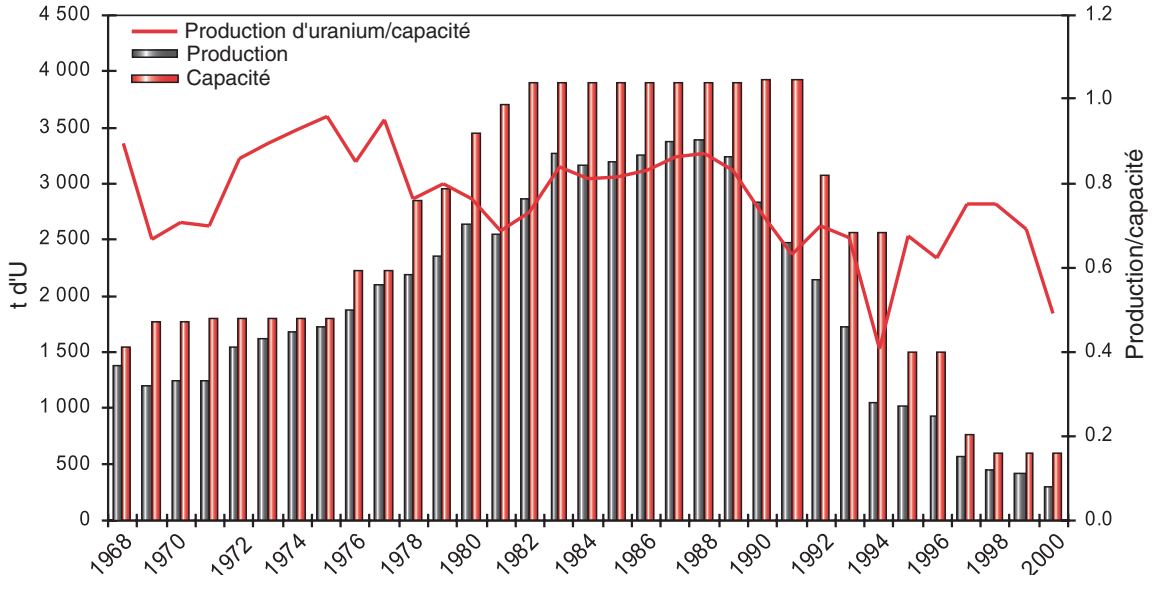
provenance du Gabon étaient également traités en France à l'usine de Gueugnon (400 t d'U). En 1973, outre la production de ces trois sites, quelques dizaines de tonnes d'uranium étaient produites par la Compagnie française des minerais d'uranium à partir du minerai extrait du gisement de Langogne dans le Massif Central.

En 1978, cinq usines ou unités de production, d'une capacité totale de 2 410 t d'U/an, traitaient tout le minerai d'uranium extrait en France. Ces installations étaient implantées à proximité des centres miniers de Bessines, L'Ecarpière, Saint-Priest, Langogne (gisements filoniens), détenu par la Compagnie française des minerais d'uranium, et Saint-Pierre du Cantal (gisements associés aux grès et de type filonien), détenu par la Société centrale de l'uranium et des minerais et métaux radioactifs. Le minerai extrait par de petites compagnies minières dans le Massif Central et en Bretagne était traité à Bessines et à L'Écarpière. Par ailleurs, la Compagnie minière Dong-Trieu a construit à Mailhac-sur-Benaize, dans le nord du Massif central, une usine qui est entrée en production en 1979 pour traiter le minerai du site minier du Bernardan (gisements filoniens associés à des granites).

Dans la région de Lodève (formations sédimentaires dans le Permien), la production a commencé en 1981, à la suite de la fermeture du site minier du Forez. Dans le centre de production des Balaures (gisement filonien dans des roches métamorphiques), détenu par la Compagnie française de Mokta, la production a commencé en 1982.

La capacité de production française a culminé à 3 720 t d'U en 1989, puis elle a commencé à décroître en 1990 avec la fermeture du site de Langogne suivie, en 1991, de celle du centre de production de Vendée. Lorsque la mine de La Crouzille a été fermée en 1994, après avoir produit près de 25 000 t d'U, la capacité de production est tombée à 1 570 t d'U/an. Les deux derniers sites miniers, Lodève et Le Bernardan, ont été fermés à leur tour en 1997 et 2001 respectivement. De 1968 à 2003, le ratio moyen entre la production d'uranium et la capacité de production s'est établi en moyenne à 0,77, avec un plus bas à 0,41 en 1994 et un plus haut à 0,96 en 1975 (figure 7.13).

Figure 7.13. Évolution de la production d'uranium en France

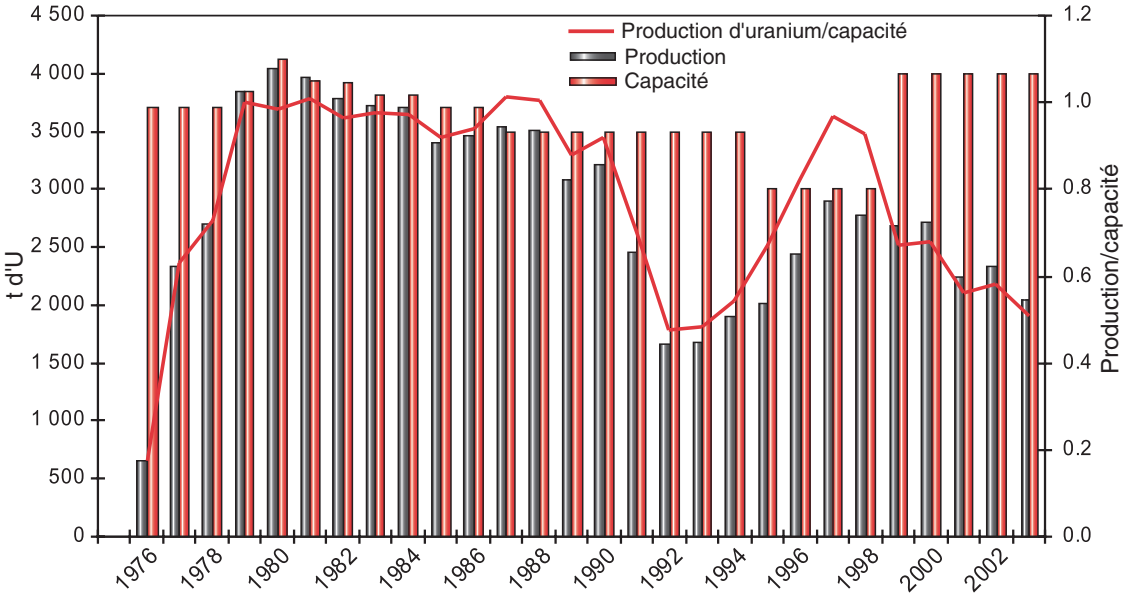


Namibie

C'est en 1928 que le capitaine G. Peter Louw a découvert une minéralisation uranifère près des Montagnes de Rössing dans le désert du Namibie. Pendant de nombreuses années, il s'est employé à faire la promotion de ce site, mais ce n'est que vers la fin des années 50 que la société *Anglo-American Corporation of South Africa* a prospecté la zone en effectuant des sondages et quelques reconnaissances souterraines. Étant donné les valeurs erratiques des mesures de la teneur en uranium et les perspectives économiques médiocres de l'uranium à cette époque, l'*Anglo-American Corporation* a abandonné les recherches. À la suite d'une croissance de la demande et des prix sur le marché de l'uranium, d'intenses activités de prospection ont démarré en Namibie à la fin des années 60. Les Services géologiques ont effectué plusieurs levés radiométriques pendant cette période et de nombreuses anomalies révélant la présence d'uranium ont été localisées. En août 1966, la société Rio Tinto Zinc (RTZ) a acquis les droits de prospection pour le gisement de Rössing et mené un vaste programme d'exploration qui a duré jusqu'en mars 1973. Des travaux de topographie, de cartographie, de sondage, d'échantillonnage en masse et d'essais métallurgiques effectués dans une installation pilote d'une capacité de production de 100 tonnes/jour ont démontré la faisabilité d'un centre de production. L'aménagement de la mine a commencé en 1974. En juillet 1976, la mine entrait en production et l'usine de traitement était mise en service avec pour objectif d'atteindre la pleine capacité nominale de 5 000 tonnes courtes d'U_3O_8/an (3 845 t d'U/an) au cours de 1977. En raison de la forte abrasivité du minerai qui n'avait pas été décelée pendant la phase pilote, l'objectif de production n'a pu être atteint qu'en 1979 après avoir modifié profondément la conception de l'usine.

La production d'uranium de Namibie et sa capacité de production dépendaient directement de la mine de Rössing dont la capacité nominale fluctuait entre 3 700 et 4 000 t d'U/an. Après 1980, les tendances de la production ont été étroitement liées aux mesures de restructuration et de réduction prises pour équilibrer la production et les engagements de vente (figure 7.14). Au début des années 80, le ratio entre la production et la capacité de production était égal ou légèrement inférieur à 1,0 sur le site de Rössing. Cependant, au fil du temps, ce ratio a diminué jusqu'à un niveau de 0,54 en 1994, puis est remonté à 0,97 en 1997 avant de rechuter et de retomber à 0,51 en 2003.

Figure 7.14. Évolution de la production d'uranium en Namibie

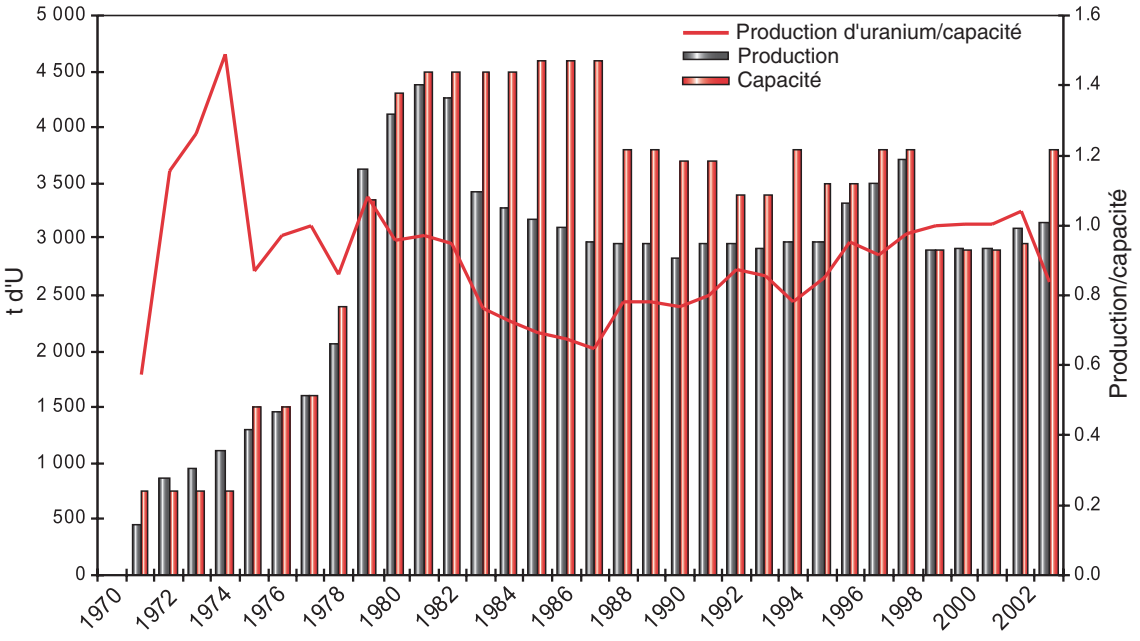


Niger

Au Niger, la prospection de l'uranium dans la région d'Arlit a commencé en 1956 et a été entreprise par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), puis par la COGEMA. La découverte de minéralisations dans des grès a conduit à opter pour l'exploitation à ciel ouvert des gisements Arlette, Artois et Ariège par la Société des mines de l'Aïr (Somaïr) à partir de 1970 et par l'exploitation souterraine des gisements d'Akouta et d'Akola par la Compagnie minière d'Akouta (Cominak) à partir de 1978.

Le ratio entre la production et la capacité s'est établi en moyenne à 0,84 entre le début de la production en 1971 et 2003. Avec l'ouverture des centres de production d'Arlit (1971) et d'Akouta (1978), la capacité de production et la production ont rapidement augmenté entre 1971 et 1980 (figure 7.15). Au cours de cette période, production et capacité étaient à peu près équilibrées, le ratio le plus bas, soit 0,57, ayant été enregistré la première année de la mise en production d'Arlit. La production a culminé en 1981, puis elle a régulièrement diminué jusqu'à atteindre un point bas en 1990, principalement en réponse aux faibles prix de l'uranium. Pendant l'essentiel de cette période, la capacité est restée relativement constante. Le ratio entre la production et la capacité a donc diminué avec la production pour atteindre 0,65 en 1987 avant de recommencer à augmenter. La capacité de production a commencé à diminuer en 1988, année qui marqué l'arrêt de la lixiviation en tas et le début de la baisse de capacité en réponse aux faibles prix de l'uranium. Depuis 1997, la production et la capacité sont à peu près équilibrées.

Figure 7.15. Évolution de la production d'uranium au Niger

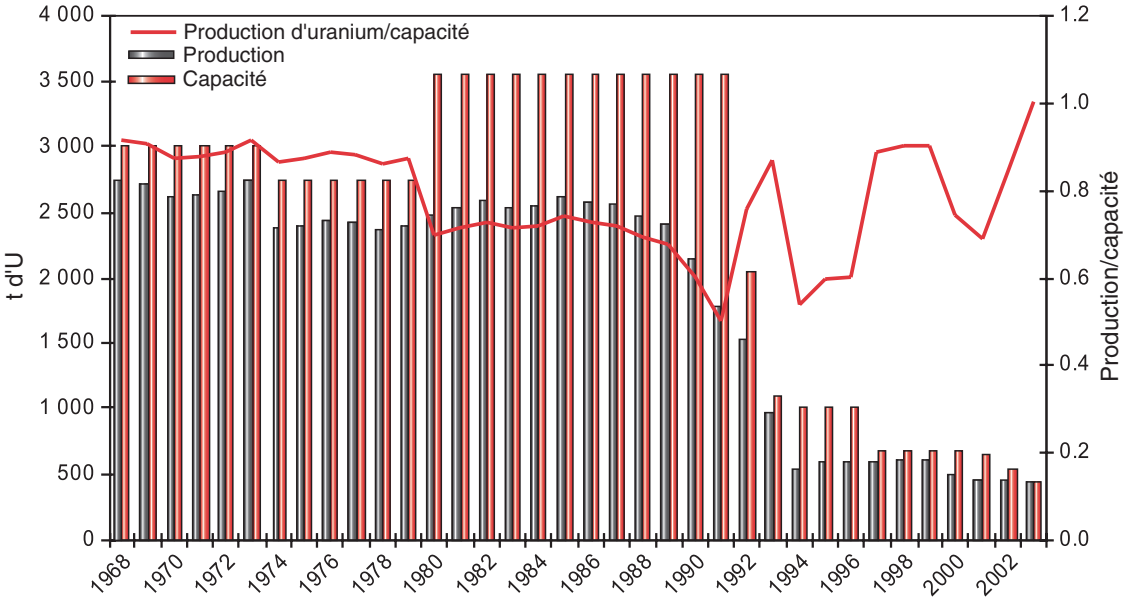


République tchèque et ex-Tchécoslovaquie

En Tchécoslovaquie, la production industrielle d'uranium a commencé en 1946. Entre 1946 et la dissolution de l'Union soviétique, la totalité de l'uranium produit en Tchécoslovaquie était exportée en Union soviétique. Au début, l'uranium provenait des mines de Jáchymov et de Horní Slavkov, dont l'exploitation s'est achevée au milieu des années 60. Príbram, le principal gisement filonien, a été exploité de 1951 à 1991. Les centres de production de Hamr et de Stráz, alimentés par des gisements de type gréseux, sont entrés en service en 1967. La production a culminé vers 1960, année où elle a atteint quelque 3 000 t d'U, et elle s'est maintenue entre 2 500 et 3 000 t d'U de 1960 à 1990, date à partir de laquelle elle a commencé à décliner. Entre 1946 et 2003, la production totale d'uranium de la République tchèque s'est élevée à 108 649 tonnes. Elle résulte à 86 % de méthodes classiques d'extraction minière en souterrain et à ciel ouvert, le reste provenant de la lixiviation *in situ* (LIS).

On ne dispose pas de renseignements précis sur l'historique de la capacité de production annuelle de la Tchécoslovaquie/République tchèque. Néanmoins, l'historique de sa production est caractéristique d'une économie à planification centralisée et il est permis de penser que la production a suivi de près la capacité entre 1960 et 1989 environ, période à partir de laquelle la production annuelle a décliné à la suite des fermetures de mines résultant des pressions de la transition vers une économie de marché (figure 7.16).

Figure 7.16. Évolution de la production d'uranium en Tchécoslovaquie/République tchèque



Union soviétique (URSS), anciennes Républiques socialistes soviétiques et Communauté des États indépendants (CEI)

Dans le cadre de cette section, toute la production d'uranium de 1968 à 1991 est attribuée à l'URSS. Après 1991, date de dissolution de l'URSS, la production est attribuée aux différents pays qui faisaient partie de cette Union. La capacité de production d'uranium de l'URSS a crû par paliers entre 1972 et 1973, puis entre 1976 et 1977 (figure 7.17). Après avoir atteint 16 500 t d'U en 1977, elle est restée stable jusqu'en 1991, puis est retombée à 10 500 t d'U lorsque les pays de la CEI ont commencé à fermer les installations à coût de production élevé et, au Kazakhstan et en Ouzbékistan, à privilégier la lixiviation *in situ*.

Entre 1968 et 2003, le ratio entre la production et la capacité s'est établi en moyenne à 0,87, fluctuant entre 0,64 en 1996 et 0,97 en 1988. Après la stabilisation de la capacité de production en 1977, une étroite corrélation s'est instaurée entre la production et la capacité, le ratio se maintenant en moyenne juste au-dessous de 0,9, soit une utilisation des capacités de près de 90 %. Depuis le plus bas de 0,64 enregistré en 1996, le ratio a augmenté régulièrement pour atteindre 0,88 en 2003. Cette tendance à la hausse se généralise parce que les pays de la CEI commencent à bénéficier de l'augmentation des prix de l'uranium.

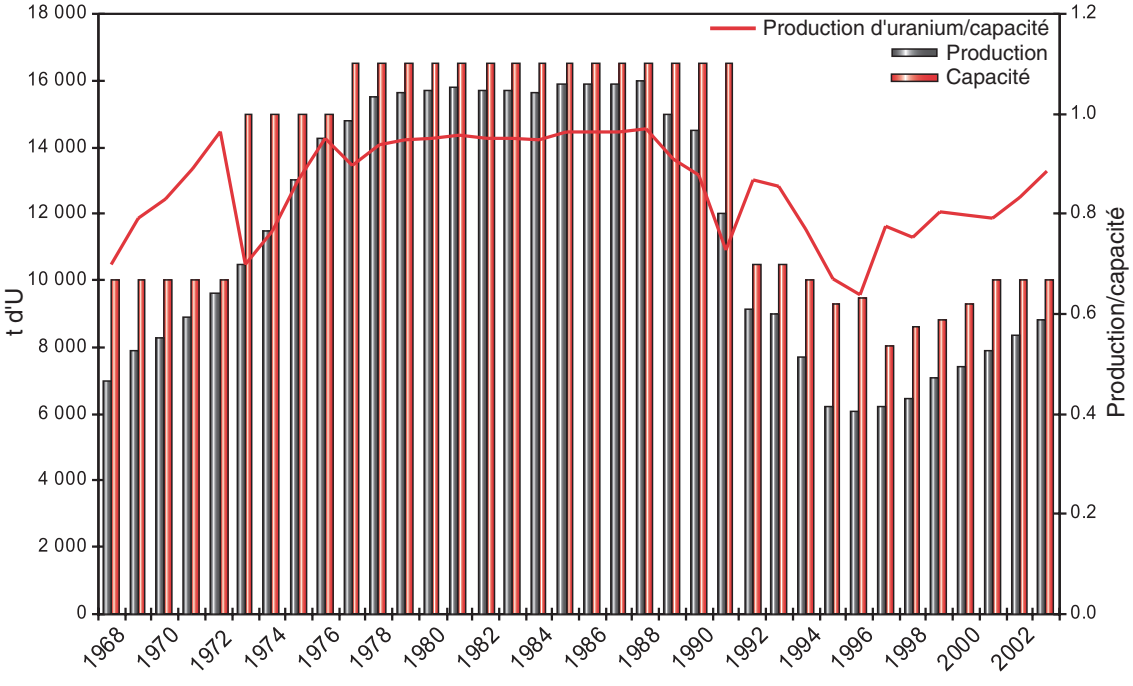
Depuis la disparition de l'Union soviétique, les anciennes républiques socialistes soviétiques, qu'elles soient membres ou non de la CEI, donnent davantage de renseignements sur leur production nationale d'uranium. Un bref aperçu de l'évolution de la production d'uranium dans ces pays figure ci-après.

Estonie

La production d'uranium de l'Estonie est indissociable de l'usine métallurgique de Sillamae implantée dans la ville éponyme au nord-ouest de l'Estonie, à environ 185 km de Tallin et presque en bordure du Golfe de Finlande.

L'usine de Sillamae a été construite en 1948 pour traiter des minerais uranifères. Elle a été d'abord utilisée pour récupérer l'uranium contenu dans les schistes alumineux extraits de mines estoniennes.

Figure 7.17. Évolution de la production d'uranium en URSS et dans les pays de la CEI



L'exploitation des schistes alumineux s'est poursuivie jusqu'en 1963, puis les mines ont cessé leur activité parce qu'il devenait difficile de récupérer l'uranium dans un minerai dont la teneur était faible et variable. Le minerai était extrait de mines souterraines situées à l'ouest de l'usine. Entre 1948 et 1963, l'usine a traité quelque 240 000 tonnes de schistes alumineux d'origine locale. La production d'uranium à partir de ce minerai est estimée à environ 65 t d'U.

Après 1963, des minerais plus riches contenant jusqu'à 1 % d'uranium ont été importés d'Europe de l'Est pour être traités dans l'usine de Sillamae. La production d'uranium s'est poursuivie jusqu'en 1977 environ. Le minerai provenait principalement de Tchécoslovaquie (2,2 Mt) et de Hongrie (1,2 Mt). Une petite quantité était importée de Pologne, de Roumanie, de Bulgarie et de la République démocratique allemande (RDA). Le volume de minerai traité à l'usine de Sillamae est estimé à 4 013 000 tonnes. Si l'on suppose que le taux de récupération de l'uranium contenu dans le minerai s'est élevé en moyenne à environ 92 % , la production totale d'uranium de l'usine est estimée à quelque 23 000 t d'U.

Kazakhstan

Au Kazakhstan, la prospection de l'uranium a débuté en 1948 dans le sud du pays sur le site du gisement de Kourdaï. Ce gisement a été exploité par la méthode à ciel ouvert à partir de 1957. Jusqu'en 1978, quatre combinats appartenant au ministère de la Construction mécanique de l'URSS ont extrait le minerai d'uranium en souterrain et à ciel ouvert : combinat minier Kyrgyzski et combinat minier et chimique Leninabadski au sud, combinat minier et chimique Tselinny au nord et combinat minier et chimique Prikaspiiski à l'ouest. Une quinzaine de gisements, qui ont produit au total quelque 5 000 t d'U, ont été exploités. Les gisements exploités durant cette période étaient principalement des minéralisations en filons et stockwerks.

L'extraction d'uranium par LIS à partir des gisements de type gréseux a démarré en 1978. La minéralisation est représentée par des corps minéralisés en ruban s'étendant sur des dizaines de kilomètres de longueur. Tous les gisements des provinces uranifères des bassins du Tchou-Sarysou et du Syr-Daryia appartiennent à ce type.

Ouzbékistan

En Ouzbékistan, la production d'uranium a commencé en 1946 sur plusieurs petits gisements de type filonien renfermés dans des formations volcaniques situées dans la vallée du Fergana et le district uranifère de Karamazar. Les mines ne sont plus en activité et les gisements sont épuisés. Le minerai était traité dans le centre de production d'uranium de Leninabad au Tadjikistan. L'extraction d'uranium à des fins commerciales a démarré à Outchkoudouk, en 1958, avec l'aménagement d'une mine à ciel ouvert et une mine souterraine. Le minerai a été stocké jusqu'à l'achèvement, en 1964, de l'usine de traitement hydrométallurgique de Navoï, à quelque 300 km au sud-est d'Outchkoudouk. Des expériences de LIS ont été menées sur les gisements d'Outchkoudouk dès 1963 et ont abouti en 1965 à l'application de ce procédé à l'échelle industrielle. L'exploitation minière par des méthodes classiques en souterrain a commencé sur les gisements de Sabirsaï et de Sougraly respectivement en 1966 et 1977. En 1975, la technique de LIS a été introduite à Sabirsaï pour remplacer progressivement l'extraction souterraine. L'exploitation de la mine de Sabirsaï par des méthodes classiques d'extraction souterraine a cessé en 1983. L'installation de LIS de Ketmentchi est entrée en service en 1978. En 1994, la diminution de la demande d'uranium a conduit à fermer la mine à ciel ouvert d'Outchkoudouk, ainsi que les mines de Sougraly exploitées en souterrain et par LIS. Au 1er janvier 2005, trois divisions minières produisaient de l'uranium par les techniques de LIS : la Division minière du nord (Outchkoudouk), la Division minière n° 5 (Zafarabad) et la Division minière du sud (Nourabad). La Division minière de l'est a été fermée pour des raisons économiques. Les concentrés d'uranium sont traités à l'usine hydrométallurgique de Navoï.

Russie

Le premier organisme responsable de la production d'uranium a été le complexe de Lermontov qui est devenu aujourd'hui l'entreprise publique Almaz de Lermontov. Almaz se trouve à 1,5 km de la ville de Lermontov, elle-même située dans la région ou district de Stavropol. Ce district comprend les gisements filoniens de Bechtaou et de Byk qui sont maintenant épuisés. À l'origine, ces gisements représentaient des ressources de l'ordre de 5 300 t d'U à teneur moyenne de 0,1 %. Ils ont été exploités à partir de 1950 à l'aide de deux mines souterraines. Les mines n°1 (Bechtaou) et n°2 (Byk) ont été fermées en 1975 et 1990 respectivement. Le minerai a été traité dans l'usine locale par lixiviation à l'acide sulfurique à partir de 1954, puis aussi par lixiviation en chambre ou gradins de 1965 à 1989. Dans les années 80 et jusqu'en 1991, Almaz a aussi traité du minerai d'uranium d'Ukraine et du Kazakhstan. La quantité totale d'uranium produite à partir des gisements locaux s'est élevée à 5 685 t d'U, dont 3 930 t d'U extraites de mines souterraines et 1 755 t d'U obtenues par diverses techniques de lixiviation. De 1968 à 1980, l'entreprise minière Malychevsk a produit 440 t d'U en traitant par lixiviation *in situ* le minerai du gisement de Sanarsk situé dans le district du Trans-Oural.

La société anonyme du complexe minier et chimique de Priargoun (PPGHO) est l'unique société de production d'uranium en activité dans le pays depuis une dizaine d'années. Le centre de production de Priargoun est situé dans la région de Tchita, à quelque 10-20 km de Krasnokamensk, ville qui compte environ 60 000 habitants. La production est alimentée par 19 gisements de type volcanique situés dans la zone uranifère de Streltsovsk dont la teneur moyenne en uranium est de l'ordre de 0,2 %. Cette zone s'étend sur une superficie de 150 km2. Depuis 1968, le minerai a été extrait à partir de deux mines à ciel ouvert (désormais épuisées) et de trois mines souterraines (les mines n° 1 et n° 2 sont toujours en activité et la mine n° 4 est fermée). Depuis 1974, la concentration et le traitement du minerai s'effectuent dans l'usine hydrométallurgique locale par lixiviation à l'acide sulfurique avec récupération de l'uranium par un procédé associant l'échange d'ions et l'extraction par solvants. Depuis les années 90, le minerai à faible teneur est traité à l'aide de techniques de lixiviation en tas et en chambre ou gradins. Plus de 100 000 t d'U ont été produites par le complexe de Priargoun à partir des gisements de Streltsovsk, ce qui en fait l'un des principaux centres mondiaux de production d'uranium. Avec une production cumulée de 116 683 t d'U jusqu'en 2003, la Fédération de Russie est le cinquième producteur mondial d'uranium.

Turkménistan

Au Turkménistan, la prospection de l'uranium a commencé dans les années 40. Les travaux de prospection étaient menés principalement par des géologues ouzbeks qui ont découvert le gisement de Cernoye. Ce gisement a été exploité de 1952 à 1967 avec des techniques en souterrain et à ciel ouvert. Après enrichissement par tri radiométrique *in situ* du minerai, le concentré de minerai était transporté à l'usine Mungishlak (Kazakhstan) où il était transformé en concentré d'uranium (« yellow cake »). Selon les données disponibles, la production totale d'uranium du gisement de Cernoye se situe entre 5 000 et 7 000 tonnes. La teneur du minerai en uranium était de l'ordre de 0,4/0,5 % en moyenne avec une fourchette fluctuant entre 0,1 et 20 %.

Ukraine

En 1951, le gouvernement ukrainien a décidé de créer le combinat d'extraction et de traitement de Vostotchnii (VostGOK) à Jeltiye Vody dans le nord de la région de Krivoï-Rog pour extraire le minerai d'uranium des gisements de Pervomaïskoïe et de Jeltoretchenskoïe. Le gisement de Pervomaïskoïe était entièrement épuisé en 1967 et l'exploitation du gisement de Jeltoretchenskoïe a été arrêtée en 1989. Le gisement de Mitchourinskoïe a été découvert en 1964 et les travaux de construction d'une mine, appelée Ingul'skaïa, ont débuté en 1967. Cette mine est toujours en activité. Le gisement de Vatoutinskoïe a été découvert en 1965 et la construction de la mine de Smolinsky a commencé en 1973. Deux gisements (Devladovskoïe et Bratskoïe) ont été exploités par la méthode LIS entre 1961 et 1983.

Répartition de la production d'uranium par méthode d'extraction

Les premières demandes de renseignements sur la répartition de la production par méthode d'extraction remontent à l'édition 1993 du Livre rouge. Ces demandes ont été élargies par la suite et elles se sont concrétisées, lors de la préparation de l'édition 2003, par l'ensemble de données le plus complet jamais élaboré. Le tableau 7.3 compile les données sur la production d'uranium par méthode d'extraction entre 1990 et 2003 (hormis 1991, année pour laquelle les données n'étaient pas disponibles). La figure 7.18 exprime les mêmes données, mais en pourcentage, et la figure 7.19 compare la production entre 1990 et 2003.

L'extraction en souterrain et à ciel ouvert a représenté plus de 75 % de la production mondiale d'uranium entre 1990 et 2003. Ce pourcentage monte à 90 % si l'on y ajoute la LIS (figure 7.18). La part de l'uranium en coproduit ou sous-produit est artificiellement basse sur la figure 7.18 parce que cette production était incluse dans la catégorie "Autres" jusqu'en 2000. Inversement, la catégorie « Autres » s'en trouve accrue d'autant.

La figure 7.19 compare la part de chaque méthode d'extraction dans la production d'uranium en 1990 et en 2003 afin de déterminer si, et le cas échéant dans quelle mesure, l'industrie de l'uranium a évolué au cours de cette période. Il apparaît que l'industrie de l'uranium s'est profondément transformée pour s'adapter à une longue période de prix bas et de changements politiques. La production en souterrain et à ciel ouvert a baissé de 10 et 15 % respectivement à la suite de la fermeture de mines provoquée, dans le monde entier, par des coûts de production élevés et des prix de l'uranium bas. Les pertes de production consécutives à la fermeture de mines à ciel ouvert dans la CEI, aux États-Unis et au Gabon, et à la réduction de la production d'autres mines à ciel ouvert dans d'autres pays ont été compensées en partie par l'ouverture de la mine de McClean Lake en Saskatchewan en 1999, de la mine de Lagoa Real au Brésil en 2000 et de l'augmentation de la capacité de la mine Ranger en Australie en 1997.

Pareillement, les pertes de production consécutives à la fermeture de mines souterraines dans la CEI, aux États-Unis, en France, en Hongrie et en République tchèque, ont été compensées en partie par l'ouverture de la mine MacArthur River en Saskatchewan en 1999. L'augmentation de 15 % de la production d'uranium par LIS entre 1990 et 2003 est due à la hausse de la production au Kazakhstan et en Ouzbékistan et à l'ouverture de la mine Beverley en Australie en 2000, de la mine Yining en Chine en 1997, de la mine Dalmatavoskoïe (installation pilote) en Russie en 2002 et de la mine Smith Ranch aux États-Unis en 1997. Ces augmentations de production sur des sites existants et l'ouverture de nouvelles mines ont plus que compensé la fermeture de plusieurs installations LIS aux États-Unis entre 1990 et 2000.

La production d'uranium comme coproduit ou sous-produit a représenté 9,4 % de la production totale d'uranium en 2003. Toutefois, pour pouvoir comparer directement les chiffres de 1990 et de 2003, il

Tableau 7.3. Production d'uranium par méthode d'extraction

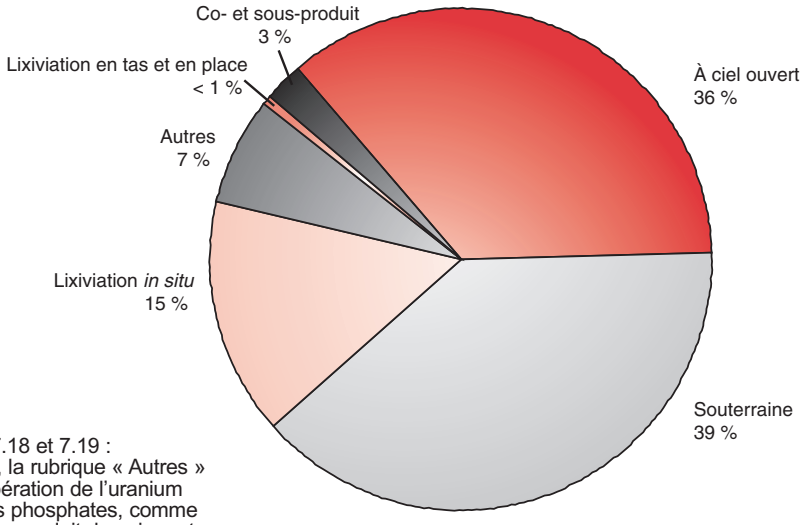
Méthode d'extraction	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Mine à ciel ouvert	38	ND	41	42	38	37	39	49	39	35	28	26,1	26,8	27,8
Mine souterraine	55	ND	33	32	41	43	40	32	40	36	43	44,2	43,1	41,6
Lixiviation *in situ* (LIS)	6	ND	15	15	14	14	13	13	13	17	15	15,5	18,3	18,4
Autres méthodes*	1	ND	11	11	7	6	8	6	8	12	14	0,5	0,8	0,5
Lixiviation en tas												1,2	1,7	1,9
Lixiviation en place												0,1	0,1	<0,1
Co-/sous-produit												12,4	9,1	9,7

* De 1990 À 2000, la rubrique « Autres » englobe la récupéraion de l'uranium contenu dans les phosphates, comme coproduit ou sous-produit du cuivre et de l'or, par lixiviation en place/gradins, par lixiviation en tas et par récupération dans les eaux de mine.

ND = Non disponible.

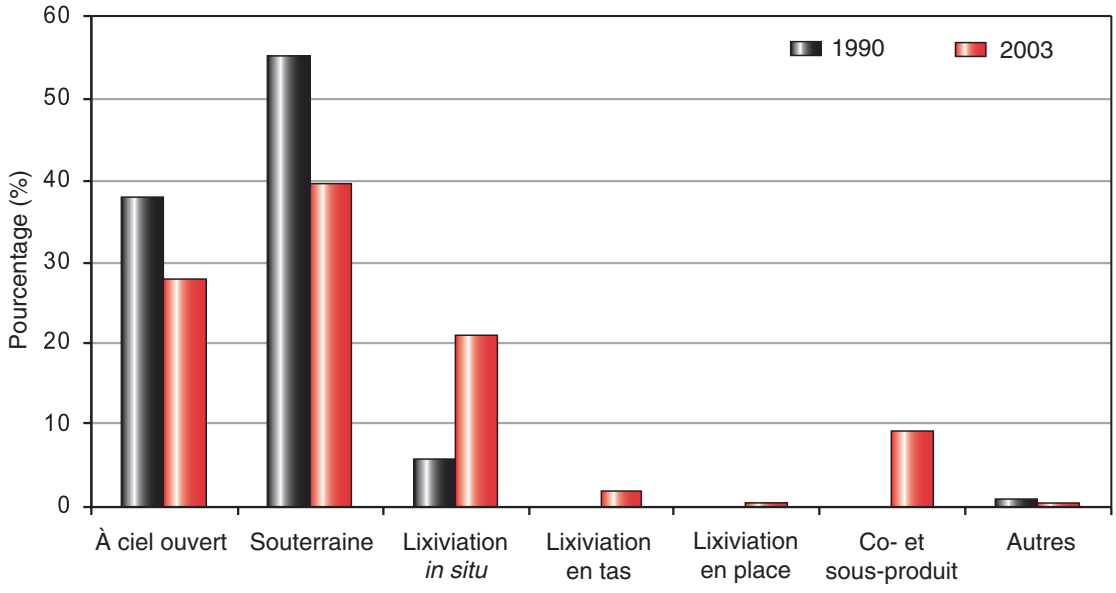
convient d'y ajouter la part de la lixiviation en place et de la lixiviation en tas, comme c'était le cas en 1990, ce qui porte le total de ce groupe à 12 % de la production totale d'uranium en 2003. Le bond de 1 % en 1990 à 12 % en 2003 de la production relevant de la catégorie « Autres » est presque entièrement dû à l'augmentation de la production de la mine australienne d'Olympic Dam où l'uranium est récupéré comme coproduit du cuivre. L'or et l'argent y sont aussi récupérés comme coproduits. Cette hausse de production a plus que compensé la baisse de la production d'uranium comme sous-produit de l'or en Afrique du Sud et l'arrêt de la récupération de l'uranium dans la production d'acide phosphorique aux États-Unis et en Belgique en 1999.

Figure 7.18. Répartition de la production totale d'uranium entre 1990 et 2003 par méthode d'extraction



Note des figures 7.18 et 7.19 :
* De 1990 à 2000, la rubrique « Autres » englobe la récupération de l'uranium contenu dans les phosphates, comme coproduit ou sous-produit du cuivre et de l'or, par lixiviation en place/gradins, par lixiviation en tas et par récupération dans les eaux de mine.

Figure 7.19. Production de 1990 et de 2003 par méthode d'exraction (en %)



Emploi dans les centres de production d'uranium

On ne dispose pas de données historiques exhaustives sur l'emploi dans les centres de production d'uranium, mais les données disponibles pour un certain nombre de pays sont suffisamment complètes pour donner une idée des tendances de l'emploi entre 1980 et 2003. La figure 7.20 retrace les tendances de l'emploi dans six pays au cours de cette période et le tableau 7.4 donne l'évolution des chiffres de l'emploi par tranche de cinq ans pour ces six pays et pour six autres. Ces douze pays ont assuré globalement quelque 97 % de la production mondiale d'uranium en 2003. L'annexe 7.3 indique les chiffres de l'emploi dans l'industrie de l'uranium par pays.

Bien que les données de la figure 7.20 et du tableau 7.4 soient loin d'être complètes, elles reflètent l'histoire récente de l'industrie de l'uranium. L'effondrement de l'emploi aux États-Unis entre 1980 et 1985 est allé de pair avec la chute de la production qui est tombée de 16 811 t d'U à 4 352 t d'U dans la même période. Pareillement, la forte chute des effectifs en Allemagne entre 1989 et 1993 est la conséquence de la fermeture des centres de production. Après 1993, les emplois concernent pour l'essentiel les activités de démantèlement et de remise en état des sites de production de l'ex-RDA.

Bien que beaucoup moins impressionnants qu'en Allemagne et aux États-Unis, les chiffres enregistrés dans la plupart des autres pays cités à la figure 7.20 et sur le tableau 7.4 font ressortir, dans l'ensemble, une baisse de l'emploi dans le secteur de la production d'uranium. Cette baisse de l'emploi est parfois associée à une diminution de la production, mais pas toujours. Ainsi, malgré la baisse des effectifs enregistrée au Canada entre 1983 et 1994, la production y a augmenté d'environ 40 % parce que de nouveaux gisements riches ont été mis en production dans le bassin d'Athabasca. Tout en maintenant l'emploi à un niveau relativement bas entre 1990 et 2003, le Canada est devenu le premier producteur mondial d'uranium. En 2003, il a fourni environ 30 % de la production mondiale alors que ses effectifs ne représentaient que 2 % de l'emploi du secteur. Cette contradiction apparente s'explique par le rendement de ses gisements à haute teneur qui permettent de produire une même quantité d'uranium (en t d'U/an) en extrayant et en traitant des volumes de minerai plus faibles que dans les gisements pauvres, donc en utilisant moins de personnel.

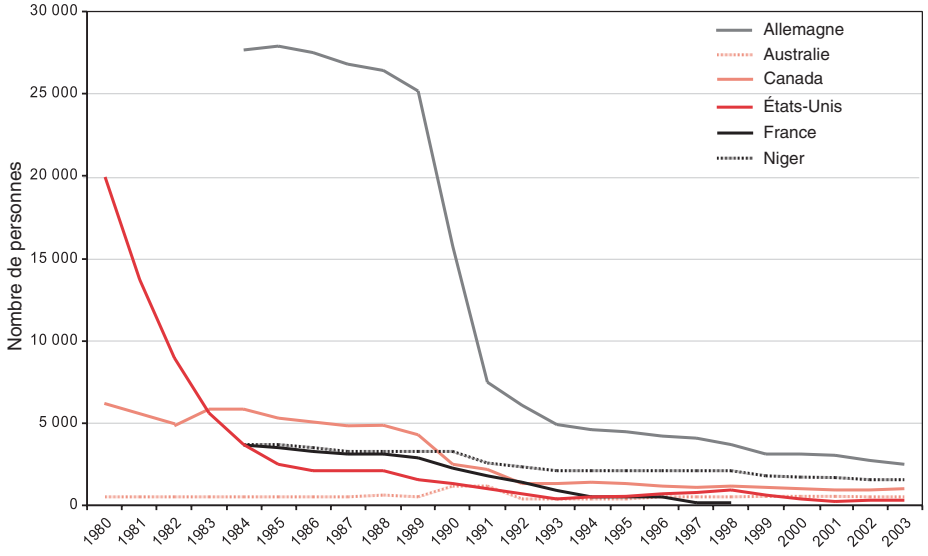
Tableau 7.4. Emploi dans les centres de production d'uranium (1980-2003)

Pays	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Allemagne*	85	27 893	15 710	4 400	3 115	2 444
Australie	500	460	1 183	413	527	655
Canada	6 100	5 333	2 495	1 350	1 026	965
Chine	NA	NA	10 000	8 000	8 500	7 700
États-Unis	19 920	18 389	2 446	535	401	204
France	NA	3 508	2 276	468	NA	NA
Kazakhstan	NA	NA	NA	6 850	4 000	3 870
Namibie	NA	NA	NA	1 246	902	780
Niger	NA	3 552	3 173	2 109	1 680	1 606
Ouzbékistan	NA	NA	NA	7 378	7 331	8 460
Roumanie	NA	NA	NA	6 000	2 150	2 000
Russie	NA	NA	NA	14 000	12 500	12 785

* Les années 1985 et 1990 incluent les chiffres de la RDA; depuis 1995, tous les emplois concernent les activités de réaménagement des sites.

Un enseignement important de l'exemple du Canada est qu'il n'y a pas toujours une corrélation directe entre le niveau des effectifs et les tendances de la production. Dans un certain nombre de pays en développement, par exemple, le maintien d'un emploi stable peut être un paramètre clé. C'est pourquoi la production peut diminuer plus vite que l'emploi. D'un autre côté, l'amélioration du rendement (ou l'exploitation de gisements plus riches) est un moyen de stabiliser ou de diminuer le niveau de l'emploi tout en augmentant la production.

Figure 7.20. Emploi dans les centres de production d'uranium de certains pays (1980-2003)



Propriété de la production d'uranium

Le Livre rouge subdivise la propriété de la production d'uranium en quatre catégories selon que les compagnies minières mènent leurs activités sur le sol national ou à l'étranger et qu'elles sont publiques ou privées.

Ce n'est que depuis 1992, lorsque les données sur la structure de la propriété de la production d'uranium en Chine, dans la CEI et dans les pays d'Europe de l'Est ont été publiées pour la première fois, qu'il est possible d'effectuer des comparaisons annuelles approfondies dans ce domaine. En 1992, ces données n'étaient disponibles que pour 85 % de la production mondiale d'uranium. Depuis 1994, toutes les éditions du Livre rouge présentent des données qui couvrent l'ensemble de la production mondiale d'uranium (tableau 7.5).

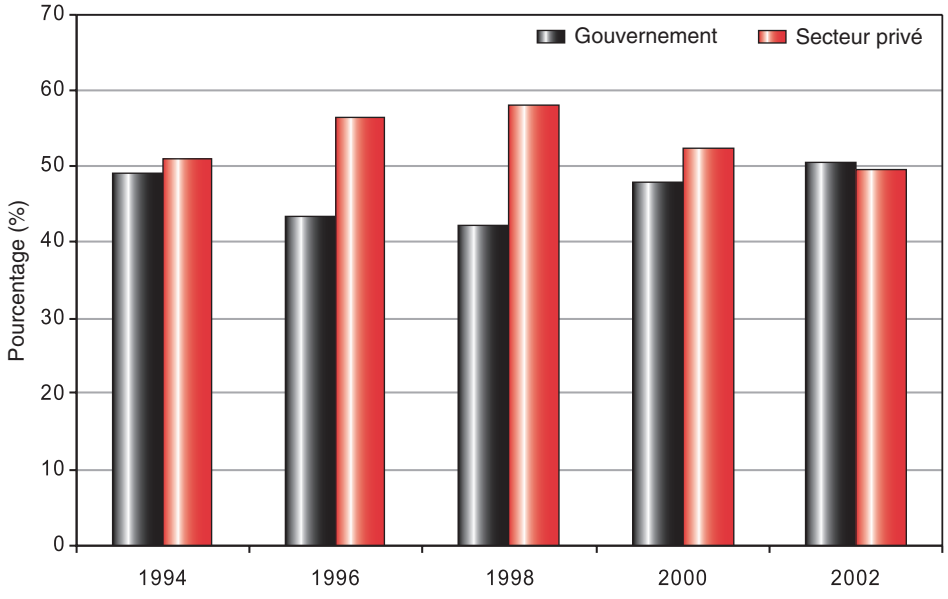
La structure du secteur de la production d'uranium n'a guère évolué au cours des huit dernières années (figure 7.21). La production d'uranium se répartissait à peu près également entre les compagnies publiques et privées aussi bien en 1994 qu'en 2002. Le principal changement est intervenu au Canada où la production contrôlée par une compagnie canadienne dont une partie du capital était alors détenue par le secteur public (Cameco Corporation) est passée de 40 % de la production nationale en 1990 à 0 % en 2002. Entretemps, les actionnaires publics (gouvernement et province) avaient cédé leurs parts. Cependant, le secteur public (compagnies canadiennes et étrangères confondues) contrôlait encore près de 47 % de la production canadienne d'uranium parce que la COGEMA a pris une participation dans les centres de production de McArthur River et de Key Lake et a des intérêts dans d'autres centres de production, dont Cluff Lake et McClean Lake, bien que ce dernier site ait été fermé fin 2002 et soit en cours de démantèlement.

En 1994, 12 pays ont indiqué que leur production d'uranium était contrôlée à 100 % par le secteur public : Allemagne, Brésil, Bulgarie, Chine, Inde, Kazakhstan, Ouzbékistan, Pakistan, République tchèque, Roumanie, Russie et Ukraine. En 2002, il n'y en avait plus que 11. Deux pays avaient été retirés de la liste (la Bulgarie et le Kazakhstan, dont le secteur public contrôle désormais 97 % de la production nationale) et un nouveau (la Hongrie) y avait été ajouté. De façon surprenante, l'Afrique du Sud est le seul pays à avoir déclaré qu'en 2002 sa production d'uranium était entièrement dans des mains de capitaux privés. Pour la Namibie et les États-Unis, les chiffres correspondants étaient de 97 % et 99 % respectivement.

Tableau 7.5. Propriété de la production d'uranium (1992-2002)

	Compagnies minières nationales				Compagnies minières étrangères				Total de la production
	Secteur public		Secteur privé		Secteur public		Secteur privé		
	t d'U	%	t d'U	%	t d'U	%	t d'U	%	t d'U
1992	17 309	48,2	8 373	23,3	1 474	4,1	3 521	9,8	35 919
1994	13 415	42,5	10 815	34,3	2 079	6,6	5 246	16,6	31 555
1996	10 666	29,5	13 365	36,9	5 060	14,0	7 104	19,6	36 195
1998	11 187	32,0	15 050	43,0	3 587	10,2	5 212	14,9	34 986
2000	11 105	30,8	11 191	31,0	6 167	17,1	7 548	20,9	36 111
2002	11 404	31,6	11 800	32,7	6 827	18,9	6 011	16,7	36 033

Figure 7.21. Tendances d'évolution de la propriété de la production d'uranium (1994-2002)



Projection de la capacité de production d'uranium

L'analyse de la production de l'uranium présentée ci-dessus était centrée sur des informations historiques figurant dans les différentes éditions du Livre rouge. Le Livre rouge contient également des projections de la capacité théorique de production qui sont établies pour quatre scénarios :

- scénario A-I : capacité théorique de production des centres existants et commandés alimentés exclusivement par des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts <40 USD/kg d'U ;
- scénario A-II : capacité théorique de production des centres existants et commandés alimentés exclusivement par des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts <80 USD/kg d'U ;
- scénario B-I : capacité théorique de production des centres existants, commandés, prévus et envisagés alimentés exclusivement par des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts <40 USD/kg d'U ;
- scénario B-II : capacité théorique de production des centres existants, commandés, prévus et envisagés alimentés exclusivement par des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts <80 USD/kg d'U.

Les projections données dans les éditions du Livre rouge concernent la capacité théorique de production des installations actuelles et de celles qui pourraient être construites ultérieurement. Lors de l'analyse de ces projections, il importe de bien distinguer la production réelle de la capacité totale. La figure 7.22 compare la production annuelle mondiale avec la capacité théorique entre 1968 et 2003. Au cours de ces trente-cinq années qui représentent la quasi-totalité de l'histoire moderne de la production de l'uranium et ont vu tant de situations économiques diverses, le ratio entre la capacité de production et la production annuelle se situe en moyenne à 0,76, ce qui signifie que cette capacité dépassait en moyenne de 24 % la production. De 1968 à 2003, ce ratio a varié entre 0,88, sa valeur la plus forte, en 1981 et 0,57, la plus faible, en 1999.

La production n'a donc jamais été égale à la capacité pour des raisons qui sont nombreuses. Les problèmes techniques dont la pénurie d'équipements et de fournitures en sont une. Les conflits du travail peuvent perturber la production pendant un temps plus ou moins long. Une baisse de la teneur en minerai dans certaines parties de la mine sera à l'origine d'une production de yellowcake moins importante, même si les tonnages traités ne varient pas par rapport aux années précédentes. Enfin, nombreux sont les producteurs qui s'efforcent d'ajuster au plus près la production sur les contrats et qui produisent moins lorsque la demande est faible et plus lorsqu'elle reprend. S'il est plus fréquent de voir des mines produire moins que leur capacité, il existe néanmoins de nombreux exemples de mines ayant produit plus que leur capacité nominale, en particulier en période d'exploitation des parties à forte teneur d'un gisement. Parfois encore, des améliorations des traitements ou le dégoulottage d'une usine permettent effectivement une augmentation de capacité. Si ces changements sont jugés définitifs, les producteurs doivent normalement faire mettre à jour leur licence de production et obtenir des autorités réglementaires l'autorisation de produire davantage.

La figure 7.23 récapitule les projections de la capacité théorique de production pour le scénario A-II dans les éditions du Livre rouge de 1975 à 2003. La courbe du prix de marché a été ajoutée de façon à donner une indication de la conjoncture au moment où les projections ont été faites. Le prix de marché au moment des projections de 1975 était proche de 62 USD/kg d'U. Cette année là, les projections donnaient une capacité qui passerait de 25 600 t d'U en 1975 à 60 000 t d'U en 1980 et à 87 000 t d'U en 1985. Les projections effectuées en 1977 et 1979, lorsque le prix de marché atteignait 111 USD/kg d'U dénotent une vision tout aussi optimiste de la croissance de la capacité théorique de production. La prévision de 1979, à une époque où le prix de marché avait atteint un record historique, donnait une capacité théorique de production de 123 000 t d'U en 1995 dans le scénario A-II, c'est-à-dire la projection la plus élevée que l'on ait jamais trouvée dans le Livre rouge pour tous les scénarios.

Cet optimisme date d'avant l'accident de Three Mile Island, qui a eu les effets que l'on sait sur le prix de marché. Le tableau 7.6 permet de comparer les projections effectuées en 1979 avec celles de 1982 à 1993 effectuées pour les mêmes années. À quelques exceptions près, un prix bas de l'uranium sur le marché se traduit inévitablement par des prévisions de capacité inférieures à celles obtenues pour la même année à un moment où les prix étaient élevés.

Figure 7.22. Comparaison de la production et de la capacité de production mondiales

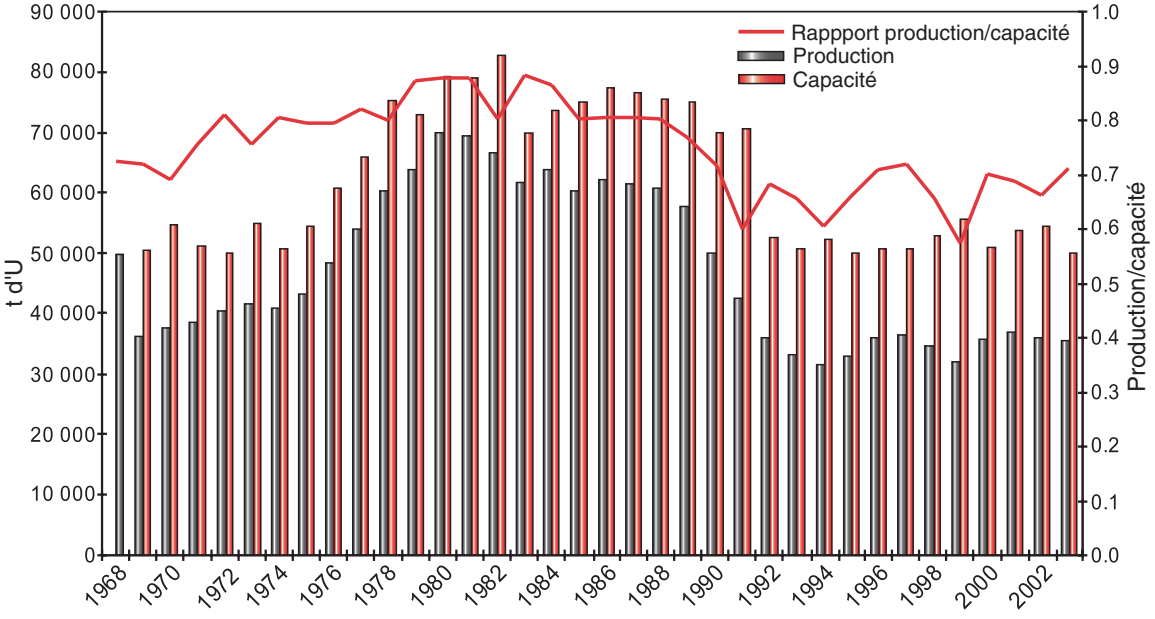
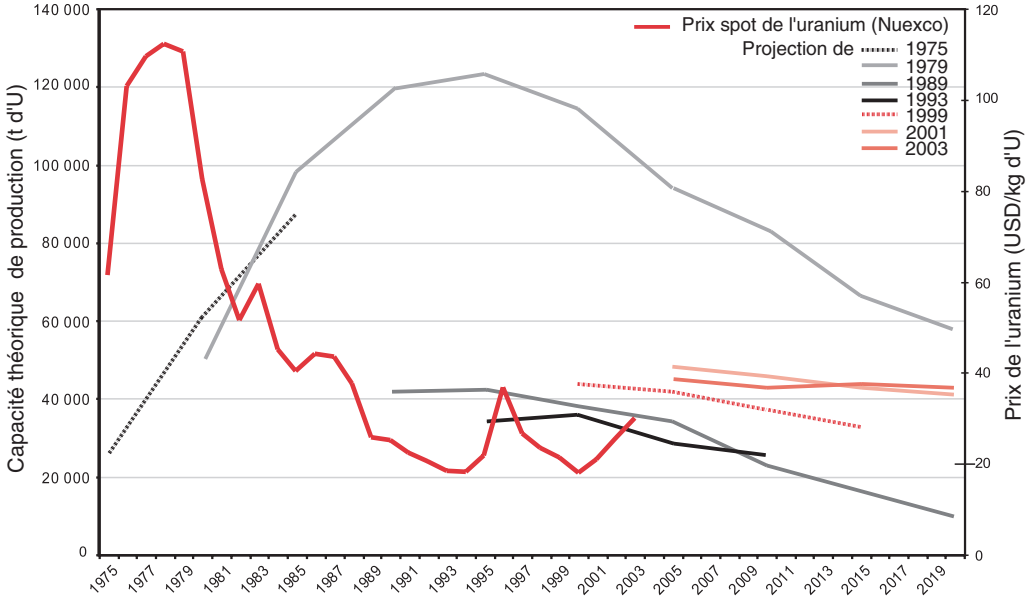


Figure 7.23. Projection de la capacité théorique de production pour le scénario A-II (éditions du Livre rouge de 1975 à 2003)



Le tableau 7.7 permet de comparer les valeurs projetées et réelles de la capacité théorique de production données dans les éditions du Livre rouge de 1975 à 1993. Sans surprise, on s'aperçoit que plus l'écart se réduit entre la projection et l'année où elle est faite, plus la projection est proche de la capacité de production réelle. Si l'on fait abstraction de cet effet inévitable, on note que les valeurs de la capacité théorique projetée et réelle varient de manière significative. Les projections effectuées à des époques où les prix atteignaient des sommets étaient supérieures à la capacité théorique réelle. À titre d'illustration, la projection de 1999, effectuée pour 1995, s'est révélée quatre fois supérieure à la capacité théorique constatée en 1995. Généralement, les projections de la capacité théorique de production en 1995 qui avaient été effectuées de 1979 à 1993 étaient supérieures à la capacité théorique réelle bien que, dans une moindre proportion, à mesure que l'on avançait dans les prévisions.

Tableau 7.6. Comparaison des projections de capacité de production (1979-1993)

Année de la projection	Prix spot – année de projecion (USD/kg d'U)	Projection pour 1985 (t d'U)	Projection pour 1990 (t d'U)	Projection pour 1995 (t d'U)
1979	111,00	87 000	119 300	123 000
1982	51,74	92 000	70 230	
1986	44,20		48 530	45 730
1988	37,83		42 150	41 760
1989	28,00		42 400	42 760
1991	22,60		32 930	37 230
1993	18,24			34 740

Tableau 7.7. Comparaison des valeurs projetées et réelles de la capacité de production pour le scénario A-II (t d'U)

Année de projection	1980		1985		1990		1995		2000		2005	
	Projection	Valeur réelle	Projection	Valeur réelle	Projection	Valeur réelle	Projection	Valeur réelle	Projection	Valeur réelle	Projection	Valeur réelle
1975	60 000	51 000	87 000	44 400	110 000	32 630						
1977	53 000	51 000	92 000	44 400								
1979	50 100	51 000	98 000	44 400	119 300	32 630	123 000	31 024	94 000	43 883		
1982			72 570	44 400	70 230	32 630						
1986					48 530	32 630	45 730	31 024				
1988					42 150	32 630	41 760	31 024	35 660	43 883		
1989					42 400	32 630	42 760	31 024	38 300	43 883		
1991					32 930	32 630	37 230	31 024	32 350	43 883	34 200	48 645
1993							34 740	31 024	36 160	43 883	30 800	48 645
1995									30 584	43 883	20 606	48 645
1997									45 201	43 883	33 361	48 645
1999									43 833	43 883	43 750	48 645
2001											48 319	48 645
2003											45 295	48 645

Par comparaison, les projections faites dans les éditions du Livre rouge de 1988 à 1995 pour l'année 2000 sous-estimaient la capacité théorique de production de cette année dans le scénario A-II qui se limite aux ressources des centres de production existants et commandés. Toutefois, si l'on élargit le champ de l'analyse au scénario B-II, qui inclut les centres de production prévus et envisagés, l'écart entre les valeurs projetées et actuelles de la capacité de production se resserre (tableau 7.8). Le tableau 7.9 contient les ratios entre les valeurs projetées entre 1988 et 2003 les valeurs réelles de la capacité théorique dans les deux scénarios A-II et B-II. Un ratio inférieur à 1 signifie que la capacité réelle était supérieure à la capacité projetée, un ratio supérieur à 1, l'inverse.

Quelles que soient les comparaisons effectuées entre les valeurs projetées et réelles de la capacité, il n'existe pas d'explication simple à l'intervalle de variation des ratios (tableau 7.9). Le ratio est d'autant plus proche de 1 que la date de projection se rapproche de celle pour laquelle on projette la capacité. Des prix élevés au moment où les projections sont effectuées donnent en général des projections optimistes ; à l'inverse, des prix faibles ont un effet modérateur sur les projections. Bien que l'on ne puisse pas dégager de schéma de ces ratios, qu'il s'agisse des projections effectuées pour 2000 ou 2005, les ratios moyens pour le scénario B-II sont plus proches de 1,0. Toutefois, c'est également dans ce scénario que les ratios varient le plus, comparés au scénario A-II. Par conséquent, l'enseignement le plus intéressant que l'on puisse tirer de ces comparaisons est qu'il convient de manier ces projections avec précaution car elles ont un lien direct avec l'équilibre projeté entre l'offre et la demande.

Tableau 7.8. Comparaison des valeurs projetées et réelles de la capacité de production pour les scénarios A-II et B-II (t d'U)

Année de projection	2000			2005		
	Projection A-II	Projection B-II	Valeur réelle	Prijection A-II	Projection B-II	Valeur réelle
1988	35 660	40 340	43 883			
1989	38 300	45 730	43 883	34 195	42 015	48 645
1991	32 350	37 200	43 883	30 800	34 300	48 645
1993	36 160	48 184	43 883	28 622	37 636	48 645
1995	30 584	41 465	43 883	20 606	38 971	48 645
1997	45 201	59 835	43 883	33 361	61646	48645
1999	43 833	45 752	43 883	43 750	61 192	48 645
2001				48 319	56 074	48 645
2003				45 295	51 155	48 645

Tableau 7.9. Ratio entre les valeurs projetées et réelles de la capacité de production pour les scénarios A-II et B-II

	2000			2005		
	Projection A-II	Projection B-II	Ratio moyen	Projection A-II	Projection B-II	Ratio moyen
1988	0,81	0,92	0,87			
1989	0,87	1,04	0,96	0,70	0,86	0,78
1991	0,74	0,85	0,79	0,63	0,71	0,67
1993	0,82	1,10	0,96	0,59	0,77	0,68
1995	0,70	0,94	0,82	0,42	0,80	0,61
1997	1,03	1,36	1,20	0,69	1,27	0,98
1999	1,00	1,04		0,90	1,26	1,08
2001				0,99	1,15	1,07
2003				0,93	1,05	0,99
Moyenne	**0,85**	**1,04**	**0,93**	**0,73**	**0,98**	**0,86**

Conclusions concernant la production d'uranium

- Depuis 1945, 35 pays ont communiqué les valeurs de leur production. De 507 t d'U en 1945, la production a culminé à 69 692 t d'U en 1980 avant de décroître progressivement à 31 503 t d'U en 1994. De 1994 à 2003 la production annuelle a varié dans un intervalle relativement étroit, de 31 500 à 37 020 t d'U.
- La production cumulée de 1945 à 2003 s'élève à 2 204 732 t d'U. Les besoins cumulés des centrales nucléaires au cours de cette période avoisinent 1 513 300 t d'U.
- Jusqu'en 1991, l'uranium extrait et traité (source primaire) dépassait les besoins des centrales nucléaires. De 1991 à 2003, la différence entre la production primaire et les besoins des centrales nucléaires a été comblée par la production secondaire. En 2003, ces deux sources d'approvisionnement arrivaient pratiquement à égalité.
- Entre 1990 et 2003, l'extraction dans des mines à ciel ouvert et souterraines assurait 75 % de la production mondiale. L'extraction par lixiviation *in situ* (LIS) représentait, elle, 15 % de la production mondiale. De 1990 à 2003, l'extraction à ciel ouvert et souterraine ont régressé tandis que la LIS et la production d'uranium comme coproduit ou sous-produit voyaient leur pourcentage de la production mondiale augmenter.
- L'emploi dans le secteur de l'extraction et du traitement de l'uranium n'a cessé de s'éroder dans les grands pays producteurs au cours des vingt dernières années. Cette érosion résulte tant de la fermeture d'usines et que de l'augmentation de la productivité dans des installations en service.
- Les projections de la capacité de production d'uranium ont été de tous temps influencées par le prix de l'uranium sur le marché. Des prix élevés donnent des prévisions optimistes supérieures à la capacité réelle, tandis que des prix faibles conduisent à des évaluations plus pessimistes, et sous-estiment la capacité réelle.
- Au cours de l'histoire, la production d'uranium a varié entre 55 et 88 % de la capacité de production, soit 76 % en moyenne.
- **Afrique du Sud.** Comme les États-Unis, l'Afrique du Sud a vu sa production diminuer de manière dramatique après avoir culminé en 1980. Cette production pourrait reprendre un peu à court terme si la hausse des prix de l'uranium et de l'or justifie l'aménagement de nouvelles mines, voire l'installation de circuits de traitement de l'uranium supplémentaires dans un plus grand nombre d'installations.
- **Australie.** De petit producteur entre 1965 et 1975, l'Australie est devenue l'un des principaux producteurs d'uranium mondiaux, avec 21 % de la production mondiale en 2003. Étant donné les projets d'augmentation de la capacité d'Olympic Dam, l'Australie devrait se maintenir dans le peloton de tête.
- **Canada**. Le Canada compte parmi les plus gros producteurs depuis que l'on a commencé à produire de l'uranium. Ce pays représentait 11 % de la production en 1965, 18 % en 1985 et 29 % en 2003. Le Canada détient en effet le plus grand gisement d'uranium à forte teneur que l'on connaisse et ne devrait pas perdre sa position de champion mondial de la production d'uranium au cours des dix prochaines années au moins.
- **États-Unis.** Les États-Unis, qui occupaient la première place mondiale en 1980, avec 24 % environ de la production totale, ont vu leur production tomber à 2% du total mondial en 2003. La décision des producteurs américains de fermer les mines et usines classiques pour se concentrer sur la production par la technique de la LIS a amorcé le déclin du pays. La production pourrait reprendre vigueur, mais il est improbable qu'elle retrouve un jour un niveau approchant un tant soit peu celui atteint dans les années 80.

- **France et Allemagne.** La France et l'Allemagne (RDA) produisaient beaucoup en 1965 et sont restées en bonne position jusqu'en 1990 environ, moment où leur production a commencé à régresser considérablement. La France a cessé de produire en 2001 car elle avait épuisé ses ressources rentables. Après la réunification de l'Allemagne, en 1990, ce pays n'a plus produit d'uranium, si ce n'est celui récupéré lors du réaménagement des usines de production.
- **NEI.** Les NEI constituaient ensemble une force importante dans le secteur de la production d'uranium entre 1965 et 1991, l'année de la dissolution de l'Union soviétique. Depuis, le Kazakhstan s'est révélé un producteur important qui représentait environ 9 % de la production mondiale en 2003. Possédant une base de ressources importante à un coût relativement faible et susceptible d'être exploitée par LIS, le Kazakhstan pourrait ravir au Canada sa place de leader mondial au cours des dix à quinze prochaines années.
- **République tchèque.** Après la dissolution de l'URSS, la production tchèque a considérablement baissé. Ce pays ne possède plus aujourd'hui qu'une seule mine classique bien qu'il continue de récupérer de l'uranium par LIS lors des travaux de réaménagement des sites miniers.

8. STOCKS D'URANIUM NATUREL ET ENRICHI

Jusqu'en 1990, la production d'uranium dépassait les besoins des centrales nucléaires. La situation s'est inversée ensuite (figure 7.5). En 2003, la production cumulée dépassait les besoins cumulés d'environ 691 400 t d'U (figure 7.6). Cependant, la production d'uranium de qualité militaire est probablement incluse dans la production totale cumulée alors que l'uranium militaire n'est pas pris en compte dans la demande cumulée. Le volume exact de matière initialement destinée à des usages militaires n'est pas connu, pas plus que la quantité qui reste dédiée aux besoins militaires, et donc la part qui deviendra disponible pour des applications civiles. Par conséquent, même si la production cumulée dépasse les besoins, cela ne donne pas une idée exacte de la matière excédentaire dont les applications civiles de l'uranium pourront finalement disposer.

Tel qu'il était utilisé dans le Livre rouge, le terme « stocks » englobe les différentes catégories de stocks. Ainsi, les stocks d'uranium civil, qui sont détenus essentiellement par les compagnies d'électricité, comprennent les stocks stratégiques pour se protéger des ruptures d'approvisionnement, la charge en œuvre dans les installations du cycle du combustible et les stocks excédentaires disponibles sur le marché. Les stocks stratégiques d'uranium naturel représentent en général un à deux ans de consommation pour les entreprises d'électricité et environ un an pour les producteurs. Courtiers et spéculateurs détiennent aussi des stocks pour tirer parti des fluctuations des prix de marché. Les États conservent des stocks d'uranium naturel pour diverses raisons stratégiques, mais ces stocks n'apparaissent pas bien dans les renseignements communiqués pour le Livre rouge, notamment pour des raisons de sécurité nationale. Afin de donner un aperçu de stocks globaux, ces stocks stratégiques font l'objet d'une estimation. L'annexe 8.1 donne les chiffres de stocks d'uranium par pays et l'annexe 8.2 récapitule les politiques menées dans un certain nombre de pays en matière de stocks d'uranium.

Historique de la publication des stocks d'uranium

C'est dans l'édition 1976 du Livre rouge qu'il est fait état, pour la première fois, de stocks d'uranium, huit pays ayant déclaré un total de 82 595 tonnes d'équivalent uranium naturel réparties respectivement entre les États, les producteurs et les utilisateurs à concurrence de 76 %, 20 % et 4 %. Cependant, l'inventaire de 1976 n'était pas forcément complet parce que beaucoup de pays ont marqué « non disponible » en face d'une ou de plusieurs catégories de stocks, ce qui signifie que l'existence de matière nucléaire relevant de l'une ou l'autre catégorie a pu ne pas être déclarée. Alors que les stocks d'uranium représentent une importante source d'offre secondaire, peu de pays ont donné des renseignements détaillés complets sur leurs stocks d'uranium dans le Livre rouge. Des pays détenant des stocks importants n'ont jamais été en mesure de donner des renseignements à ce sujet, principalement pour des raisons de sécurité nationale ou de confidentialité commerciale. Le tableau 8.1 récapitule les stocks d'uranium non appauvri communiqués entre 1975 et 2003 ainsi que les ratios calculés stocks/besoins. Le tableau 8.2 indique les stocks d'uranium appauvri [référence 8-1]. La figure 8.1 donne le ratio entre les stocks et les besoins.

Une communication incomplète des stocks d'uranium et la nécessité d'estimer les niveaux des stocks pour en donner un aperçu relativement complet font obstacle à toute analyse approfondie des stocks d'uranium. Le nombre de pays donnant des renseignements sur leurs stocks d'uranium a fluctué entre sept et dix-sept. Il n'a cependant pas une grande influence sur les tendances d'évolution du ratio entre les stocks et les besoins, probablement parce que les estimations des stocks totaux ont contribué à compenser les déclarations incomplètes. La diminution de ce ratio, qui s'est amorcée entre 1983 et 1986, est

vraisemblablement due à la conjonction d'une diminution des stocks et d'une augmentation des besoins. Son amorce coïncide à peu près avec la baisse de la production d'uranium qui a commencé en 1982. Elle peut aussi caractériser un marché du combustible nucléaire parvenu à maturité et se traduisant par un accroissement des livraisons de combustible en flux tendus, donc rendant superflu le maintien de stocks volumineux. Comme il est indiqué plus haut, l'utilisation des stocks a réduit les besoins d'uranium primaire et contribué à la baisse de la production au lendemain des accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl.

Depuis 1991, le ratio entre les stocks et les besoins d'uranium non appauvri est d'environ 1,5 en moyenne ; il fluctue à l'intérieur d'une bande étroite dont les limites inférieure et supérieure se situent respectivement entre un tout petit peu moins de 1,0 et 1,9. Cette stabilité reflète probablement le fait que les stocks ont atteint les niveaux stratégiques fixés par les entreprises d'électricité et les producteurs pour se protéger contre les risques de rupture d'approvisionnement.

Tableau 8.1. Stocks d'uranium non appauvri et besoins d'uranium (en équivalent uranium naturel)

	Stocks totaux* (t d'U)	Besoins (t d'U)	Ratio stocks/ besoins
1976	83 000	23 137	3,6
1977	98 617	25 251	3,9
1979	140 303	29 301	4,8
1983	148 985	29 870	5,0
1986	154 386	37 421	4,1
1988	125 930	42 007	3,0
1989	125 717	51 446	2,4
1991	107 286	55 084	1,9
1993	88 124	58 437	1,5
1995	109 177	61 377	1,8
1997	89 678	63 757	1,4
1999	108 122	61 589	1,8
2001	69 033	64 329	1,1
2003	65 103	68 435	1,0

* y compris les stocks estimés d'après la politique menée en matière de stocks.

Tableau 8.2. Stocks d'uranium appauvri

Pays	(t d'U)
Chine, R.P.	2 000
Corée, République de	200
États-Unis	480 000
France	190 000
Japon	10 000
Royaume-Uni	30 000
Russie, Fédération de	460 000
URENCO (Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni)	16 000
Total	**1 188 200**

Source : OCDE, Gestion de l'uranium appauvri, Paris, 2001.

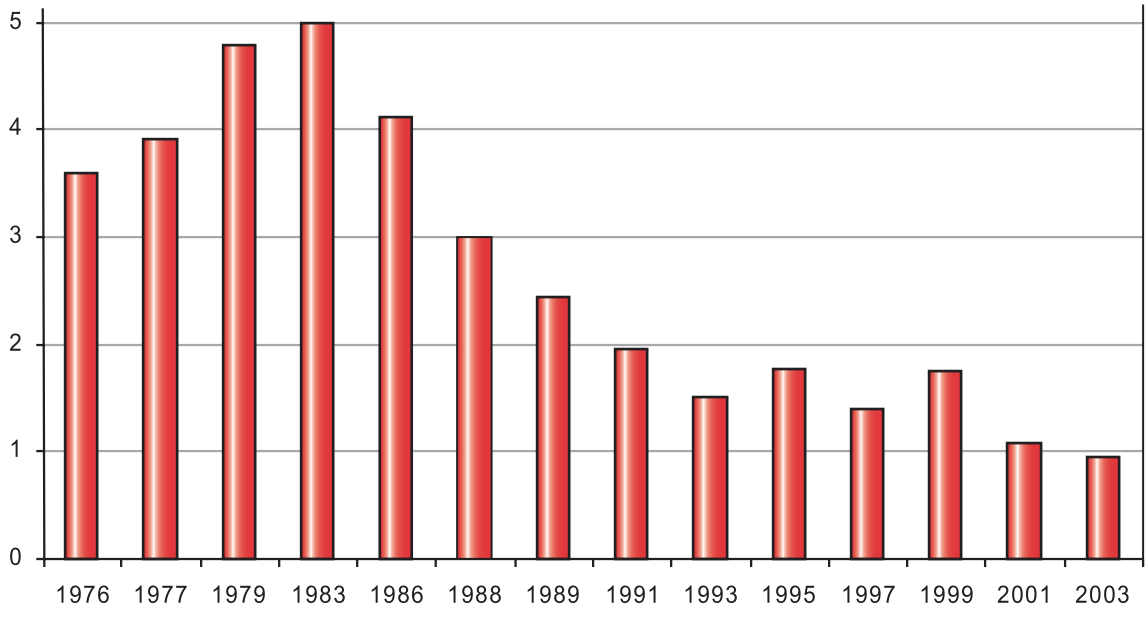
Conclusions de l'examen des stocks d'uranium

La production mondiale cumulée d'uranium a excédé les besoins d'environ 691 400 t d'U sur la période 1945-2003. Ce stock d'uranium déjà extrait des mines ne représente cependant pas le volume exact de la matière excédentaire disponible pour la filière civile, mais plutôt une limite supérieure. Néanmoins, les stocks d'uranium naturel et d'uranium enrichi constituent une importante ressource qui représente un potentiel appréciable pour compléter l'offre primaire à long terme.

C'est en 1976 qu'il est fait état des stocks d'uranium pour la première fois. Le nombre des pays communiquant des renseignements sur leurs stocks a augmenté au fil du temps, mais ces informations demeurent incomplètes. Beaucoup de pays détenant des stocks importants demeurent dans l'incapacité de donner des renseignements à ce sujet, principalement pour des raisons de sécurité nationale ou de confidentialité commerciale. Par conséquent, même si le Livre rouge est une source d'information sur l'offre secondaire se présentant sous forme de stocks, il faut utiliser ces informations avec prudence pour établir des projections de la demande et de l'offre d'uranium parce que les renseignements fournis par les pays sont incomplets.

À partir du début des années 80, les prélèvements opérés sur les stocks d'uranium naturel et d'uranium enrichi détenus par les entreprises d'électricité se sont traduits par une diminution des besoins d'uranium primaire. De ce fait, le ratio entre les stocks et les besoins d'uranium non appauvri est tombé de 5,7 en 1983 à un petit peu moins de 1,0 en 2003. Depuis 1991, il se situe en moyenne à environ 1,5 et fluctue à l'intérieur d'une bande étroite, ce qui laisse supposer que les stocks détenus par les entreprises d'électricité ne sont pas loin de leurs niveaux stratégiques et qu'il y a bien moins de matière excédentaire disponible sur le marché.

Figure 8.1. Ratio entre les stocks d'uranium non appauvri et les besoins (1976-2003)



9. RESSOURCES D'URANIUM NON CLASSIQUES

Distinction entre ressources classiques et non classiques

Avant le Livre rouge de 2003, les ressources d'uranium étaient classées en ressources « classiques » et « non classiques ». Par « ressources classiques », on entendait les ressources qui permettaient de récupérer l'uranium comme produit primaire, co-produit ou sous-produit important (dans les mines de cuivre ou d'or, par exemple). Par « ressources non classiques », on entendait les ressources à très basse teneur et celles qui ne permettaient de récupérer l'uranium que comme un sous-produit d'importance secondaire.

La démarcation entre ressources classiques et non classiques n'est pas très nette et elle se présente plutôt comme une zone de transition. Ainsi, l'uranium récupéré comme sous-produit de l'extraction de l'or en Afrique du Sud est réputé provenir de ressources classiques, même si la teneur moyenne en uranium du minerai extrait dans ce pays en 1985 et 1990 était de l'ordre de 0,015 %. La teneur en uranium des roches phosphatées fluctue entre 0,001 et 0,07 % et elle atteint en moyenne environ 0,01 %, ce qui n'est guère différent de la teneur enregistrée dans les gisements d'or et d'uranium sud-africains. Pourtant, l'uranium récupéré dans les roches phosphatées est réputé provenir de ressources non classiques (quelques gisements dans lesquels l'uranium est associé aux phosphates, comme Itataia au Brésil ou Bakouma en Afrique centrale, sont classés comme ressources « classiques »).

Les premières éditions du Livre rouge, à une époque où l'industrie cherchait à connaître la disponibilité et/ou le volume des ressources d'uranium, ne distinguaient pas ces deux types de ressources. Dans le Livre rouge de 1967, par exemple, l'uranium contenu dans les gisements de phosphates et les gisements relevant de la catégorie « Autres »[1] figuraient dans le tableau des ressources raisonnablement assurées et des ressources supplémentaires estimées.

Vers 1970, cependant, la démarcation entre ressources classiques et non classiques a commencé à prendre forme, mais elle était encore mouvante. Les ressources d'uranium du Maroc, presque entièrement contenues dans les gisements de phosphates, n'étaient pas prises en compte dans les estimations. Inversement, les ressources présentes dans les shales à faible teneur du gisement de Ranstad en Suède l'étaient. Ce n'est qu'à partir du milieu des années 70 que la démarcation entre ressources classiques et non classiques s'est imposée. Bien que les éditions successives du Livre rouge se soient concentrées principalement sur les ressources classiques, elles ont systématiquement présenté des tableaux de « ressources non classiques et uranium en sous-produit »[2] jusqu'en 1993 afin de ne pas perdre les données sur leur disponibilité. L'édition de 1976, notant les « quantités énormes » d'uranium contenues dans les ressources non classiques, appelait à intensifier l'exploration des sites géologiques susceptibles d'héberger des ressources d'une teneur en U_3O_8 comprise entre 0,01 et 0,10 %.

1. Les « autres » ressources incluaient pegmatites, schistes métamorphiques, urano-thorianite, sous-produits de la lixiviation du cuivre, silicates hyperalcalins, lignite, monazite et roches volcaniques.
2. Les ressources non classiques sont subdivisées en phosphates, minerais non ferreux, carbonatites, et schistes noirs et lignite.

Récupération de l'uranium contenu dans l'eau de mer

Dans l'édition de 1965 du Livre rouge, la récupération de l'uranium contenu dans l'eau de mer était traitée dans un chapitre aussi important que ceux consacrés à l'uranium et au thorium. Cette première édition du Livre rouge concluait que les ressources d'uranium contenues dans les océans s'élevaient à quelque 4 milliards de tonnes et qu'aucune raison intrinsèque ne s'opposait à ce que quelques milliers de tonnes d'uranium par an soient extraites à partir d'un certain nombre de points du globe répartis le long des côtes. Trente-six ans plus tard, ces ressources potentielles sont toujours estimées à 4 milliards de tonnes. Cependant, les conditions économiques n'ont pas suffisamment évolué pour justifier la récupération de cet uranium. On estime en effet qu'il faudrait traiter pas moins de 354 000 tonnes (342 millions de litres) d'eau de mer d'une teneur moyenne en uranium de 4 ppb (parties par milliard) pour produire 1 kg d'uranium. La recherche menée au Japon à l'échelle du laboratoire montre que la récupération de l'uranium contenu dans l'eau de mer revient à environ 300 USD/kg d'U, ce qui reste plusieurs fois supérieur au prix actuel du marché.

Répartition des ressources non classiques par source

Le tableau 9.1 récapitule les ressources non classiques figurant dans les éditions du Livre rouge publiées entre 1965 et 1993. Les éditions postérieures ne contiennent que des informations succinctes parce que peu de pays donnaient des renseignements sur leurs ressources non classiques et les totaux restaient à peu près inchangés d'une année sur l'autre. Selon leur définition actuelle, les ressources non classiques ont une teneur faible en uranium et, en général, l'uranium n'est récupérable que sous forme de sous-produit

Tableau 9.1. Ressources d'uranium non classiques (en milliers de t d'U) recensées dans les éditions du Livre rouge publiées entre 1965 et 1993

Pays	Phosphates	Minerais non ferreux	Carbonatites	Schistes noirs, lignite
Brésil	28,0-70,0	2	13	
Chili	0,6-2,8	4,5-5,2		
Colombie	20,0-60,0			
Égypte*	35,0-100,0			
États-Unis	14,0-33,0	1 8		
Finlande			2,5	3,0-9,0
Grèce	0,5			4
Inde	1,7-2,5	6,6-22,9		
Jordanie	100-123,4			
Kazakhstan**	58			
Maroc	6 526			
Mexique	100-151	1		
Pérou	20	0,14-1,41		
Suède				300
Syrie	60-80			
Thaïlande	0,5-1,5			
Venezuela	42			
Vietnam				0,5
Total (arrondi)	**7 006 - 7 271**	**16 - 34**	**15**	**308 - 314**

* y compris une quantité indéterminée d'uranium contenu dans la monazite.

** La production estimée à environ 6 000 t d'U entre 1959 et 1972 a été déduite du total indiqué.

d'importance secondaire. C'est pourquoi la récupération de l'uranium provenant de ressources non classiques doit tenir compte des critères économiques et des tendances du marché de l'uranium primaire ou bien s'inscrire dans le cadre d'opérations d'envergure où les économies d'échelle compensent partiellement la basse teneur du minerai.

Le tableau 9.1 ne recense pas toutes les ressources non classiques à l'échelle mondiale. L'édition 2003 du Livre rouge indique, par exemple, que les ressources d'uranium contenues dans les gisements de phosphates représentent un potentiel de 22 millions de tonnes alors que le tableau 9.1 indique une fourchette de 7 006 000 à 7 271 000 tonnes. En outre, les shales noirs de Chattanooga aux États-Unis et de Ronneburg en Allemagne, dont les ressources sont estimées à 4,2 millions de tonnes d'uranium, ne sont pas pris en compte, pas plus que les importantes ressources en uranium contenues dans les sables côtiers à monazite du Brésil, de l'Egypte, des États-Unis, de l'Inde, de Malaisie et du Sri Lanka. Bien que cet ensemble de ressources s'apparente davantage à un inventaire qu'à une estimation rigoureuse, il montre clairement que le tableau 9.1 n'inclut pas d'importantes sources potentielles de ressources d'uranium non classiques.

Gisements de phosphates

L'uranium contenu dans les gisements de phosphates occupe de loin la première place parmi les ressources non classiques. Comme il a été indiqué précédemment, les ressources mondiales d'uranium contenues dans ces gisements pourraient s'élever à 22 millions de tonnes. Pour que ces ressources soient exploitées, il faudrait que le prix de l'uranium soit supérieur à ce qu'il était entre 1981 et 2003. C'est la raison pour laquelle la production d'uranium provenant de ces gisements a été arrêtée en 1999. La capacité de production dépend avant tout du marché des phosphates, mais la récupération de l'uranium contenu dans les gisements de phosphates fait appel à une technique bien connue qui était mise en œuvre jusqu'en 1998.

On ne dispose pas de données sur la production mondiale d'uranium provenant des gisements de phosphates. Cependant, on sait qu'environ 690 tonnes d'uranium ont été extraites de roches phosphatées marocaines traitées en Belgique et qu'environ 17 150 tonnes ont été extraites des minerais de phosphate de Floride traités aux États-Unis entre 1975 et 1999. Rien qu'aux États-Unis, il y avait huit usines récupérant l'uranium comme sous-produit de la production d'acide phosphorique en 1980. Environ 6 000 tonnes d'uranium ont été extraites des dépôts organiques marins (essentiellement d'anciennes arêtes de poissons) au Kazakhstan. Une petite quantité d'uranium a également été produite au Canada en traitant des roches phosphatées provenant des États-Unis. À partir d'un prix de l'uranium de 100 à 120 USD/kg d'U[3], la récupération de l'uranium comme sous-produit des gisements de phosphates devient rentable. Elle pourrait connaître un nouvel essor et peut-être même dépasser la production d'uranium provenant des gisements aurifères. Il se peut donc que l'effet combiné des critères économiques et de la capacité de production mondiale conduise à considérer les ressources en uranium provenant des gisements de phosphates comme des ressources « classiques », simplement parce qu'elles seront devenues des ressources importantes et exploitables du point de vue économique.

Schistes noirs et lignite

Bien que réunis dans une même catégorie, les schistes noirs et le lignite forment deux types de gisements distincts. En outre, le terme « schistes noirs » est incomplet et il serait plus exact de parler de « shales noirs et schistes noirs ». Les shales noirs du gisement de Ranstad en Suède dominent la catégorie « schistes noirs » sur le tableau 9.1. Quelque 200 tonnes d'uranium ont été extraites des shales bitumineux dans les années 60.

3. Au 1er avril 2006, le prix spot de l'uranium était de 105 USD/kg d'U (Ux Consulting Company, LLC, www.uxc.com).

Comme on l'a signalé plus haut, l'uranium extrait du gisement de shales noirs de Chattanooga dans l'est des États-Unis et du gisement de shales noirs et de schistes noirs de Ronneburg en Allemagne ne sont pas pris en compte dans le tableau 9.1. Le gisement de Chattanooga est supposé contenir 4 à 5 millions de tonnes d'uranium à teneur moyenne de 0,006 %. Cependant, au-delà de la très basse teneur en uranium du gisement, l'impact environnemental de l'extraction de ces ressources (mines de très grande superficie et usines de traitement dans des régions densément peuplées) est un frein majeur à son développement. Dans le même temps, on ne peut se désintéresser totalement de ces ressources potentielles parce que le progrès technique pourrait rendre leur exploitation rentable si le prix de l'uranium augmentait.

On pourrait en dire autant des gisements de shales noirs et de schistes noirs de Ronneburg qui se situent près de la frontière germano-tchèque. Ces gisements recèlent d'importantes ressources (estimées à 169 230 tonnes d'uranium) mais la zone de Ronneburg fait partie du programme d'assainissement de l'environnement de Wismut qui va mobiliser plusieurs milliards USD. Tout projet de reprise des opérations d'extraction se heurterait certainement à une vive opposition de la part des défenseurs de l'environnement. À tout le moins, cependant, il convient de ne pas faire l'impasse sur ces importantes ressources pour l'avenir.

Le lignite et les charbons sous-bitumineux à haute teneur en uranium ont été exploités dans le bassin de Williston dans le Dakota du Sud et le Dakota du Nord aux États-Unis, dans la Freital près de Dresde en Allemagne, dans le bassin de l'Ili dans le Kazakhstan oriental et dans la région de Yining au nord-ouest de la Chine. Entre 1947 et 1955, puis entre 1968 et 1989, 3 700 tonnes d'uranium ont été extraites des gisements de charbon de la Freital. On ne dispose d'aucune information sur la production d'uranium provenant des autres gisements. Aucune de ces ressources n'est prise en compte dans le tableau 9.1. Les ressources d'uranium contenues dans les gisements de lignite peuvent être considérées tout au plus comme une réserve de minerai à très basse teneur et à coût élevé. Il faut d'abord brûler le lignite à haute température, puis récupérer l'uranium dans les cendres par lixiviation sous forme de silicate très réfractaire.

Minerais non ferreux

Les ressources d'uranium contenues dans les minerais non ferreux sont estimées entre 16 000 et 34 000 tonnes. Pour extraire l'essentiel de ces ressources, il faut traiter les résidus d'extraction et de traitement du minerai de cuivre afin de récupérer l'uranium comme sous-produit. De l'uranium a été récupéré comme sous-produit des opérations de concentration du cuivre en Inde, en Afrique du Sud et aux États-Unis. Les ressources d'uranium récupérables comme co-produit de l'extraction du cuivre dans le gisement d'Olympic Dam en Australie sont classées comme « ressources classiques ».

Carbonatites et roches ignées

Les ressources d'uranium contenues dans les carbonatites représentent 15 000 tonnes. On les trouve dans le gisement d'Araxa au Brésil et dans celui de Sokli, en Finlande (tableau 9.1). Les grands batholithes granitiques comme celui de Conway à l'est des États-Unis sont supposés contenir d'importantes quantités d'uranium, mais à des teneurs de l'ordre de 0,015 %. La récupération de ces ressources suppose que le prix de l'uranium soit très élevé et elle se heurterait probablement à une opposition parce qu'elle aurait un impact notable sur l'environnement.

Monazite

Les gîtes alluvionnaires de monazite (Ce, La, Y, Th)PO4 sont exploités dans plusieurs pays, comme l'Australie, le Brésil, l'Inde, la Malaisie et le Sri Lanka, pour en extraire des terres rares, de l'étain, du thorium et du zirconium. Certains de ces gisements, ainsi que d'autres situés en Égypte, en République de

Corée et aux États-Unis, contiennent de l'uranium à une concentration élevée (0,01 à 0,1 %) et constituent des sources potentielles futures d'uranium. Plus important encore, ils contiennent d'importantes quantités de thorium qui peut être utilisé comme combustible nucléaire. Le chapitre 10 donne des informations complémentaires sur le thorium.

Conclusions relatives aux ressources non classiques

Les ressources d'uranium non classiques se caractérisent par leur très basse teneur en minerai. En général, l'uranium ne peut être récupéré que comme un sous-produit mineur de ressources non classiques.

Historiquement, les gisements de phosphates sont les seules ressources non classiques dont on a extrait d'importantes quantités d'uranium. À partir d'un prix de l'uranium de 100 à 120 USD/kg d'U, la récupération de l'uranium comme sous-produit des gisements de phosphates devient rentable et ils pourraient redevenir une importante source exploitable du point de vue économique.

À cause de son coût d'extraction élevé dû à des teneurs en minerai très basses, l'uranium non classique n'a jamais représenté une part significative de la production totale dans le passé ; il convient néanmoins de conserver les informations relatives aux ressources non classiques. Sous l'effet combiné du progrès technique et d'une flambée du prix de l'uranium, elles pourraient devenir potentiellement exploitables dans l'avenir.

10. THORIUM[1]

Historique

La première édition du Livre rouge, publiée en 1965, était intitulée « Ressources mondiales d'uranium et de thorium ». Les informations sur les ressources de thorium publiées entre 1965 et 1982 reprennent la même classification que celles des ressources d'uranium, à savoir Ressources Raisonnablement Assurées (RRA) et Ressources Supplémentaires Estimées (RSE). À la suite de la subdivision des RSE en deux catégories (RSE-I et RSE-II) en 1983, les ressources de thorium ont été logiquement classées en RSE-I et RSE-II dans les éditions de 1983 et 1986. Dans les éditions suivantes, les estimations des ressources de thorium n'ont pas été revues. Un panorama des gisements et des ressources de thorium a été publié en 1991.

Le thorium, combustible nucléaire

La teneur moyenne en thorium de l'écorce terrestre est de l'ordre de 6 à 10 ppm, soit trois fois la teneur moyenne en uranium. Le thorium est largement disséminé dans les roches et les minerais, souvent associé à de l'uranium, à des éléments constitutifs du groupe des terres rares, à du niobium ou à du tantale dans des oxydes, des silicates et des phosphates. Dans les gîtes filoniens, le thorium peut se rencontrer sous forme de thorite (silicate de thorium) ou de thorianite (oxyde de thorium). La monazite Ce-La-Y-phosphate, d'une teneur en thorium de 8 à 10 %, est la source principale de la production actuelle de thorium et c'est aussi la source de thorium commercialement la plus intéressante pour l'avenir.

Bien que l'isotope ^{232}Th ne soit pas lui-même fissile, il est fertile et peut être transformé en un isotope fissile ^{233}U par bombardement neutronique. Comme cette transmutation ne produit pas de plutonium ^{239}Pu, le thorium peut être préféré à l'uranium comme source de combustible nucléaire dans certaines circonstances.

Le cycle du thorium a été étudié en Allemagne, aux États-Unis, en Inde, au Japon, au Royaume-Uni, et en Russie, [références 10-5 et 10-6]. Les réacteurs utilisant le thorium peuvent être des réacteurs à gaz à haute température (HTGR) ou des réacteurs à lit de boulets (THTR) tels ceux conçus et construits dans les années 60 en Allemagne (Jülich et Schmehausen) et aux États-Unis (Peach Bottom et Fort St. Vrain). À la fin des années 80, l'Allemagne et les États-Unis ont décidé d'arrêter leurs réacteurs au thorium. Des réacteurs au thorium expérimentaux ont été exploités en Inde et au Royaume-Uni (Dragon). Dans les réacteurs à haute température, l'hélium est utilisé comme caloporteur. La température du caloporteur, de l'ordre de 800 à 1 000°C, peut être utilisée pour produire de l'électricité ou pour mettre en œuvre des processus chimiques comme la gazéification du charbon. Cependant, le coût élevé de la fabrication du combustible et des problèmes techniques restés sans solution ont freiné le développement de cette filière. Selon des publications datant des années 70, un réacteur de 1 000 MW nécessitait un chargement initial d'environ 40 tonnes de thorium et 10 tonnes d'uranium fortement enrichi (^{235}U enrichi à quelque 90 %), puis des rechargements annuels d'environ 10 tonnes de thorium.

1. La rédaction du présent chapitre s'appuie largement sur le compte rendu de la Réunion technique de l'AIEA de septembre 2005 consacrée aux stratégies de gestion des matières fissiles pour une énergie nucléaire durable [référence 10-1].

Les réacteurs au thorium restent une option d'avenir pour les pays qui n'ont qu'un accès limité à des ressources d'uranium et la recherche sur des réacteurs au thorium avancés continue dans quelques pays. Récemment, le thorium a été expérimenté dans un réacteur à sels fondus au Japon. En Inde, qui dispose d'abondantes réserves de thorium dans des placers côtiers, le thorium est utilisé à Kaprakar et il est prévu de l'utiliser avec l'uranium fortement enrichi et le plutonium comme une source majeure de combustible nucléaire dans l'avenir [référence 10-7].

Principaux types de gisements de thorium

Les principaux types de gisements de thorium sont classés d'après leur origine et leurs caractéristiques descriptives. En général, les gisements de thorium peuvent être subdivisés en gisements d'origine magmatique (gisements endogènes) et d'origine sédimentaire (gisements exogènes) [références 10-2 et 10-3].

Les gisements endogènes comprennent :

- les granites et les pegmatites (Jod au Nigeria, Bancroft au Canada) ;
- les roches alcalines comme la syénite à néphéline (Illimaussaq au Groenland, Langesundfjord en Norvège, Ulug Tansek en Russie) ;
- les filons hydrothermaux (Wet Mountains, Powderhorn aux États-Unis, Steenkampskaal en Afrique du Sud) ;
- les carbonatites (Araxa au Brésil, Mountain Pass aux États-Unis, Palabora en Afrique du Sud).

Les gisements exogènes comprennent :

- les placers alluviaux dans les vallées humides (Caroline du Nord et du Sud aux États-Unis) ;
- les placers côtiers (Kerala en Inde, Bahia au Brésil) ;
- les anciens placers alluviaux métamorphisés (Blind River au Canada).

Ressources de thorium

Au début des années 70, les commandes de réacteurs à haute température pouvant fonctionner au thorium ont incité à évaluer les ressources mondiales de thorium. Cependant, le cycle du thorium n'a pas suscité un intérêt industriel si bien que le marché du thorium n'a jamais vraiment décollé. L'étroitesse de ce marché n'a guère encouragé à prospecter de nouveaux gisements ou à collecter des renseignements détaillés sur les gisements connus. Quelques experts (voir les références) n'en ont pas moins continué à estimer les ressources de thorium après 1986, le chiffre le plus élevé s'établissant à 6,1 millions de tonnes, y compris les ressources non découvertes.

Les ressources mondiales de thorium, qui sont classées par grand type de gisement au tableau 10.1, sont estimées à un total d'environ 6 078 000 tonnes, indépendamment de tout critère de rentabilité économique. En outre, ce total couvre une large palette de degrés de certitude allant des ressources raisonnablement assurées aux ressources spéculatives.

Le tableau 10.2 donne les ressources de thorium par pays. Cette approche est cependant subjective parce que la qualité des données n'est pas toujours la même (quelques données datent de plus de 20 ans). C'est la raison pour laquelle le tableau 10.2 ne tient pas compte du degré de certitude des estimations, ni de leur intérêt économique. Les ressources de thorium indiquées aux tableaux 10.1 et 10.2 représentent simplement une base de référence, un point de départ qui sert à déterminer la répartition des ressources et le potentiel de récupération.

La *World Nuclear Association*, se référant aux ressources indiquées dans l'*United States Geological Survey, Mineral Commodity Summaries*, estime les ressources mondiales de thorium à 1 200 000 tonnes [référence 10-5]. Les mêmes chiffres se retrouvent dans les références 10-8 et 10-9 et sont complétés par des ressources supplémentaires qui portent la base de référence à 1 400 000 tonnes. Dans une publication parue en 1997, l'AIEA estime à 1 700 000 tonnes les ressources totales de thorium dans la Communauté des États indépendants (CEI) [référence 10-4].

La plupart des ressources de thorium ont été découvertes et évaluées lors de la prospection de gisements d'uranium, d'éléments du groupe des terres rares (monazite dans les placers côtiers), de tantale ou de niobium, etc. Les éditions du Livre rouge publiées entre 1965 et 1986 estimaient les ressources de thorium et leurs coûts de production. Les ressources de thorium étaient limitées du fait de leur coût de production très élevé (en 1965, les ressources étaient indiquées dans la tranche de coût de 5 à 10 USD/livre de ThO_2 ; en 1979 et 1986, les ressources indiquées étaient celles supposées récupérables à un coût inférieur à 75 USD/kg de Th et à 80 USD/kg de Th respectivement).

Tableau 10.1. Ressources de thorium par type de gisement

Types principaux de gisement	Ressources (1 000 de t de Th)	Pourcentage
Carbonatites	1 900	31,3
Placers	1 500	24,7
Type filonien	1 300	21,4
Roches alcalines	1 120	18,4
Autres types	258	4,2
Total	**6 078**	**100,0**

Tableau 10.2. Ressources de thorium estimées par pays

Pays	Ressources de thorium (1 000 de t de Th)
Brésil	1 306
Turquie	880
États-Unis	432
Australie	340
Inde	319
Égypte	295
Norvège	180
Canada	173
Afrique du Sud	115
Communauté des États indépendants	1 650*
Autres pays	388
Total	6 078

* Corrigé du volume « hors teneur de coupure ». Environ 53 000 tonnes de ressources de thorium de la CEI sont « hors teneur de coupure » [référence 10-4]. Les gisements à teneur comprise entre 0,1 % et 2 %, soit un total de 75 000 tonnes, sont économiquement intéressants et considérés comme des RRA dans les estimations.

Les ressources mondiales de thorium entrant dans les catégories RRA, RSE-I et RSE-II se montent à 4,1-4,6 millions de tonnes (tableau 10.3), soit environ 63 % des ressources mondiales totales, y compris celles dont le degré de certitude ou le coût de production n'est pas précisé (tableau 10.2). Les écarts entres les différentes estimations sont dus aux méthodes ou aux catégories utilisées pour effectuer les estimations. Ainsi, les ressources totales non spécifiées sont supérieures aux ressources indiquées sur le tableau 10.3 parce qu'elles incluent des ressources récupérables à des coûts supérieurs à 80 USD/kg de Th ainsi que des ressources dont le degré de certitude est inférieur à la catégorie RSE-II (ressources spéculatives, par exemple). Les totaux indiqués pour l'Afrique du Sud, l'Australie, le Brésil et la CEI sont plus élevés sur le tableau 10.2 que sur le tableau 10.3, principalement parce qu'ils incluent des ressources qui se situent dans des placers et dans d'autres gisements dont les estimations du Livre rouge ne tiennent pas compte.

Récupération du thorium

Le thorium est souvent associé à d'autres minerais qui peuvent être extraits de façon rentable comme produit primaire, le thorium étant récupéré comme coproduit ou sous-produit. Le produit primaire supporte en général l'essentiel des coûts d'extraction et de traitement. La récupération du thorium dans les minerais dont il constitue le principal ou l'unique élément intéressant est généralement limitée à des cas précis, comme une forte demande ou des gisements à haute teneur.

Les dépôts de type placer sont les principales sources de thorium. Ils se présentent essentiellement sous forme de concentrations de minerais lourds (terres rares) dans des sables côtiers dont on peut extraire la monazite et d'autres minerais thorifères. Les terres rares sont exploitées pour leur teneur en cérium,

Tableau 10.3. Ressources mondiales de thorium par degré de certitude et tranche de coût (1 000 t d'U)

Pays	RRA <80 USD/kg de Th (t de Th)	RSE-I <80 USD/kg de Th (t de Th)	RSE-II (t de Th)
Afrique du Sud	18	NA	130****
Australie	13	<1	300***
Brésil	171	50	329-700
Canada	NA	44	128***
Égypte	NA	100	280***
États-Unis	122	278	274***
Groënland	54	NA	32***
Inde	319	NA	NA
Norvège	NA	132	132
Russie, Féd. de**	75	NA	NA
Turquie	344	NA	400-500
Venezuela	NA	300	NA
Autres pays	23	10	81
Total	**1 139**	**914**	**2 086-2 557**

* Coûts de récupération non disponibles.
** Estimation reposant sur la référence 10-4.
*** Estimation antérieure.
**** Estimation préliminaire en 1983.

lanthane, yttrium et autres éléments servant à la fabrication de catalyseurs, de céramiques, de téléviseurs, de matériel informatique, etc. Les placers ont des teneurs variables en minerais exploitables. En général, seuls les éléments dont la teneur atteint plusieurs pour cent présentent un intérêt économique.

Les données de production de la monazite, qui contient 8 à 10 % de thorium, peuvent être utiles comme une mesure théorique du thorium disponible. Au cours des cinq dernières années, la production annuelle mondiale de monazite a fluctué entre 5 500 et 6 500 tonnes [références 10-10 et 10-11], ce qui permet en théorie de récupérer 300 à 600 tonnes de thorium par an. L'Inde, qui assure environ 90 % de la production annuelle mondiale de monazite, investit dans le cycle du thorium et a procédé à une évaluation exhaustive de ses ressources [référence 10-5]. Parmi les producteurs de monazite, on compte aussi le Brésil, la Malaisie et le Sri Lanka (dans le passé). La Chine, la CEI, l'Indonésie et le Nigeria ont également indiqué être producteurs de monazite.

Les carbonatites et les syénites alcalines sont des sources économiques potentielles de niobium et de tantale. Souvent, elles contiennent aussi du thorium dont la teneur varie de quelques dixièmes à quelques centièmes de pour cent. Le gisement d'Araxa au Brésil, actuellement en cours d'exploitation, est un exemple typique de carbonatite présentant une teneur en monazite économiquement intéressante. Le gisement d'Ulug Tansek en Russie est un autre exemple d'un gisement de monazite potentiellement économique associé à de la syénite alcaline [référence 10-4]. À l'échelle mondiale, quelques dizaines à quelques centaines de tonnes de thorium pourraient être produites annuellement par extraction et traitement du minerai contenu dans des carbonatites et des syénites alcalines.

Les gisements filoniens à teneur anormalement forte en thorium présentent aussi un intérêt économique dès lors que d'autres éléments peuvent être récupérés sous forme de coproduits ou de sous-produits. Dans les années 70, l'intérêt économique des gisements filoniens a été évaluée aux États-Unis. Les principales réserves de thorium à bas coût (environ 100 000 tonnes) se situent dans les gisements de Lemhi Pass (Idaho/Montana) et des Wet Mountains (Colorado). En 1979, les coûts de récupération du thorium contenu dans ces gisements étaient estimés à moins de 40 USD/kg de Th [références 10-2 et 10-3]. Ces gisements n'ont jamais fait l'objet d'une exploitation industrielle.

Les stocks de thorium complétés par le thorium récupéré comme sous-produit de l'exploitation des carbonatites et des placers suffit à satisfaire la demande mondiale actuelle qui est estimée à quelques centaines de tonnes par an. Les ressources sont suffisantes pour répondre à la demande future, même en forte hausse. La production de thorium pourrait être augmentée en le récupérant comme sous-produit d'usines de traitement actuelles ou futures.

11. HISTORIQUE DES DÉMARRAGES ET ARRÊTS DE MINES

S'assurer que les ressources d'uranium suffisent à alimenter le cycle du combustible nucléaire, telle était la motivation première à l'origine du Livre rouge. En 1970, l'importance d'une capacité de production adaptée tout autant que de ressources adéquates a été reconnue lorsque des données sur les capacités de production ont été publiées pour la première fois dans le Livre rouge sous forme de rapports par pays. L'édition de 1973 a étendu les informations sur les capacités de production en présentant les capacités disponibles en 1973 et en faisant des projections pour 1975 et 1978. Les éditions ultérieures du Livre rouge ont allongé l'horizon des projections de capacité de production. Ainsi, l'édition de 1988 présentait des projections de capacité allant de 1990 à 2030.

Comme il est normal dans un système obéissant aux mécanismes du marché, les projections de la demande d'uranium sous forme de combustible nucléaire ont été le paramètre essentiel à la base des projections de capacité théorique de production. On a postulé tacitement que la capacité de production progresserait au rythme des besoins d'uranium primaire compte tenu de l'offre secondaire comme les prélèvements sur les stocks et l'uranium fortement enrichi. Les retards subis par les projets étaient bien connus des propriétaires et des exploitants, mais ils n'ont pas été examinés en tant que risque pour la sécurité d'approvisionnement. Cependant, le Groupe sur l'uranium et les Livres rouges ne sont pas restés silencieux sur le problème des retards potentiels des projets. L'édition de 1976 du Livre rouge évoque les « ... contraintes politico-économiques, sociales et environnementales limitant ... la liberté de développer, produire et exporter de l'uranium de gisements identifiés ». Pareillement, l'édition de 1978 notait que les procédures d'étude d'impact sur l'environnement « tendent à prendre beaucoup de temps et, même lorsque leur issue est favorable, elle peuvent retarder considérablement la réalisation des projets ».

L'édition de 1995 du Livre rouge contenait une description de la procédure d'étude d'impact sur l'environnement pour les nouvelles mines au Canada. Bien que les retards potentiels dus à des procédures d'autorisation plus strictes y avaient été évoqués de façon indirecte, il n'était pas fait directement état de leurs conséquences. L'édition de 2001 a été la première à reconnaître formellement que la plus grande rigueur des normes de sécurité et d'environnement était susceptible d'allonger considérablement les délais d'exploitation de nouvelles mines et qu'il fallait en tenir compte dans les projections de la capacité de production théorique future. Cette édition a été également la première à établir un lien direct entre les retards de réalisation des nouveaux projets provoqués par les longues procédures d'étude d'impact sur l'environnement et d'évaluation de la sûreté et le risque de pénurie prolongée de production susceptible de déstabiliser le marché de l'uranium et d'exercer une forte pression à la hausse sur les prix.

L'édition de 2003 est allée plus loin dans l'examen de l'incidence potentielle des retards des projets en comparant les échelles de temps entre le début de la prospection et la découverte de nouveaux gisements, d'une part, et entre la découverte de ces gisements et le démarrage de la production, d'autre part, à travers plusieurs exemples puisés dans différentes régions du monde. Cette comparaison a révélé que la production d'uranium, qui va de la phase de prospection jusqu'à la phase d'exploitation, est l'aboutissement d'un processus qui peut s'étendre sur plusieurs décennies.

C'est ainsi, par exemple, que le gisement d'uranium de Jabiluka, découvert en Australie en 1971, n'est toujours pas entré en production. La politique du pays, l'opposition à l'extraction de l'uranium et plus de deux décennies de prix de marché en baisse se sont conjuguées pour repousser l'exploitation d'un gisement dont les ressources sont estimées à 198 000 tonnes pour une teneur en uranium moyenne de 0,44 % et dont

Tableau 11.1. Étapes essentielles du calendrier de prospection et d'exploitation de quelques mines

Pays	Gisement / mine	Début de l'exploration	Découverte du gisement	Mise en production	Technique d'extraction	Arrêt de l'exploitation
Allemagne	Culmitzsch	1948	1948	1951	CO	1965
	Freital	1946	1946	1947/1968	ST	1955/1989
	Johanngeorgenstadt	15ème siècle	1945	1946	ST	1958
	Koenigstein	18ème siècle	1963	1963/1971	ST/LIS	1983/1990
	Lichtenberg	1948	1958	1958	CO	1977
	Niederschlema	15ème siècle	1946	1949	ST	1990
	Oberschlema	15ème siècle	1946	1949	ST	1958
	Paitzdorf	1948	1950	1950	ST	1990
	Schmirchau-Reust	1948	1950	1950	ST	1990
Australie	Beverley	1968	1970	2000	LIS	
	Honeymoon	1968	1972	non encore annoncée	LIS	
	Jabiluka	1968	1971	non encore annoncée	ST	
	Olympic Dam	début des années 70	1976	1988	ST	
	Ranger	1968	1969	1981	CO	
Brésil	Lagoa Real	1974	1981	2000	CO	
Canada	Cigar Lake	1969	1981	pas avant 2007	ST	
	Cluff lake	1960s	1975	1980	CO/ST	2002
	Key Lake	1968	Gaertner : 1975 Deilmann : 1976	1983 1989	CO CO	1999
	McArthur River	1981	1988	1999	ST	
	McClean Lake	1974	1979	1999	CO	
	Rabbit Lake	1965	1968	1975	ST	
États-Unis	Crow Butte	fin années 70	1980	1991	LIS	
	Lucky Mc		1953	1954	CO	1988
	Shirley Basin		1957	1959	ST/LIS/CO	1992
	Smith Ranch	1966-1967	1967	1977 1997	ST LIS	1978
	Jackpile-Paguate	fin années 40	1951	1953	CO	1982
	Highland	1967	1968	1973 1988	CO/ST LIS	1983
	Mt. Taylor	1968	1970	1986	ST	1989
France	Bellezanne	1946	1966	1975	CO/ST	1992
	Écarpière	1950	1952	1957	CO/ST	1990
	Fanay	1946	1949	1953	CO/ST	1992
	La Commanderie	1950	1954	1955	CO/ST	1990
	Le Bernardan	1955	1964	1977	CO/ST	2001
	Le Chardon	1950	1957	1957	CO/ST	1991
	Margnac	1946	1949	1954	CO/ST	1995
	Mas D'Alary	1957	1958	1978	CO	1985
	Mas Lavayre	1957	1964	1978	ST	1997

Tableau 11.1. Étapes essentielles du calendrier de prospection et d'exploitation de quelques mines *(suite)*

Pays	Gisement / mine	Début de l'exploration	Découverte du gisement	Mise en production	Technique d'extraction	Arrêt de l'exploitation
Gabon	Mounana	1955	1956	1961	CO/ST	1975
	Oklo	1955	1968	1970	CO/ST	1999
Hongrie	Mecsek	1952	1954	1956	ST	1997
Kazakhstan	Inkay	1976	1979	2001	LIS	
	Kanzhugan	1972	1974	1988	LIS	
	Melovoye		1956	1959	CO	1993
	Moynkum		1976	2001	LIS	
	Mynkuduk	1973	1975	1987	LIS	
	Uvanas	1963	1969	1977	LIS	
	Zaozernoye		1955	1961	ST	1990
Namibie	Rössing	1966	1973	1976	CO	
	Langer Heinrich	1970	1973	2006 (en projet)	CO	
Niger	Abkorum	1956	1979			
	Akouta	1956	1972	1978	ST	
	Arlit	1956	1965	1971	CO	
	Ebba	1956	1982			
	Imouraren	1956	1977			
	Techili	1956	1988			
Ouzbékistan	Kostcheka	1961				
	Sugraly	début années 50		ST :1977 LIS :1958	ST/LIS	ST : 1994
	Uchkuduk	début années 50			CO, ST	1994
République tchèque	Jachymov		19ème siècle	1946	ST	1964
	Pribram		19ème siècle	1950	ST	1991
	Rozna	1954	1954	1957	ST	2005
	Straz	1965	1965	1967	LIS	1996
Roumanie	Avram Iancu/Bihor	1950	1954	1962	ST	1999
Russie	Antei		1964	1975	ST	
	Dalmatovskoye		1975	1999	LIS	
	Luchistoye		1966	1972	ST	
	Martovskoye	1964	1964	1974	ST	1995
	Oktyabrskoye	1967	1967	1974	ST	
	Streltsovskoye		1963	1969	ST	
	Tulukuevskoye		1965	1968	CO	
Ukraine	Michurinskoye	1964	1967	1971	ST	
	Severinskoye	1968	1978			

la capacité de production annuelle d'uranium est estimée à 2 290 tonnes. Si Jabiluka est un cas extrême, il existe des gisements pour lesquels le délai entre la découverte et la mise en production a dépassé 20 ans (tableau 11.1).

Le tableau 11.1 récapitule l'histoire moderne de la prospection et de l'extraction de l'uranium depuis les années 40 jusqu'à la mise en production du gisement canadien de Cigar Lake programmée pour 2007. Il met clairement en lumière les difficultés de la découverte de nouveaux gisements ainsi que les délais nécessaires pour les mettre en production. La prospection de la zone de Cigar Lake a commencé en 1969 et les minéralisations ont été découvertes douze ans plus tard, en 1981. Le délai entre la phase de prospection et la découverte varie considérablement. Il a été d'un an seulement pour le gisement de Ranger mais peut atteindre 10 à 20 ans. Dans l'avenir, la découverte de nouveaux gisements sera probablement plus difficile, plus coûteuse et plus longue dans la mesure où les zones de prospection restantes seront probablement plus profondes et situées dans des environnements plus complexes. Cependant, de nouveaux modèles d'analyse et de nouvelles techniques de prospection pourraient atténuer certaines difficultés.

Toute une série de facteurs influent sur le délai qui s'écoule entre le début de la prospection et la découverte. Il s'agit notamment du prix du produit sur le marché, de la disponibilité de capitaux pour financer les travaux de prospection, des exigences réglementaires et de la stabilité politique, pour n'en citer que quelques uns. Les tableaux de ce document ne mentionnent pas les programmes de prospection qui ont coûté au total des dizaines de milliards de dollars et qui n'ont pas abouti à la découverte de gisements. Les profits tirés de l'exploitation des gisements découverts doivent couvrir le coût des recherches infructueuses, ce qui met en évidence les risques inhérents à la prospection minière que le prix de marché doit prendre en compte.

La leçon à tirer de ce bilan est que la prospection minière et la mise en production de nouveaux gisements prennent du temps : durée de la phase de prospection, durée des procédures d'autorisation et durée des travaux préalables à l'exploitation. Les horizons de temps sont susceptibles de s'allonger parce que les zones à prospecter sont plus difficiles à appréhender et parce que les normes de sécurité et d'environnement deviennent plus strictes. L'industrie de l'uranium doit donc définir des calendriers adéquats pour la planification de la production afin de s'assurer que les ressources à prix raisonnables et les capacités de production suffisent à maintenir un équilibre à long terme entre l'offre et la demande d'uranium. En outre, le marché de l'uranium doit admettre que les risques inhérents à la prospection et à la concrétisation des projets impliquent que le prix de marché soit suffisamment élevé pour tenir compte des risques d'échec et pour inciter prospecteurs et producteurs à courir ces risques.

Le graphique de la figure 11.1 indique le délai qui s'est écoulé entre la découverte du gisement et le démarrage de l'exploitation pour l'ensemble des mines citées sur le tableau 11.1. Ce délai varie au cours des 50 dernières années, mais il ne cesse d'augmenter, passant de quelques années au début des années 50 à pas moins de 20 à 30 ans à la fin du 20ème siècle.

Avant 1975, le délai total entre la découverte d'un nouveau gisement et sa mise en production était inférieur à 10 ans, mais il s'est considérablement allongé par la suite. Trois facteurs au moins y ont contribué : (i) les gisements les plus faciles à exploiter étaient déjà mis en production en 1975 ; (ii) la rigueur croissante des réglementations et des contraintes environnementales a contribué à accroître sensiblement le délai entre la découverte du gisement et le démarrage de l'exploitation ; (iii) l'incidence de la baisse du prix de l'uranium sur le marché pendant les trois dernières décennies a contribué à retarder la mise en production de mines, de même que la concurrence de l'offre secondaire, comme les prélèvements sur les stocks et l'uranium hautement enrichi provenant du démantèlement des armes atomiques, qui a réduit la demande d'uranium primaire.

Mines LIS

Neuf mines LIS (lixiviation *in situ*) ont été mises en production entre 1967 et 2001. Le délai entre la découverte du gisement et le démarrage de l'exploitation varie entre deux ans (Straz, 1967) et 30 ans (Beverley, 2000) (figure 11.2). Ce délai est de l'ordre de 25 ans pour les mines LSI récemment ouvertes. La plupart des facteurs d'allongement des délais de mise en production mentionnés plus haut valent aussi pour la lixiviation *in situ*.

Figure 11.1. Historique du délai écoulé entre la découverte du gisement et la mise en production, toutes techniques d'extraction confondues

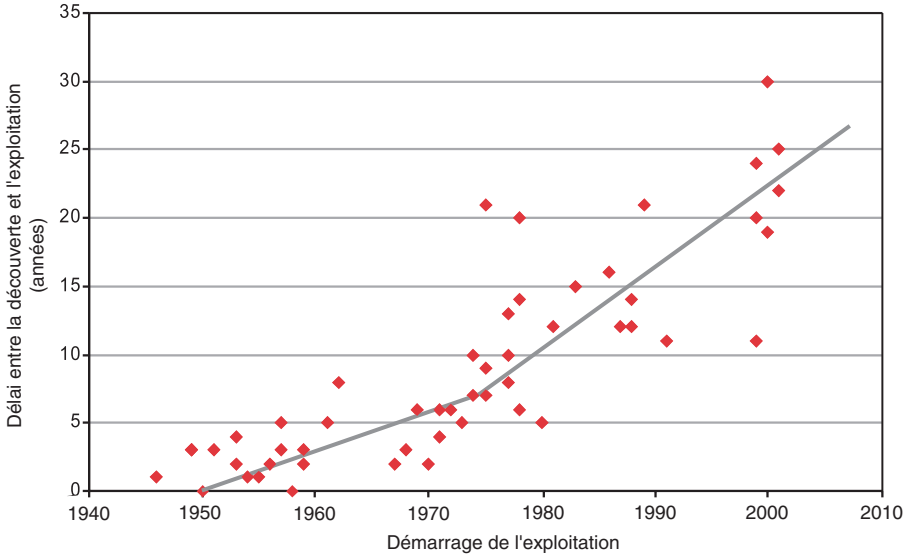
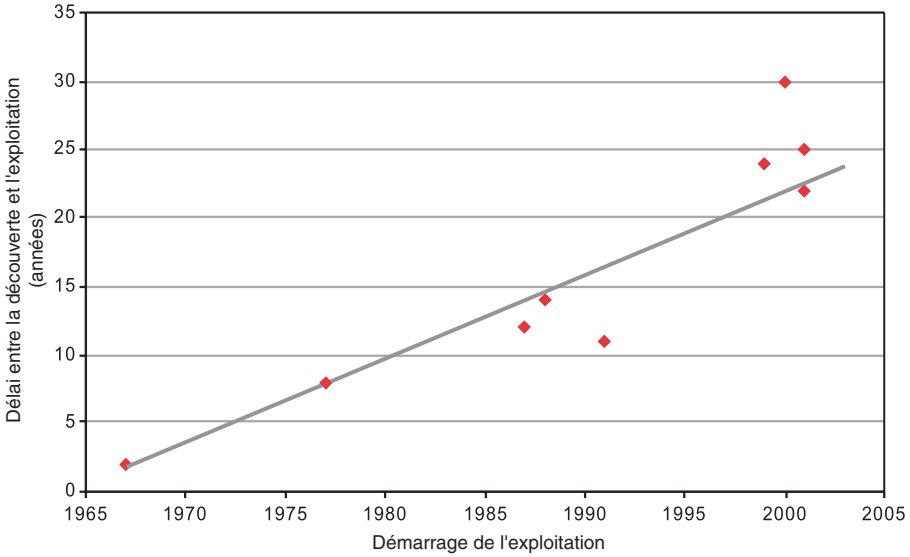


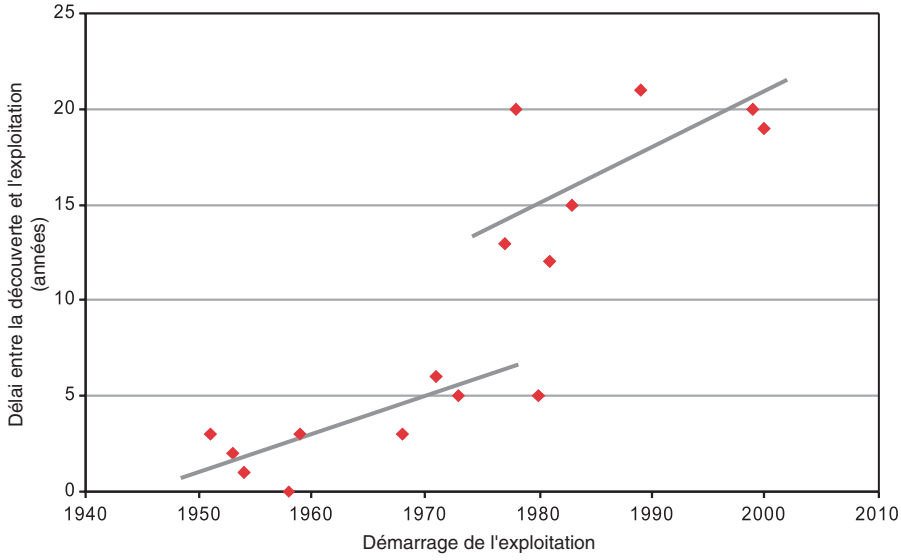
Figure 11.2. Historique du délai écoulé entre la découverte du gisement et la mise en production des mines LIS



Mines à ciel ouvert

Seize mines à ciel ouvert ont été mises en production entre 1951 et 2000. Le délai entre la découverte du gisement et le démarrage de l'exploitation varie de moins d'un an (Lichtenberg, 1958) à 21 ans (Key Lake Deilmann, 1989) (figure 11.3). Les mines ouvertes avant 1975 ont été mises en production moins de six ans après la découverte du gisement. Après 1975, le délai entre la découverte d'un nouveau gisement et sa mise en production dépasse 12 ans. Pour les dernières mines à ciel ouvert mises en service, à savoir McClean Lake au Canada et Lagoa Real au Brésil, ce délai a été respectivement de 20 et 19 ans.

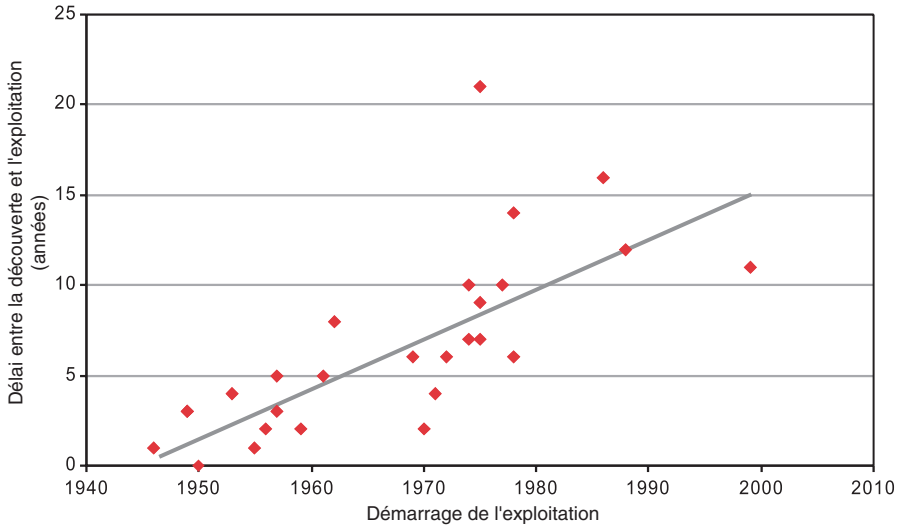
Figure 11.3. Historique du délai écoulé entre la découverte du gisement et la mise en production des mines à ciel ouvert



Mines souterraines

Vingt-sept mines souterraines ont été mises en production entre 1946 et 1999. Le délai entre la découverte du gisement et le démarrage de l'exploitation varie de moins d'un an (Paitzdorf, 1950) à 21 ans (Antei, 1975) (figure 11.4). Trois grandes mines souterraines seulement ont été mises en production dans les 20 dernières années, avec un délai moyen de 13 ans entre la découverte du gisement et sa mise en production. La mine souterraine construite pour exploiter le gisement de Cigar Lake (Canada), découvert en 1981, devrait entrer en production en 2007, soit 26 ans après la découverte du gisement.

Figure 11.4. Historique du délai écoulé entre la découverte du gisement et la mise en production des mines souterraines



12. IMPACT DE L'EXTRACTION ET DU TRAITEMENT DE L'URANIUM SUR L'ENVIRONNEMENT

L'impact environnemental du cycle du combustible nucléaire présente deux volets différents. Comme l'indique l'édition 1989 du Livre rouge, l'énergie nucléaire offre une alternative à l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre. L'extraction et le traitement du minerai d'uranium, qui font partie du cycle du combustible nucléaire, contribuent donc aux avantages de la filière nucléaire. Cependant, il y a un autre volet environnemental de la production de l'uranium qui retient davantage l'attention du public, l'impact physique de l'exploitation minière et de l'élimination des résidus de traitement du minerai d'uranium sur le paysage.

Dès le milieu des années 70, le Livre rouge attirait l'attention sur l'incidence des exigences environnementales et des procédures d'études d'impact sur les coûts et les délais de réalisation des projets de construction de mines d'uranium. L'édition de 1983 indiquait à juste titre que « la plupart des prescriptions de ce type découlent d'une prise de conscience accrue des répercussions que les activités d'extraction et de traitement du minerai peuvent avoir sur l'environnement naturel ». L'éveil du public à l'environnement s'est accompagné d'exigences croissantes à l'égard de l'industrie minière qui s'est vue dans l'obligation d'évaluer l'impact potentiel de l'extraction du minerai d'uranium sur l'environnement et de concevoir des méthodes de traitement susceptibles de diminuer cet impact. À leur tour, ces exigences ont conduit à étoffer la structure scientifique chargée de la gestion environnementale de l'extraction et du traitement du minerai d'uranium et à multiplier l'échange d'information entre les acteurs industriels. Un symposium organisé conjointement par l'AEN et l'AIEA en 1982 présente un bilan bien documenté de la gestion des résidus d'extraction et de traitement du minerai d'uranium [référence 12-1].

Eu égard à la prise de conscience grandissante de l'impact de la production d'uranium sur l'environnement, une section consacrée à la sûreté radiologique et aux aspects environnementaux de l'extraction du minerai d'uranium et de la production d'uranium a été ajoutée au Livre rouge en 1995. Cette section rend compte des activités environnementales menées par les compagnies minières dans quatre domaines principaux :

- Réaménagement des sites d'extraction et de traitement qui ont cessé leur activité et, bien souvent, dont l'exploitant n'existe plus et dont les provisions légales prévues pour un démantèlement et un réaménagement corrects ne sont pas suffisantes. Nombre de ces sites ont été abandonnés dans qu'aucune mesure de sécurité, de restauration ou de remise en état ne soit prise.
- Protection et surveillance de l'environnement sur les sites en cours d'exploitation ou en projet et démantèlement des sites récemment fermés.
- Mise à jour ou élaboration d'une législation ou d'un cadre réglementaire intégrant les normes internationales les plus récentes.
- Se superposant aux deux dernières activités, les études d'impact sur l'environnement sont de plus en plus utilisées comme un outil de planification permettant d'évaluer toutes les phases de l'exploitation minière avant l'autorisation, le démarrage ou l'arrêt de l'exploitation. Ces évaluations donnent un aperçu de l'impact potentiel des mesures de sûreté radiologique et de protection de l'environnement sur les installations de production existantes et sur la conception et les délais de réalisation des nouvelles installations.

La section sur les aspects environnementaux de la production d'uranium a été conservée jusqu'à l'édition de 2001. Bien que cette section ait été supprimée dans l'édition de 2003, les informations continuent d'être collectées auprès des pays et elles sont publiées dans le chapitre sur les contributions nationales dans une rubrique intitulée « activités liées à la protection de l'environnement et aspects socioculturels ». En 1996, le groupe conjoint AEN/AIEA sur l'uranium a élargi son mandat pour promouvoir l'échange d'information sur les effets environnementaux et les technologies environnementales liés à l'extraction et au traitement du minerai d'uranium. Un groupe de travail sur les aspects environnementaux de l'extraction et du traitement du minerai d'uranium a été créé pour mettre en œuvre ce mandat élargi et il a publié en 1999 un livre intitulé *Aspects environnementaux de la production d'uranium* sous forme d'un rapport conjoint AEN/AIEA complétant le Livre rouge de 1998 [référence 12-2]. En 1999, le groupe sur l'uranium a constitué un groupe de travail sur la restauration de l'environnement des installations de production d'uranium qui a coordonné la publication d'un rapport intitulé *Réaménagement de l'environnement des sites de production d'uranium* [référence 12-2].

Un bref panorama des principales questions environnementales liées aux activités actuelles et passées d'extraction et de concentration du minerai d'uranium est présenté ci-dessous par zone géographique. Ces aperçus donne l'état des projets de démantèlement et de réaménagement des sites anciens ou actuels et met en évidence les progrès réalisés par l'industrie de l'uranium dans la gestion environnementale de ses activités d'exploitation actuelles ou passées.

Amérique du Nord

Canada

Depuis 1993, les activités environnementales de l'industrie d'extraction du minerai d'uranium portent principalement sur l'évaluation de l'impact environnemental des nouveaux projets. En 1993-1994, une commission indépendante constituée en vertu du décret fédéral sur les lignes directrices visant le processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement a examiné six nouveaux projets de mines d'uranium en Saskatchewan (projet McArthur River, prolongement de Dominique-Janine à Cluff Lake, projet Midwest, projet McClean Lake, mine souterraine d'Eagle Point, mines à ciel ouvert de Collins Bay A et D). Les auditions publiques concernant les projets de Cigar Lake et de McArthur River ont commencé en septembre 1996. Le projet de McArthur River a été autorisé sous réserve du respect d'un certain nombre de conditions en mai 1997. Le ministre de l'Environnement a approuvé le programme de traitement des résidus d'uranium d'Elliot Lake en avril 1997. En avril 1998, les projets de Midwest et de Cigar Lake ont été autorisés à déposer le dossier de demande de licence d'exploitation sous réserve du respect d'un certain nombre de conditions liées aux caractéristiques du site. En 1999-2000, les études d'impact requises par la loi canadienne sur l'évaluation environnementale en étaient à divers stades de préparation ou d'examen en vue de : l'autorisation des mines historiques de la région d'Elliot Lake ; la suspension de l'activité du centre de production de Cluff Lake ; le renouvellement de la licence d'exploitation de McClean Lake assortie d'une demande d'augmentation de la capacité de production annuelle ; la demande d'élimination des déchets des mines de Cigar Lake et de McClean Lake susceptibles de produire des rejets acides ; et la proposition de traitement d'environ 57 % du minerai de Cigar Lake à l'usine de Rabbit Lake.

Depuis 1996, les compagnies minières ont consacré plus de 75 millions CAD (à la date de janvier 2003) au démantèlement de toutes leurs mines, usines de traitement et aires de stockage des déchets rien que dans la région d'Elliot Lake. Un vaste programme de surveillance de l'environnement a démontré que ces efforts ont été couronnés de succès.

États-Unis

Au 1er janvier 1995, sur les 26 usines de traitement du minerai d'uranium ayant bénéficié d'une licence d'exploitation industrielle, 20 en étaient à différents stades de démantèlement et 6 étaient en attente de démantèlement. Le rapport intitulé *Decommissionning of US Uranium Production Facilities* examine 25 sites classiques et 17 sites non classiques implantés sur le territoire des États-Unis. Les coûts moyens de réaménagement des sites y sont évalués à 14,1 millions USD, dont 7,7 millions pour le traitement des résidus d'extraction, 2,3 millions pour la restauration de la qualité des eaux souterraines, 0,9 million pour le démantèlement de l'usine et 3,2 millions pour les coûts indirects. Pour les sites non classiques (extraction par lixiviation *in situ*), les coûts s'élèvent en moyenne à 7,0 millions USD dont 2,8 millions pour la restauration de la qualité des eaux souterraines, 0,9 million pour la remise en état de l'aire des puits, 0,6 million pour la démolition des bâtiments et des structures, 1,2 million pour la remise en état des bassins d'évaporation, pour les puits d'évacuation et pour les contrôles radiométriques, et 1,4 million pour les coûts indirects.

Amérique centrale et Amérique du Sud

Argentine

La fermeture du site de Malargue a engendré un coût total d'environ 12 millions USD pour les travaux d'assainissement et de remise en état. Actuellement, les efforts se concentrent sur le réaménagement du complexe minier de Los Gigantes. Des examens hydrogéochimiques ont été effectués sur le gisement U-Mo de Cerro Solo pour déterminer l'état de référence. Par ailleurs, dans le cadre de l'étude de faisabilité de Sierra Pintada, des études ont été menées pour améliorer la surveillance des eaux de surface et des nappes ainsi que la gestion des déchets et des stériles.

Brésil

Le site du complexe minier de Poços de Caldas fait actuellement l'objet d'une surveillance et un programme de démantèlement du complexe est en cours d'élaboration. L'étude d'impact du centre de production de Lagoa Real, qui fait partie du programme d'exploitation du complexe minier, est achevée.

Europe de l'Ouest et Scandinavie

Allemagne

Depuis l'arrêt de la production industrielle d'uranium en Allemagne en 1990, de vastes programmes de démantèlement des sites de mines, des usines de traitement du minerai et des installations connexes ont été entrepris. À la fin de 1998, les travaux de remise en état des sites souterrains étaient achevés à environ 90 %. Le traitement des stocks de déchets, la stabilisation des résidus miniers, le traitement chimique du minerai d'uranium résiduel des installations d'extraction, l'assainissement des résidus et le réaménagement des installations d'élimination, la démolition des usines de production et des bâtiments, le traitement de l'eau, ainsi que la surveillance de la qualité de l'air et de l'eau dans l'environnement du site sont actuellement en cours. Ces opérations représentent le plus grand programme de remise en état de sites de mines d'uranium dans le monde. Le coût total de ces travaux de démantèlement et de réaménagement est estimé à 13 milliards DEM (6 milliards 200 millions USD). À la fin de l'année 2000, quelque 6 milliards 700 millions DEM (3 milliards 300 millions USD) avaient été dépensés.

Espagne

Le démantèlement du centre de production de La Haba dans la province de Badajoz s'est achevé en 1997. Un programme quinquennal de surveillance destiné à vérifier le respect des critères de conception du démantèlement a été approuvé en janvier 1998. Le réaménagement de 12 mines d'uranium désaffectées d'Estrémadure et de six autres mines d'Andalousie s'est achevé en 2000. Le coût de ces opérations d'assainissement s'élevait à 1 milliard 330 millions ESP (8 millions EUR) en 1998. Le programme de démantèlement du site de lixiviation en tas (mine de Fe) a été approuvé par l'autorité de réglementation en 2001. Un programme de démantèlement de l'usine de Quercus dans la province de Salamanque a été soumis à l'autorité de réglementation en 2003.

Finlande

L'ancienne petite mine d'uranium de Paukkajanvaara, fermée depuis 1962, fait l'objet d'une surveillance depuis 1974 et elle a finalement été recouverte de terres en 1993.

France

À la suite de la fermeture des dernières mines dans l'Hérault (1997) et au Bernardan (2001), la France a fait porter ses efforts de remise en état et de réaménagement sur ces sites. En vertu de la législation, les mines et les usines de traitement de minerai, y compris les décharges de résidus et les zones de stériles, doivent être assainies et réaménagées de façon à réduire au minimum la libération éventuelle de substances toxiques. À cet effet, le respect de toute une série de normes spécifiques est obligatoire. Les dépenses consacrées à la réhabilitation des sites du Forez, de l'Hérault, de La Crouzille, de Vendée et d'autres sites ont représenté près de 793 millions FRF (134 millions USD) jusqu'en l'an 2000. La surveillance de la qualité de l'air et de l'eau dans l'environnement de ces sites est en cours.

Portugal

Les activités environnementales concernent le réaménagement des sites (environ 70 mines à remettre en état) ainsi que la gestion et la surveillance des effluents.

Suède

Les opérations de démantèlement et de réaménagement de la mine de Ranstad se sont achevées dans les années 90. Un programme de surveillance de l'environnement, dont le coût total est estimé à 150 millions SEK, est en cours.

Europe centrale, de l'Est et du Sud-Est

Hongrie

Une étude de faisabilité de la stabilisation et de l'assainissement des bassins de retenue des résidus dans la région de Mecsek a été réalisée à la suite de la fermeture des mines en 1998. La démolition de l'usine de traitement du minerai a commencé en 1999 et la remise en état du site était programmée pour durer au moins jusqu'à la fin 2006. À la fin de 2002, les dépenses engendrées par le traitement environnemental du site de Mecsek s'élevaient à 2 milliards 848 millions HUF.

Pologne

En Pologne, on n'a recensé qu'un petit nombre de cas où la production d'uranium a eu des effets environnementaux sérieux. Le plus important concerne les bassins de retenue des résidus à Kowary. Un plan d'assainissement consistant à mettre en place un réseau de drainage et à recouvrir les bassins a été élaboré. Un programme d'assainissement a également été préparé pour traiter les installations de production d'uranium de Basse Silésie.

Roumanie

Le programme roumain de protection de l'environnement porte principalement sur l'accroissement des capacités de traitement de l'eau dans l'est des Carpathes et dans les Monts Apuseni et du Banat, à accroître les capacités de récupération des résidus, à fermer et à traiter les sites de stockage du minerai de diverses mines, et à stabiliser, réaménager et revégétaliser les terrils et les zones environnantes dans une perspective à long terme.

Slovénie

Les mesures de protection de l'environnement mises en œuvre après la fermeture du centre de production de Zirovski vrh en 1990 englobaient la stabilisation géomécanique des sites miniers, la protection des eaux de surface et des nappes, le démantèlement de l'usine de traitement, le réaménagement des terrils et des bassins de retenue des résidus et la protection contre la contamination radioactive (émission de radon).

Tchécoslovaquie/République tchèque

L'extraction et le traitement du minerai d'uranium dans la République tchèque ont eu des effets environnementaux qui ne pourront être atténués qu'en mobilisant d'importantes ressources pendant plusieurs décennies. L'assainissement des résidus récupérés dans les usines de traitement de Pribram, Straz pod Ralskem et Mydlovary a été considéré comme la première priorité. Les efforts ont aussi porté sur la remise en état des mines de Hamr, Olis, Jasenice-Pucov, Zadni Chodov, Okrouhla Radoun et Licomerice-Brezinka, sur l'assainissement des activités ISL (lixiviation in situ) du site de Stràz, ainsi que sur le réaménagement des sites de production abandonnés de longue date, comme les mines de Jachymov et Horni Slavkov qui étaient exploitées dans les années 40 et 50. Les projets de remise en état des sites miniers continueront environ jusqu'aux années 2040 et leur coût est estimé à plus de 60 milliards CZK (2 milliards 600 millions USD).

Ukraine

Bien qu'aucune mine n'ait été déclassée jusqu'à présent en Ukraine, VostGOK mène actuellement un programme de décontamination et de réaménagement des sites de Zheltiye Vody contaminés par les résidus de traitement de l'uranium. Un programme national doté d'un budget de 360 millions USD a été également conçu pour renforcer la protection radiologique sur tous les sites nucléaires. Il comprend l'assainissement des sols contaminés, la surveillance de l'environnement, la mise en place de systèmes de surveillance sanitaire du personnel et l'amélioration du traitement des effluents.

Afrique

Afrique du Sud

Les problèmes environnementaux dus à l'extraction combinée d'or et d'uranium dans le district de Witwatersrand sont la pollution par les poussières, la contamination des eaux de surface et de la nappe, et la radioactivité résiduelle. Après leur fermeture, les usines de traitement du minerai d'or et d'uranium fermées sont démantelées. Les anciennes mines et les environs des usines d'uranium sont soumis à un contrôle de radioactivité et ils sont assainis avant d'être réutilisés.

Gabon

À la suite de la décision d'arrêt de l'exploitation des mines d'uranium au Gabon en mars 1999, le gouvernement a lancé un programme de réaménagement de sept sites (d'une superficie totale de 60 hectares) constituant le site d'extraction et de traitement de Mounana. La remise en état du site de Mounana comprenait le démantèlement de l'usine et des installations auxiliaires, la fermeture des bassins de retenue des résidus, l'assainissement du site, le recouvrement des résidus par une couche de latérite et la revégétalisation. Ce programme avait pour objectif de maintenir l'impact radiologique résiduel au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre tout en assurant la stabilité physique des bassins de retenue des résidus et, dans la mesure du possible, de permettre une réutilisation future de la zone concernée. Après la remise en état du site, un programme de contrôle et de surveillance à long terme des bassins de retenue des résidus sera mis en place.

Namibie

En Namibie, le dépôt d'une demande de licence d'exploitation d'un site minier est subordonné à la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement. Les sociétés minières doivent faire en sorte de réduire au minimum les effets de l'exploitation sur l'environnement et elles sont tenues de remettre le site en état à l'issue de la période d'exploitation. La gestion de l'eau est la principale préoccupation environnementale pour la mine Rössing qui se trouve dans le désert namibien. Le système en place vise à diminuer la consommation d'eau et à réduire au minimum la contamination de la nappe. Les coûts totaux de la gestion de l'environnement se sont élevés à plus de 44 millions NAD (8,5 millions USD), dont 1,8 million (252 000 USD) en 2000.

Niger

Les deux producteurs d'uranium du Niger, Cominak et Somaïr, se sont engagés à mettre en place un système de gestion environnementale conforme à la norme ISO 14001. Les dépenses environnementales de Cominak, qui couvrent les études d'impact, la surveillance de l'environnement, la gestion des déchets et les activités réglementaires, se sont élevées en moyenne à 171 290 USD en 1999 et 2000. Les dépenses consacrées à des programmes sociaux et culturels ont atteint une moyenne de 4 millions USD par an au cours de la même période.

Moyen-Orient, Asie centrale et du Sud

Inde

Le groupe de protection radiologique du Centre de recherche atomique Bhabba de Bombay est chargé de la surveillance des effets des rayonnements, du radon et des poussières sur les sites de production d'uranium.

Jordanie

Une étude et une évaluation systématiques de la teneur en uranium naturel des gisements de phosphates jordaniens ont été réalisées pour évaluer les effets sanitaires et environnementaux actuels et futurs de l'uranium.

Kazakhstan

Au Kazakhstan, les efforts environnementaux ont notamment porté sur les déchets des centres de production désaffectés (la production d'uranium, qui a duré plus de 40 ans, a engendré quelque 2 milliards de tonnes de déchets et de résidus de traitement de faible activité) et sur l'impact environnemental de l'extraction d'uranium par lixiviation in situ. L'inventaire des sites d'extraction et de traitement d'uranium a été dressé en 1997 et 1998 et il a été établi que sur la centaine de sites de stockage de déchets, seuls cinq ou six soulevaient des préoccupations environnementales sérieuses, principalement en raison de l'utilisation sauvage de déchets comme matériaux de construction par la population locale. L'impact à long terme des opérations de lixiviation in situ sur les aquifères a été étudié ainsi que les phénomènes d'autoépuration des aquifères.

Ouzbékistan

En Ouzbékistan, les efforts environnementaux ont notamment porté sur les sites affectés par les anciennes activités classiques d'extraction et de traitement ainsi que sur l'impact environnemental des activités de lixiviation in situ. À l'usine hydrométallurgique de Navoi, un système de puits a été installé pour surveiller et contrôler la contamination éventuelle des eaux souterraines par les résidus. Des recherches ont été effectuées pour mettre au point un système d'enfouissement des bassins de retenue des résidus destiné à être mis en œuvre en 2005.

Zone Pacifique

Australie

L'exploitation de la mine de Nabarlek a cessé en 1988. La remise en état du site s'est achevée en 1995 ; il continuera à faire l'objet d'une surveillance environnementale. La construction de la mine de Jabiluka a commencé en juin 1988 à l'issue d'une vaste étude d'impact sur l'environnement menée conjointement par l'État fédéral et le Territoire-du-Nord. Actuellement, le site fait l'objet d'un suivi environnemental. En 2000-2001, les mines d'uranium ILS de Beverley et Honeymoon ont été soumises à une étude d'impact sur l'environnement menée conjointement par l'Etat fédéral et l'Australie-Méridionale. L'exploitation industrielle de la mine de Beverley a commencé en 2000. Une opération pilote de lixiviation a été réalisée à Honeymoon, mais le lancement de l'exploitation industrielle n'a pas encore été annoncé.

Asie de l'Est

Chine

La Chine a tiré parti de sa longue expérience de la production d'uranium pour mettre au point une nouvelle série de réglementations concernant la surveillance, le contrôle et la réduction des effets environnementaux de la production d'uranium. En vertu de ces réglementations, les roches stériles et les résidus sont utilisés pour combler les galeries de mines, les eaux de la mine et les eaux industrielles usées sont traitées et les déchets et déblais de résidus sont recouverts de terres pour diminuer la libération de radon. Des électrofiltres à très haute tension ont été installés dans les usines de traitement de minerai de Fuzhou et Hengyang pour diminuer les rejets de poussières volantes. Outre les mesures environnementales mises en place dans les centres de production en activité, cinq petites mines d'uranium ont été entièrement démantelées et sept autres mines ou complexes miniers en sont à différents stades de démantèlement.

13. ÉPILOGUE – LES ENSEIGNEMENTS

Depuis ses débuts au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, l'industrie moderne de l'uranium a subi une évolution caractérisée par le passage d'une activité exclusivement destinée à satisfaire les besoins militaires à une activité principalement tournée vers la fabrication de combustible pour alimenter les réacteurs nucléaires civils producteurs d'électricité. Le Livre rouge a suivi la même évolution. La terminologie utilisée pour définir les ressources a évolué définir de façon plus robuste les catégories de ressources et mettre à la disposition des planificateurs, tant dans le secteur public que privé, des outils permettant de mieux évaluer la capacité des ressources d'uranium à répondre aux besoins futurs. Les tranches de coût de production ont été ajustées périodiquement pour tenir compte de l'évolution des prix de marché et des sections du Livre rouge ont été ajoutées ou supprimées dans les éditions successives au fur et à mesure que le secteur devenait plus mature et s'adaptait à l'évolution des contraintes du marché, des contraintes réglementaires ainsi que des attentes de la société. L'essor du nucléaire civil a conduit à s'interroger sur la capacité des ressources à satisfaire les besoins d'uranium futurs. En réponse, le Livre rouge a livré des projections de la puissance nucléaire installée et des besoins d'uranium à long terme. Un regard rétrospectif sur ces projections appelle à beaucoup de modestie quand on mesure l'influence d'événements de portée mondiale ou d'origine sectorielle sur la justesse de ces projections. La crise du pétrole de 1973 a propulsé brutalement l'énergie nucléaire au rang de substitut des énergies fossiles et conduit à livrer des projections trop optimistes de croissance de la puissance installée et des besoins en uranium. Plus tard, les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl survenus respectivement en 1979 et 1986 ont douché les enthousiasmes pour plusieurs décennies.

Aujourd'hui, où il est courant de parler de « renaissance du nucléaire », l'énergie nucléaire revient en force dans les débats sur les énergies alternatives susceptibles de répondre à la menace que fait peser le réchauffement climatique et d'apaiser les craintes permanentes quant à la sécurité de l'approvisionnement énergétique. Le prix de l'uranium atteint des niveaux inconnus depuis des décennies et la prospection retrouve une croissance qui se manifeste par le montant des dépenses qui y sont consacrées et par la diversité des zones géographiques explorées. Après des décennies de marasme, l'industrie nucléaire a tout lieu d'être optimiste. Cet optimisme ressemble cependant à celui qui prévalait dans la période précédant l'accident de Three Mile Island. Comme le montre cette rétrospective du Livre rouge, les projections faites en période d'optimisme doivent être modérées pour éviter de surestimer les besoins futurs. Jusqu'à présent, il n'y a pas d'indices forts montrant que la perception de cette renaissance du nucléaire s'est traduite par des décisions concrètes de construction d'un grand nombre de nouveaux réacteurs, si ce n'est en Chine et en Inde où les programmes nucléaires étaient décidés avant que l'on ne parle de renaissance du nucléaire. Jusqu'à ce que des indices manifestes viennent conforter cet optimisme, les acteurs qui contribuent au Livre rouge seraient bien avisés de modérer leurs projections de croissance de la puissance nucléaire installée et des besoins en uranium. Ces projections doivent prévoir des délais appropriés pour la délivrance des autorisations et pour la construction des réacteurs et des installations du cycle du combustible et des délais similaires pour évaluer pleinement la maturation perceptible de l'acceptation du nucléaire par le public.

Compte tenu qu'un nombre croissant de pays annoncent leur intention de réexaminer le rôle du nucléaire dans la structure de leur approvisionnement énergétique, la question de l'adéquation des ressources resurgit. L'expérience passée montre que l'activité de prospection réagit positivement aux hausses du prix de l'uranium. Après plus de 20 ans de prix bas et d'activité d'exploration ralentie, les fortes hausses de prix récentes sont comparables à l'augmentation rapide des prix enregistrée au début des années 70. Et comme à l'époque, l'exploration a rapidement répondu à ce signal du marché. Les données compilées dans

cet ouvrage montrent que la reprise de l'activité de prospection va probablement déboucher sur la découverte de nouveaux gisements à coûts raisonnables et, par conséquent, augmenter les ressources récupérables. De plus, malgré plusieurs décennies de prospection ralentie et une production cumulée de plus de 2 200 000 t d'U depuis 1945, les ressources d'uranium notifiées ne cessent d'augmenter depuis le milieu des années 80 et maintiennent le ratio entre les réserves et les besoins annuels à un niveau moyen supérieur à 45 au cours des vingt dernières années en dépit de besoins toujours croissants.

Toutefois, le recours à l'offre secondaire et des décennies de prix bas ont eu de profondes répercussions sur l'industrie de l'uranium qui se sont concrétisées par la concentration du secteur et par une forte réduction de la capacité de production théorique primaire. Le défi à relever désormais consiste à assurer la transition vers un marché foncièrement approvisionné par la production primaire alors qu'il reposait depuis des décennies sur des sources secondaires. Comme les ressources classiques connues sont abondantes et que l'activité de prospection globale s'est intensifiée récemment, il s'agira probablement moins d'une question d'adéquation des ressources que d'adéquation de la capacité de production. Actuellement, pour l'industrie de l'uranium, le problème est de se procurer les capitaux nécessaires pour développer et mettre en place les capacités de production nécessaires pour alimenter les nouveaux réacteurs dans le même temps où la disponibilité des sources secondaires, jusqu'à présent disponibles, décroît. Pourtant, comme les données historiques présentées dans cet ouvrage le montrent, le délai nécessaire pour construire une nouvelle mine et proposer de nouvelles ressources sur le marché ne cesse de s'allonger, notamment en raison de la multiplication des contraintes réglementaires. Par ailleurs, l'histoire montre que les capacités de production programmées sont rarement, voire jamais, atteintes dans la pratique. Il ne faudra pas négliger ces facteurs pendant la phase où le marché, s'affranchissant des sources secondaires, s'appuiera de plus en plus sur la production primaire pour satisfaire la demande croissante de combustible nucléaire. L'histoire montre aussi qu'il est possible de relever ces défis et des projets d'augmentation de la capacité de production de centres existants ou d'ouverture de nouvelles mines sont déjà annoncés ou lancés.

Cette rétrospective du Livre rouge met clairement en évidence la complexité et la résilience de l'industrie de l'uranium. Une nouvelle rétrospective dans une quarantaine d'années complètera, à n'en pas douter, le panorama présenté dans ce volume. Dans l'attente, le présent ouvrage s'est employé à mieux faire comprendre le passé pour guider l'utilisateur à l'aube d'une nouvelle ère dynamique et exaltante dans l'histoire pérenne de l'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).

Annexe 1.1

CONTRIBUTION DES PAYS AU LIVRE ROUGE (1965-2004)

Le nombre des contributions aux diverses éditions du Livre rouge est indiqué entre parenthèses après le nom du pays. Les pays, dont le nom est suivi d'un astérisque « * », sont membres de l'OCDE.

1. Amérique du Nord (3 pays)

Canada* (20), États-Unis d'Amérique* (20), Mexique* (13).

2. Amérique centrale et du Sud (19 pays)

Argentine (19), Bolivie (5), Brésil (15), Chili (13), Colombie (9), Costa Rica (5), Cuba (4), Équateur (6), Guatemala (2), Guyane (4), Jamaïque (2), Panama (2), Paraguay (2), Pérou (12), République dominicaine (1), Salvador (2), Surinam (2), Uruguay (6), Venezuela (2).

3. Europe occidentale et Scandinavie (15 pays)

Allemagne* (15), Autriche* (1), Belgique* (12), Danemark* (16), Espagne* (20), Finlande* (16), France* (20), Irlande* (6), Italie* (15), Norvège* (6), Pays-Bas* (10), Portugal* (20), Royaume-Uni* (15)Suède* (20), Suisse* (15).

4. Europe centrale, orientale et du Sud-Est (14 pays)

Arménie (3), Bulgarie (5), Estonie (2), Fédération de Russie (5), Grèce* (11), Hongrie* (7), Lituanie (6), Pologne* (2), République slovaque (6), République tchèque* (6), République tchèque et slovaque, avant sa séparation (1), Roumanie (6), Slovénie (5), Turquie* (16), URSS, avant la scission (1), Yougoslavie, avant la scission (1).

5. Afrique (31 pays)

Afrique du Sud (18), Algérie (6), Bénin (1), Botswana (4), Cameroun (3), Côte d'Ivoire (1), Égypte (11), Éthiopie (3), Gabon (11), Ghana (2), Jamahiriya arabe libyenne (1), Lesotho (1), Liberia (2), Madagascar (7), Malawi (1), Mali (2), Maroc (11), Mauritanie (1), Namibie (11), Niger (14), Nigeria (1), République centrafricaine (5), Rwanda (1), Sénégal (1), Somalie (2), Soudan (1), Tanzanie (1), Togo (1), Zaïre (4), Zambie (7), Zimbabwe (6).

6. Moyen-Orient, Asie centrale et méridionale (12 pays)

Bangladesh (2), Inde (18), Jordanie (11), Kazakhstan (6), Kirghizistan (2), Ouzbékistan (6), Pakistan (4), République islamique d'Iran (5), République arabe de Syrie (6), Sri Lanka (5), Tadjikistan (1), Turkménistan (1).

7. Asie du Sud-Est (5 pays)

Indonésie (11), Malaisie (10), Philippines (11), Thaïlande (13), Vietnam (7).

8. Zone Pacifique (2 pays)

Australie* (19), Nouvelle-Zélande* (3).

9. Asie de l'Est (4 pays)

Chine (8), République de Corée* (15), Japon* (19),, Mongolie (3).

10. OCDE

Le rapport se réfère à la zone de l'OCDE dont sont membres les pays suivants (date d'adhésion indiquées entre parenthèses) :

Membres depuis sa fondation le 30 septembre 1961 : Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, France, Grèce, Islande, Irlande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Turquie.

La composition de l'OCDE a été élargie par l'adhésion des pays suivants : Japon (28 avril 1964), Finlande (28 janvier 1969), Australie (7 juin 1971), Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), Mexique (18 mai 1994), République tchèque (21 décembre 1995), Hongrie (7 mai 1996), Pologne (22 novembre 1996), République de Corée (12 décembre 1996) et République slovaque (14 décembre 2000).

11. Communauté des États indépendants (CEI) ou Nouveaux États indépendants (NEI)

Arménie, Belarussie, Fédération de Russie, Géorgie, Kazakhstan, Kirghizistan, Moldavie, Ouzbékistan, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine.

12. Union européenne

Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, France, Finlande, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Latvia, Lituanie, Luxembourg, Malte, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République slovaque, République tchèque, Royaume-Uni, Slovénie, Suède.

13. Organisations internationales

Les organisations internationales qui ont pris part au Groupe sur l'uranium et à l'établissement du Livre rouge sont :

- La Commission européenne (Agence d'approvisionnement d'Euratom).
- L'Agence européenne pour l'énergie nucléaire (AEEN), qui est devenue l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) le 20 avril 1972.
- L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Annexe 1.2

INDEX DES RAPPORTS NATIONAUX PARUS DANS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE

On trouvera ci-après la liste de tous les rapports nationaux et l'année où ces rapports ont été publiés dans le Livre rouge. Une liste de toutes les éditions du Livre rouge se trouve à la fin de cet index.

	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Afrique du Sud	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986			1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Allemagne				1970		1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	
Algérie						1975	1977	1979	1982										2002	2004
Argentine		1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Arménie																		2000	2002	2004
Australie		1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Autriche							1977													
Bangladesh											1986	1988								
Belgique									1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Bénin													1990							
Bolivie							1977	1979	1982	1983	1986									
Botswana								1979		1983	1986	1988								
Brésil				1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986			1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Bulgarie													1990	1992	1994	1996	1998			
Cameroun							1977		1982	1983										
Canada	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Chili							1977	1979	1982	1983	1986	1988		1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Chine													1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Colombie							1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990			1996	1998			
Costa Rica									1982	1983	1986	1988	1990							
Côte d'Ivoire									1982											
Cuba												1988		1992		1996	1998			
Danemark (Groënland)	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986		1990	1992		1996	1998			2004
Égypte							1977	1979			1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000		2004
Équateur							1977		1982	1983	1986	1988								
Espagne	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Estonie																	1998			2004
États-Unis	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Éthiopie								1979		1983	1986									
Finlande					1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
France	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Gabon		1967		1970	1973				1982	1983	1986					1996	1998	2000	2002	2004
Ghana							1977			1983										
Grèce							1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998			
Guatemala											1986	1988								
Guyane								1979	1982	1983	1986									
Hongrie														1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Inde	1965	1967		1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986		1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Indonésie							1977				1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Iran, Rép. islamique d'							1977										1998	2000	2002	2004
Irlande								1979	1982	1983	1986			1992			1998			
Italie		1967		1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988		1992	1994	1996	1998	2000		
Jamahiriya arabe libyenne										1983										
Jamaïque									1982	1983										
Japon	1965	1967		1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Jordanie							1977				1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Kazakhstan															1994	1996	1998	2000	2002	2004
Kirghizistan																1996			2002	
Lesotho												1988								
Liberia							1977			1983										
Lituanie															1994	1996	1998	2000	2002	2004
Madagascar						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988								
Malawi																		2000		
Malaisie										1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	
Mali											1986	1988								
Maroc	1965	1967				1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990				1998			

Annexe 1.2 (suite)

INDEX DES RAPPORTS NATIONAUX PARUS DANS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE

	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Mauritanie													1990							
Mexique				1970	1973	1975	1977	1979	1982		1986		1990	1992	1994	1996	1998	2000		
Mongolie															1994	1996	1998			
Namibie								1979	1982	1983	1986	1988	1990			1996	1998	2000	2002	2004
Niger		1967		1970	1973		1977				1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Nigeria								1979												
Norvège								1979	1982	1983				1992		1996	1998			
Nouvelle-Zélande		1967					1977	1979												
Ouzbékistan															1994	1996	1998	2000	2002	2004
Pakistan		1967															1998	2000	2002	
Panama										1983		1988								
Paraguay										1983	1986									
Pays-Bas									1982	1983	1986		1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	
Pérou							1977	1979		1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000		2004
Philippines							1977		1982	1983	1986		1990		1994	1996	1998	2000	2002	2004
Pologne																		2000	2002	
Portugal	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Rép. arabe syrienne									1982	1983	1986	1988	1990		1994					
Rép. centrafricaine				1970	1973		1977	1979			1986									
Rép. de Corée						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Rép. dominicaine									1982											
Rép. slovaque															1994	1996	1998	2000	2002	2004
Rép. tchèque															1994	1996	1998	2000	2002	2004
Rép. tchèque et slovaque													1990							
Roumanie														1992	1994	1996	1998	2000	2002	
Royaume-Uni						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Russie, Féd. de															1994		1998	2000	2002	2004
Rwanda											1986									
Salvador										1983	1986									
Sénégal									1982											
Slovénie															1994	1996	1998		2002	2004
Somalie							1977	1979												
Sri Lanka							1977		1982	1983	1986	1988								
Soudan							1977													
Suède	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Suisse						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Surinam									1982	1983										
Tadjikistan																			2002	
Tanzanie													1990							
Thaïlande							1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	
Togo								1979												
Turkménistan																				2004
Turquie					1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Ukraine															1994	1996	1998	2000	2002	2004
URSS														1992						
Uruguay							1977		1982	1983	1986	1988	1990							
Venezuela											1986	1988								
Vietnam														1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Yougoslavie														1992						
Zaïre		1967			1973		1977					1988								
Zambie											1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998			
Zimbabwe									1982			1988		1992	1994	1996	1998			

Addendum à l'annexe 1.2

LISTE DE TOUTES LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE

1.	OCDE/AEEN	Ressources mondiales d'uranium et de thorium	Paris, 1965
2.	OCDE/AEEN	Ressources d'uranium : estimations révisées	Paris, 1967
3.	OCDE/AEEN-AIEA	Uranium : production et demande à court terme	Paris, 1969
4.	OCDE/AEEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1970
5.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1973
6.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1975
7.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1977
8.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1979
9.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1982
10.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1983
11.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1986
12.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1988
13.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium : ressources, production et demande	Paris, 1990
14.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium 1991 : ressources, production et demande	Paris, 1992
15.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium 1993 : ressources, production et demande	Paris, 1994
16.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium 1995 : ressources, production et demande	Paris, 1996
17.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium 1997 : ressources, production et demande	Paris, 1998
18.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium 1999 : ressources, production et demande	Paris, 2000
19.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium 2001 : ressources, production et demande	Paris, 2002
20.	OCDE/AEN-AIEA	Uranium 2003 : ressources, production et demande	Paris, 2004

Annexe 2.1

HISTORIQUE SUCCINCT DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ D'ORIGINE NUCLÉAIRE

C'est en 1957 que la première centrale nucléaire de type commercial a été mise en service au Royaume-Uni. La tranche 1 de la centrale nucléaire de Calder Hall avait une puissance installée de 50 mégawatts électriques (MWe). Au 1er janvier 2004, il y avait 435 réacteurs en exploitation dans 31 pays différents (y compris six réacteurs en exploitation dans le Taipei chinois) représentant une puissance installée d'environ 359 GWe. Deux pays supplémentaires, l'Italie et le Kazakhstan, ont exploité des centrales nucléaires qui sont maintenant fermées. Dans le dénombrement des réacteurs en exploitation et dans la puissance installée de chaque pays, certains réacteurs d'essai n'ont pas été pris en compte, à savoir Phénix en France, Fugen et Monju au Japon.

Afrique du Sud : Deux réacteurs nucléaires (de 920 MWe chacun) ont été couplés au réseau respectivement en 1984 et en 1985.

Allemagne : Au total 35 réacteurs nucléaires ont été construits en Allemagne entre 1966 et 1989, mais trois d'entre eux (le tranche 1 de Greifswald, HDR et Niederaichbach) n'ont été exploités que pendant un ou deux ans. Six réacteurs nucléaires de conception soviétique ont été construits dans l'ex-RDA, et la totalité d'entre eux a été déclassée après la réunification de l'Allemagne en 1990. En avril 2002, le gouvernement a adopté une nouvelle législation nucléaire qui codifie l'abandon progressif à long terme de l'énergie nucléaire. Pour chaque installation en exploitation au 1er janvier 2000, une durée de vie résiduelle a été calculée sur la base d'une durée de vie utile standard de 32 ans à compter de l'entrée en service commercial. Au 1er janvier 2006, 17 réacteurs étaient encore en exploitation, assurant environ 30% de la production d'électricité de l'Allemagne.

Argentine : L'exploitation de l'énergie nucléaire a débuté en 1974 avec l'entrée en service de la tranche 1 de la centrale d'Atucha (321 MWe), un second réacteur, celui d'Embalse (600 MWe) ayant été couplé au réseau en 1983.

Arménie : L'exploitation de l'énergie nucléaire a débuté en 1976 (réacteur de 376 MWe), un second réacteur de taille identique ayant été couplé au réseau en 1980. Le premier réacteur a été fermé en 1990.

Belgique : Le premier réacteur nucléaire (11 MWe) est entré en service en 1962 et a été exploité jusqu'en 1987. Six autres réacteurs de puissance supérieure (de 350 à 981 MWe) ont été couplés au réseau entre 1974 et 1985. En 2002, le gouvernement a décidé d'abandonner progressivement le recours à l'énergie nucléaire en limitant la durée de vie utile de ses réacteurs à 40 ans. En 2005, plus de 55 % de l'électricité produite en Belgique était d'origine nucléaire.

Brésil : Le premier réacteur nucléaire (626 MWe) est entré en exploitation en 1982. Un second réacteur (1 245 MWe) a été couplé au réseau en 2000.

Bulgarie : De 1974 à 1991, six réacteurs nucléaires ont été construits à Kozloduy. Les deux premières tranches nucléaires ont été fermées en décembre 2002.

Canada : Entre 1962 et 1993, 25 réacteurs nucléaires ont été construits au Canada. Le premier réacteur, le réacteur NPD (22 MWe), a été exploité jusqu'en 1987. Deux autres réacteurs de faible puissance (220 et 250 MWe) ont été fermés en 1977 et 1984. À la suite d'une évaluation indépendante des performances exécutée en 1997, huit réacteurs ont été fermés pour rénovation (quatre tranches sur le site de Pickering-A et

quatre sur celui de Bruce-A). Au cours de 2003, trois de ces réacteurs (deux à Bruce et un à Pickering) ont été remis en service. Un deuxième réacteur à Pickering a été remis en exploitation en septembre 2005. Les plans en vue du redémarrage de deux des quatre réacteurs restants sont en cours d'élaboration.

Chine : La première centrale nucléaire en Chine a été couplée au réseau en 1993. Au 1er janvier 2005, on comptait neuf réacteurs en exploitation (environ 6,7 GWe nets) et deux tranches en construction (environ 2,0 GWe nets). Le gouvernement de la Chine a annoncé des plans en vue de porter la puissance nucléaire installée à environ 36 GWe d'ici à 2020, ce qui sera obtenu grâce à la construction de 27 réacteurs d'au moins 1,0 GWe net chacun à partir de 2005.

Corée, République de : Le premier réacteur nucléaire de la Corée a été couplé au réseau en 1977 ; au 1er janvier 2006, 20 réacteurs étaient en exploitation. Les plans prévoient qu'il y aura 28 réacteurs nucléaires en service d'ici à 2015.

Espagne : Le premier réacteur nucléaire (153 MWe) a été couplé au réseau en 1968. Neuf réacteurs supplémentaires ont été construits en Espagne entre 1971 et 1987. Un réacteur (la tranche 1 de la centrale de Vandellós, 480 MWe) a été fermé en 1990.

États-Unis : Le premier réacteur nucléaire américain (Shippingport, 60 MWe) a été couplé au réseau en 1957. Ce sont au total 127 réacteurs qui ont été construits aux États-Unis entre 1957 et 1996. La plupart des premiers réacteurs étaient de faible puissance (moins de 100 MWe) et ont été fermés après quelques années d'exploitation. Le premier grand réacteur à être mis à l'arrêt définitif a été la tranche 2 de la centrale de Three Mile Island (800 MWe) en 1979, à la suite d'un accident. Au 1er janvier 2006, on comptait 104 réacteurs en exploitation, représentant en moyenne une puissance unitaire installée de 945 MWe, et assurant environ 20 % de la production d'électricité des États-Unis.*

Finlande : Quatre réacteurs nucléaires de puissance ont été mis en exploitation de 1977 à 1980. En mai 2002, la Finlande a approuvé la construction d'une nouvelle tranche nucléaire. La construction de la tranche 3 d'Olkiluoto, un réacteur à eau sous pression européen de type avancé (EPR), a débuté en décembre 2005 et ce réacteur devrait être opérationnel d'ici à 2010.

France : Au total 69 réacteurs nucléaires ont été construits en France. Le premier réacteur nucléaire (G-1 2 MWe) a été mis en service en 1956 et a fonctionné jusqu'en 1968. Plusieurs générations de réacteurs nucléaires ont successivement été construites : au cours des années 60 (d'une puissance de 300 à 500 MWe chacun) ; des années 70 au début des années 80 (environ 900 MWe) ; à la fin des années 80 (1 300 MWe) ; et à la fin des années 90 (1 450 MWe). Le surgénérateur rapide de Creys Malville (Super Phénix de 1 200 MWe) a été exploité de 1986 à 1996. En 2005, 58 réacteurs commerciaux étaient en exploitation en France, assurant environ 78% de la production d'électricité de ce pays. En 2005 également, la France a annoncé qu'elle projetait de construire un nouveau réacteur de type avancé à Flammanville en Normandie. La construction d'un réacteur à eau sous pression européen de 1,6 GWe net devrait démarrer en 2007, la mise en service étant escomptée en 2012.

Hongrie : Quatre réacteurs nucléaires d'environ 415 MWe chacun, ont été construits à Paks entre 1982 et 1987.

Inde : Les deux premiers réacteurs nucléaires (de 210 MWe chacun) ont été couplés au réseau en 1969. Depuis lors, 13 réacteurs supplémentaires de puissance analogue ont été construits. En 2006, huit tranches électronucléaires, représentant une puissance installée totale d'environ 3,6 GWe étaient en construction et il était projeté de porter la puissance nucléaire installée du pays à 20 GWe d'ici à 2020.

---

* La tranche 1 de la centrale de Browns Ferry (1 065 MWe nets) figure parmi les réacteurs en exploitation dans le Système de documentation sur les réacteurs de puissance de l'AIEA, bien que ce réacteur soit à l'arrêt depuis juin 1985.

Iran : Au 1er janvier 2006, un réacteur, la tranche 1 de Bushehr, était en construction, le démarrage de ce premier réacteur étant escompté vers la fin de 2006.

Italie : Trois réacteurs nucléaires ont été couplés au réseau en 1963 et 1964. Un quatrième réacteur a été mis en service en 1978. Le réacteur de Latina, dont l'exploitation a débuté en 1963, a été fermé en 1982. En 1987, un référendum public a conduit à l'arrêt de toutes les centrales nucléaires avant la fin de 1990.

Japon : Depuis 1965, 57 réacteurs nucléaires de puissance de type commercial ont été construits au Japon. L'un d'entre eux, (tranche 1 de la centrale de Tokai, 137 MWe) a été fermé en 1998. En 2005, les réacteurs nucléaires ont assuré environ 29 % de la production d'électricité du Japon. Les plans du gouvernement prévoient un parc nucléaire de 59 tranches en exploitation d'ici à 2010.

Kazakhstan : Un surgénérateur rapide de faible puissance (135 MWe) a été exploité de 1973 à 1999.

Lituanie : Deux réacteurs nucléaires de type RBMK ont été couplés au réseau respectivement en 1983 et en 1987. L'une de ces installations a été fermée en 2004 dans le cadre de l'adhésion de la Lituanie à l'Union européenne et il est prévu de fermer le réacteur restant à Ignalina d'ici à 2009.

Mexique : Deux réacteurs nucléaires (d'environ 650 MWe chacun) ont été couplés au réseau respectivement en 1989 et en 1994.

Pakistan : Deux réacteurs nucléaires (d'une puissance de 128 MWe chacun) ont été connectés au réseau en 1971. En 2002, le gouvernement a annoncé qu'il projetait de construire deux nouveaux réacteurs.

Pays-Bas : Deux réacteurs nucléaires ont été couplés au réseau respectivement en 1968 et en 1973. Le réacteur de Dodewaard (55 MWe) a été fermé en 1997. L'arrêt du réacteur nucléaire de Borssele (450 MWe), initialement programmé pour 2005, a été différé au moins jusqu'en 2013, des plans visant à prolonger la durée de vie de cette installation jusqu'en 2033 ayant été annoncés en septembre 2005.

République slovaque : Le premier réacteur nucléaire (la tranche A1 de la centrale de Bohunice, 110 MWe) a été couplé au réseau en 1972, mais il a été fermé en 1976. Entre 1978 et 1985, quatre réacteurs nucléaires ont été couplés au réseau. Deux réacteurs supplémentaires ont été raccordés respectivement en 1998 et en 1999. En 2003, six réacteurs étaient en exploitation.

République tchèque : La première tranche électronucléaire (396 MWe) a été mise en exploitation à Dukovany en 1985, suivie par trois autres tranches de la même puissance et sur le même site en 1986 et 1987. La tranche 1 de la centrale de Temelin (912 MWe) a été couplée au réseau en 2000, suivie par la tranche 2 (950 MWe) en décembre 2002, ce qui porte à sept le nombre total des réacteurs en exploitation.

Roumanie : Le seul réacteur nucléaire en exploitation en Roumanie (655 MWe) a été couplé au réseau en 1996. La construction de la tranche 2 de la centrale de Cernavoda a repris en décembre 2002, après avoir été suspendue en 1990. Cette installation devait entrer en exploitation en 2007.

Royaume-Uni : Le premier réacteur nucléaire (tranche 1 de la centrale de Calder Hall, 50 MWe) a été couplé au réseau en 1957. Au total, ce sont 44 réacteurs qui ont été construits au Royaume-Uni entre 1957 et 1995. L'un des premiers réacteurs à entrer en service (Windscale, 24 MWe) a été fermé en 1980, et quatre autres tranches se trouvant à Berkeley, Hunterston et Winfrith, ont été arrêtées en 1989. Les réacteurs implantés sur les sites de Trawsfynydd et de Dounreay (trois tranches au total) ont été fermés en 1992 et en 1993. Au début du 21ème siècle, la faiblesse des prix de gros de l'électricité a pesé lourdement sur les exploitants, les incitant à fermer certaines centrales nucléaires. Il s'en est suivi l'arrêt définitif des quatre tranches de la centrale de Calder Hall en mars 2003 et celui des quatre réacteurs de la centrale de Chapelcross en juin 2004. Les huit réacteurs MAGNOX restants doivent normalement tous être fermés d'ici à la fin de 2010. Au 1er janvier 2006, 23 réacteurs étaient encore en exploitation, assurant plus de 20 % de la production d'électricité du Royaume-Uni.

Russie, Fédération de : Les deux premiers réacteurs nucléaires (d'une puissance respectivement de 102 et de 197 MWe) ont été connectés au réseau en 1964. Au 1er janvier 2006, on comptait 31 réacteurs nucléaires en exploitation en Russie, avec des puissances installées variant de 10 à 950 MWe, et quatre réacteurs étaient en construction. Il est prévu de disposer d'une puissance installée d'au moins 32 GWe nets en service d'ici à 2020.

Slovénie : Le seul réacteur nucléaire en service (632 MWe), qui est exploité conjointement avec la Croatie, a été couplé au réseau en 1981.

Suède : Le premier réacteur nucléaire (Agesta, 10 MWe) a été couplé au réseau en 1964 et a été fermé en 1974. Douze autres réacteurs nucléaires ont été construits de 1971 à 1985. La fermeture d'un second réacteur (tranche 1 de la centrale de Barseback, 615 MWe) est intervenue en 1999 par suite de la décision d'abandonner progressivement le recours à l'énergie nucléaire.

Suisse : Cinq réacteurs nucléaires ont été construits en Suisse entre 1969 et 1984 et aucun n'a été fermé.

Taipei chinois : Six réacteurs nucléaires ont été construits dans le Taipei chinois entre 1977 et 1985. Au 1er janvier 2006, deux tranches étaient en construction.

Ukraine : Le premier réacteur nucléaire a été couplé au réseau en 1977. Seize autres tranches ont été construites entre 1978 et 1989, et deux réacteurs de plus sont entrés en exploitation en 2004. La tranche 4 de la centrale de Tchernobyl a explosé en 1986, s'agissant de l'accident de réacteur le plus grave survenu dans le monde, et a conduit à l'arrêt définitif des trois autres réacteurs se trouvant sur le site respectivement en 1991, en 1996 et en 2000. Au 1er janvier 2006, deux réacteurs étaient en construction.

Au 1er janvier 2006, 24 réacteurs au total étaient en construction en Argentine (1), en Chine (2), en Finlande (1), en Inde (8), dans la République islamique d'Iran (1), au Japon (1), au Pakistan (1), en Roumanie (1), dans la Fédération de Russie (4), dans le Taipei chinois (2) et en Ukraine (2).

Annexe 2.2

RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN EXPLOITATION ET PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (1957-2003)

(en GWE nets installés à la fin de l'année et nombre de réacteurs en exploitation)

		1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Afrique du Sud	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Allemagne	Puissance installée					15	15	15	15	15	366	379	969
	Réacteurs en exploitation					1	1	1	1	1	4	5	7
Argentine	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Arménie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Belgique	Puissance installée						11	11	11	11	11	11	11
	Réacteurs en exploitation						1	1	1	1	1	1	1
Brésil	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Bulgarie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Canada	Puissance installée						22	22	22	22	25	245	245
	Réacteurs en exploitation						1	1	1	1	1	2	2
Chine	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Espagne	Puissance installée												153
	Réacteurs en exploitation												1
États-Unis	Puissance installée	60	60	60	424	424	681	850	867	867	991	2 027	1 999
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	3	3	4	8	9	9	11	14	13
Finlande	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
France	Puissance installée			38	38	38	38	38	108	318	798	1 178	1 178
	Réacteurs en exploitation			1	1	1	1	1	2	3	4	6	6
Hongrie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Inde	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Italie	Puissance installée							153	563	563	563	563	563
	Réacteurs en exploitation							1	3	3	3	3	3
Japon	Puissance installée									166	166	166	166
	Réacteurs en exploitation									1	1	1	1
Kazakhstan	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Lituanie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Mexique	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Pakistan	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Pays-Bas	Puissance installée												55
	Réacteurs en exploitation												1
Rép. de Corée	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Rép. slovaque	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Rép. tchèque	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Roumanie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Royaume-Uni	Puissance installée	50	100	249	348	348	774	956	956	2 256	2 806	2 996	3 088
	Réacteurs en exploitation	1	2	5	7	7	10	12	12	18	21	22	23
Russie, Féd. de	Puissance installée								299	299	299	445	445
	Réacteurs en exploitation								2	2	2	3	3
Slovénie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Suède	Puissance installée								10	10	10	10	10
	Réacteurs en exploitation								1	1	1	1	1
Suisse	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Taipei chinois	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Ukraine	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Total	Puissance installée	110	160	347	810	825	1 541	2 045	2 851	4 527	6 035	8 020	8 882
	Taux d'accroissement		45,5	116,9	133,4	1,9	86,8	32,7	39,4	58,8	33,3	32,9	10,7
	Réacteurs en exploitation	2	3	7	11	12	18	25	32	40	49	58	62

RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN EXPLOITATION ET PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (1957-2003)

(en GWE nets installés à la fin de l'année et nombre de réacteurs en exploitation)

		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Afrique du Sud	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Allemagne	Puissance installée	973	1 019	1 669	2 211	2 177	3 769	4 068	6 871	7 692	9 371	10 242	10 240
	Réacteurs en exploitation	7	8	9	9	10	12	12	15	16	18	19	18
Argentine	Puissance installée						321	319	319	336	345	335	335
	Réacteurs en exploitation						1	1	1	1	1	1	1
Arménie	Puissance installée								376	376	376	376	752
	Réacteurs en exploitation								1	1	1	1	2
Belgique	Puissance installée	11	11	11	11	11	361	1 680	1 670	1 670	1 670	1 670	1 670
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4
Brésil	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Bulgarie	Puissance installée						420	811	814	816	816	816	816
	Réacteurs en exploitation						1	2	2	2	2	2	2
Canada	Puissance installée	245	245	1 299	2 122	2 536	2 535	2 531	2 534	4 014	4 508	5 248	5 172
	Réacteurs en exploitation	2	2	4	6	7	7	7	7	9	9	10	10
Chine	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Espagne	Puissance installée	153	160	616	1 113	1 073	1 073	1 073	1 073	1 073	1 073	1 073	1 073
	Réacteurs en exploitation	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
États-Unis	Puissance installée	3 666	6 295	8 341	13 893	21 341	31 581	35 144	42 457	45 029	49 738	49 719	50 822
	Réacteurs en exploitation	14	18	21	29	38	50	53	62	64	69	68	69
Finlande	Puissance installée									431	1 176	1 065	2 217
	Réacteurs en exploitation									1	2	2	4
France	Puissance installée	1 658	1 690	2 109	2 752	2 650	2 653	2 658	2 580	4 349	6 204	7 984	14 100
	Réacteurs en exploitation	7	7	8	9	8	8	8	9	11	13	15	21
Hongrie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Inde	Puissance installée	420	420	420	420	565	557	606	626	626	626	626	816
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4
Italie	Puissance installée	563	571	576	576	547	550	563	551	564	1 216	1 112	1 112
	Réacteurs en exploitation	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Japon	Puissance installée	507	1 311	1 323	1 795	2 185	4 937	6 246	7 099	9 474	13 211	14 249	14 770
	Réacteurs en exploitation	2	4	4	5	6	10	12	13	16	20	21	22
Kazakhstan	Puissance installée					135	135	135	135	135	135	135	135
	Réacteurs en exploitation					1	1	1	1	1	1	1	1
Lituanie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Mexique	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Pakistan	Puissance installée			128	137	126	126	126	137	126	125	125	125
	Réacteurs en exploitation			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pays-Bas	Puissance installée	55	55	54	54	499	528	498	501	501	496	496	498
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Rép. de Corée	Puissance installée									555	555	564	564
	Réacteurs en exploitation									1	1	1	1
Rép. slovaque	Puissance installée					110	90	100	93	0	405	386	784
	Réacteurs en exploitation					1	1	1	1	0	1	1	2
Rép. tchèque	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Roumanie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Royaume-Uni	Puissance installée	3 410	3 360	3 628	4 056	3 964	3 964	4 147	5 312	5 853	6 220	6 223	6 398
	Réacteurs en exploitation	24	24	25	26	26	26	27	31	32	33	33	33
Russie, Féd. de	Puissance installée	781	781	1 166	1 166	2 887	3 318	4 253	5 188	5 188	5 188	7 038	8 548
	Réacteurs en exploitation	4	4	5	5	8	11	13	15	15	15	17	19
Slovénie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Suède	Puissance installée	10	12	463	470	450	2 713	3 186	3 172	3 757	3 700	3 700	5 543
	Réacteurs en exploitation	1	1	2	2	2	5	5	5	6	6	6	8
Suisse	Puissance installée	364	364	1 027	967	1 006	1 006	1 006	1 006	1 020	1 020	1 944	1 940
	Réacteurs en exploitation	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Taipei chinois	Puissance installée									604	1 208	1 208	1 208
	Réacteurs en exploitation									1	2	2	2
Ukraine	Puissance installée									723	1 850	1 850	2 211
	Réacteurs en exploitation									1	2	2	3
Total	Puissance installée	**12 816**	**16 294**	**22 830**	**31 743**	**42 262**	**60 637**	**69 150**	**82 514**	**94 912**	**111 232**	**118 184**	**131 849**
	Taux d'accroissement	**44,3**	**27,1**	**40,1**	**39,0**	**33,1**	**43,5**	**14,0**	**19,3**	**15,0**	**17,2**	**6,3**	**11,6**
	Réacteurs en exploitation	**70**	**77**	**91**	**105**	**123**	**150**	**161**	**182**	**197**	**216**	**223**	**240**

Annexe 2.2 (suite 3/4)

RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN EXPLOITATION ET PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (1957-2003)

(en GWE nets installés à la fin de l'année et nombre de réacteurs en exploitation)

		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Afrique du Sud	Puissance installée				920	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840
	Réacteurs en exploitation				1	2	2	2	2	2	2	2	2
Allemagne	Puissance installée	10 299	11 507	12 788	18 004	17 808	20 567	20 562	23 220	23 588	22 874	21 226	21 315
	Réacteurs en exploitation	18	19	20	24	23	25	25	27	27	25	20	20
Argentine	Puissance installée	335	335	935	935	935	935	935	935	935	935	935	935
	Réacteurs en exploitation	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Arménie	Puissance installée	752	752	752	752	752	752	752	752	752	376	376	376
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Belgique	Puissance installée	1 670	3 574	3 467	3 467	4 445	5 487	5 503	5 480	5 501	5 501	5 501	5 501
	Réacteurs en exploitation	4	6	6	6	7	8	8	7	7	7	7	7
Brésil	Puissance installée		626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626
	Réacteurs en exploitation		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bulgarie	Puissance installée	1 224	1 632	1 632	1 632	1 632	1 632	2 579	2 519	2 585	2 585	3 538	3 538
	Réacteurs en exploitation	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6
Canada	Puissance installée	5 248	6 399	7 565	9 752	9 646	11 195	12 166	12 185	12 185	13 086	13 993	13 993
	Réacteurs en exploitation	10	12	14	17	16	18	19	18	18	19	20	20
Chine	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Espagne	Puissance installée	2 007	2 003	3 891	4 731	5 636	5 608	6 562	7 526	7 595	7 595	7 121	7 115
	Réacteurs en exploitation	4	4	6	7	8	8	9	10	10	10	9	9
États-Unis	Puissance installée	54 972	59 117	62 135	68 798	77 485	84 406	92 595	94 835	98 270	99 388	99 377	99 129
	Réacteurs en exploitation	73	77	79	85	93	99	107	108	111	111	111	110
Finlande	Puissance installée	2 200	2 196	2 204	2 246	2 300	2 310	2 310	2 310	2 310	2 310	2 310	2 310
	Réacteurs en exploitation	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
France	Puissance installée	21 345	23 054	26 603	32 789	37 536	44 542	49 347	52 300	52 335	55 995	56 910	57 959
	Réacteurs en exploitation	29	31	35	41	44	48	52	54	54	56	56	56
Hongrie	Puissance installée		82	410	835	825	1 252	1 670	1 660	1 660	1 710	1 645	1 729
	Réacteurs en exploitation		1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4
Inde	Puissance installée	860	832	959	975	1 163	1 154	1 154	1 154	1 364	1 324	1 324	1 551
	Réacteurs en exploitation	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	9
Italie	Puissance installée	1 404	1 403	1 286	1 273	1 273	1 273	1 273	1 120	1 120	1 120		
	Réacteurs en exploitation	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2		
Japon	Puissance installée	16 438	16 438	18 849	21 536	23 464	25 646	26 709	28 153	29 139	30 716	31 843	34 090
	Réacteurs en exploitation	24	24	27	30	32	34	35	37	38	40	41	43
Kazakhstan	Puissance installée	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lituanie	Puissance installée			1 380	1 380	1 380	1 380	2 816	2 760	2 760	2 760	2 760	2 370
	Réacteurs en exploitation			1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Mexique	Puissance installée									654	640	640	654
	Réacteurs en exploitation									1	1	1	1
Pakistan	Puissance installée	125	125	125	137	137	125	125	125	125	125	125	125
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pays-Bas	Puissance installée	498	503	504	507	508	507	507	508	539	539	510	507
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rép. de Corée	Puissance installée	564	1 184	1 789	1 790	3 580	5 380	5 380	6 300	7 220	7 220	7 220	7 220
	Réacteurs en exploitation	1	2	3	3	5	7	7	8	9	9	9	9
Rép. slovaque	Puissance installée	780	796	796	816	1 632	1 632	1 632	1 632	1 632	1 632	1 632	1 632
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
Rép. tchèque	Puissance installée					396	1 219	1 632	1 632	1 632	1 632	1 632	1 632
	Réacteurs en exploitation					1	3	4	4	4	4	4	4
Roumanie	Puissance installée												
	Réacteurs en exploitation												
Royaume-Uni	Puissance installée	6 490	6 516	7 146	7 804	10 061	10 141	10 181	11 734	11 530	11 360	11 484	12 001
	Réacteurs en exploitation	32	32	33	34	38	38	38	41	41	37	37	37
Russie, Féd. de	Puissance installée	9 884	10 809	11 734	12 993	15 793	16 743	18 897	18 647	18 647	19 375	18 893	18 893
	Réacteurs en exploitation	21	22	23	24	27	28	29	30	30	30	28	28
Slovénie	Puissance installée	632	632	632	632	632	620	620	620	620	620	632	632
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Suède	Puissance installée	6 420	7 330	7 307	7 355	9 491	9 602	9 652	9 678	9 843	9 824	9 999	10 041
	Réacteurs en exploitation	9	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12
Suisse	Puissance installée	1 944	1 946	1 946	2 956	2 887	2 924	2 951	2 952	2 944	2 943	2 938	2 947
	Réacteurs en exploitation	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Taipei chinois	Puissance installée	2 156	3 104	3 104	3 994	4 884	4 884	4 884	4 884	4 890	4 828	4 890	4 890
	Réacteurs en exploitation	3	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Ukraine	Puissance installée	3 520	4 470	5 395	6 345	8 249	10 145	11 726	11 120	13 020	13 020	13 020	12 419
	Réacteurs en exploitation	5	6	7	8	10	12	13	13	15	15	15	14
Total	Puissance installée	**151 902**	**167 500**	**186 095**	**216 115**	**247 131**	**274 662**	**297 721**	**309 342**	**317 996**	**324 634**	**325 075**	**328 105**
	Taux d'accroissement	**15,2**	**10.3**	**11.1**	**16.1**	**14.4**	**11.1**	**8.4**	**3.9**	**2.8**	**2.1**	**0,1**	**0.9**
	Réacteurs en exploitation	**262**	**281**	**301**	**331**	**363**	**388**	**409**	**419**	**428**	**426**	**419**	**421**

Annexe 2.2 (suite 4/4)

RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN EXPLOITATION ET PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (1957-2003)

(en GWE nets installés à la fin de l'année et nombre de réacteurs en exploitation)

		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Afrique du Sud	Puissance installée	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 840	1 800	1 800
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Allemagne	Puissance installée	21 398	21 450	20 942	21 010	21 049	21 063	21 122	21 177	21 283	21 283	21 283
	Réacteurs en exploitation	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Argentine	Puissance installée	935	935	935	935	935	935	933	978	935	935	935
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Arménie	Puissance installée	376	376	376	376	376	376	376	376	376	376	376
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Belgique	Puissance installée	5 501	5 535	5 573	5 667	5 728	5 712	5 753	5 753	5 753	5 801	5 801
	Réacteurs en exploitation	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Brésil	Puissance installée	626	626	626	626	626	626	626	1 976	1 976	1 901	1 901
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Bulgarie	Puissance installée	3 538	3 538	3 538	3 538	3 538	3 538	3 538	3 666	3 538	3 538	2 722
	Réacteurs en exploitation	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4
Canada	Puissance installée	15 800	15 750	15 750	14 902	14 902	11 694	9 998	9 998	10 018	10 018	10 018
	Réacteurs en exploitation	22	22	22	21	21	16	14	14	14	14	14
Chine	Puissance installée	288	2 167	2 188	2 167	2 188	2 167	2 167	2 188	2 167	3 715	5 312
	Réacteurs en exploitation	1	3	3	3	3	3	3	3	3	5	7
Espagne	Puissance installée	7 158	7 158	7 098	7 208	7 113	7 350	7 369	7 457	7 469	7 574	7 588
	Réacteurs en exploitation	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
États-Unis	Puissance installée	98 878	98 784	99 004	100 378	100 181	97 378	96 987	97 221	97 493	97 964	98 357
	Réacteurs en exploitation	109	109	109	110	109	105	104	104	104	104	104
Finlande	Puissance installée	2 310	2 310	2 310	2 310	2 398	2 656	2 656	2 656	2 656	2 656	2 656
	Réacteurs en exploitation	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
France	Puissance installée	58 775	58 880	58 340	58 340	60 050	60 050	61 500	62 950	62 950	62 840	63 180
	Réacteurs en exploitation	56	56	55	55	56	56	57	58	58	58	58
Hongrie	Puissance installée	1 726	1 729	1 729	1 729	1 729	1 729	1 729	1 729	1 755	1 755	1 755
	Réacteurs en exploitation	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Inde	Puissance installée	1 561	1 550	1 747	1 680	1 658	1 708	1 708	2 508	2 508	2 547	2 548
	Réacteurs en exploitation	9	9	10	10	10	10	10	14	14	14	14
Italie	Puissance installée											
	Réacteurs en exploitation											
Japon	Puissance installée	37 881	39 808	40 604	43 235	43 234	43 234	43 097	43 097	43 893	43 893	43 893
	Réacteurs en exploitation	47	49	50	52	52	52	51	51	52	52	52
Kazakhstan	Puissance installée	70	64	50	52	52	52	52	0	0	0	0
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Lituanie	Puissance installée	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370	2 370
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mexique	Puissance installée	654	1 256	1 256	1 274	1 242	1 310	1 338	1 290	1 290	1 360	1 360
	Réacteurs en exploitation	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pakistan	Puissance installée	125	125	125	125	125	125	125	425	425	425	425
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Pays-Bas	Puissance installée	510	510	510	510	505	450	449	449	449	450	450
	Réacteurs en exploitation	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Rép. de Corée	Puissance installée	7 220	8 088	9 115	9 120	9 770	12 340	12 990	12 990	13 940	14 890	15 850
	Réacteurs en exploitation	9	10	11	11	12	15	16	16	17	18	19
Rép. slovaque	Puissance installée	1 632	1 620	1 632	1 744	1 696	2 040	2 440	2 440	2 440	2 442	2 442
	Réacteurs en exploitation	4	4	4	4	4	5	6	6	6	6	6
Rép. tchèque	Puissance installée	1 782	1 782	1 782	1 648	1 760	1 648	1 648	1 648	1 648	2 560	3 510
	Réacteurs en exploitation	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6
Roumanie	Puissance installée				655	655	655	655	655	655	655	655
	Réacteurs en exploitation				1	1	1	1	1	1	1	1
Royaume-Uni	Puissance installée	11 726	11 695	12 914	12 914	12 920	12 920	12 920	12 450	12 450	12 004	12 004
	Réacteurs en exploitation	35	34	35	35	35	35	35	33	33	27	27
Russie, Féd. de	Puissance installée	19 843	19 843	19 843	19 843	19 843	19 843	19 843	19 843	20 793	20 793	20 793
	Réacteurs en exploitation	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	30
Slovénie	Puissance installée	620	620	620	620	620	620	620	646	656	676	676
	Réacteurs en exploitation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Suède	Puissance installée	10 002	10 037	10 058	10 050	10 048	10 070	10 038	9 419	9 416	9 440	9 462
	Réacteurs en exploitation	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11
Suisse	Puissance installée	2 978	3 005	3 056	3 075	3 093	3 093	3 127	3 170	3 200	3 220	3 220
	Réacteurs en exploitation	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Taipei chinois	Puissance installée	4 890	4 888	4 884	4 884	4 884	4 884	4 884	4 884	4 884	4 884	4 884
	Réacteurs en exploitation	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ukraine	Puissance installée	12 162	12 072	13 045	12 860	12 120	12 120	12 120	12 120	11 207	11 207	11 207
	Réacteurs en exploitation	14	14	15	15	14	14	14	14	13	13	13
Total	Puissance installée	**335 175**	**340 411**	**343 860**	**347 685**	**349 248**	**346 596**	**347 018**	**350 369**	**352 433**	**355 972**	**359 433**
	Taux d'accroissement	**2,2**	**1,6**	**1,0**	**1,1**	**0,4**	**-0,8**	**0,1**	**1,0**	**0,6**	**1,0**	**1,0**
	Réacteurs en exploitation	**426**	**431**	**434**	**437**	**437**	**431**	**431**	**433**	**435**	**433**	**435**

Source : Système de documentation sur les réacteurs de puissance de l'AIEA, modifié par le recours à d'autres sources.

Annexe 3.1

BESOINS ANNUELS EN URANIUM (1956-2003)
(t d'U)

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Afrique du Sud																			
Allemagne																			
Argentine																			
Arménie																			
Belgique																			
Brésil																			
Bulgarie																			100
Canada																			
Chine																			
Espagne																			
États-Unis																			
Finlande																			
France																			
Hongrie																			
Inde															84	84	84	113	111
Italie																			
Japon																			
Kazakhstan																		70	70
Lituanie																			
Mexique																			
Pakistan																15	15	15	15
Pays-Bas																			
Rép. de Corée																			
Rép. slovaque																		40	32
Rép. tchèque																			
RFTS																			
Roumanie																			
Royaume-Uni																			
Russie, Féd. de														164	164	245	245	606	697
Slovénie																			
Suède																			
Suisse																			
Taïwan																			
Ukraine																			
MONDE	770	516	732	716	1 655	1 463	2 079	3 696	4 543	4 928	5 082	7 084	9 625	12 200	13 964	15 245	16 245	17 716	18 499

Annexe 3.1 (suite 2/3)

BESOINS ANNUELS EN URANIUM (1956-2003)
(t d'U)

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1978	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Afrique du Sud						576	424	374	145	289	289	270	270	270	*270*	*270*	*270*	*200*	*200*
Allemagne						2 760	1 949	2 033	2 700	3 400	3 300	3 300	3 300	3 300	3 300	3 300	3 300	3 200	3 200
Argentine						165	126	156	170	175	160	114	126	109	100	147	150	148	150
Arménie				90	90	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	90	90	90	90
Belgique						1 050	1 050	1 450	700	990	960	950	950	950	950	950	950	950	950
Brésil						106	103	93	106	112	112	110	110	110	110	110	140	*110*	*110*
Bulgarie	195	195	195	195	195	195	213	390	390	390	390	*390*	*390*	*600*	*700*	*700*	*700*	844	844
Canada						1 000	1 100	1 200	1 400	1 300	960	1 400	1 600	1 700	1 800	1 900	1 900	1 900	1 900
Chine																	*50*	48	197
Espagne						797	391	564	707	510	543	1 019	1 300	1 254	1 100	1 124	1 233	1 015	1 335
États-Unis						7 400	8 300	7 400	8 900	12 900	12 600	11 850	11 150	14 190	14 500	11 400	16 000	17 300	17 300
Finlande						270	270	270	270	350	350	480	480	480	480	480	572	460	460
France						3 700	4 400	5 100	6 500	6 000	6 000	*6 200*	*6 200*	6 050	7 200	7 200	7 300	7 800	7 900
Hongrie								21	104	211	209	317	423	420	420	420	420	415	434
Inde	121	125	125	125	125	163	172	166	192	195	233	230	230	230	*220*	*220*	*255*	207	207
Italie						46	38	46	232	185	185	191	0	0					
Japon						4 000	4 700	4 900	3 500	4 900	4 500	4 800	6 000	*6 400*	6 600	6 900	7 100	7 600	*8 100*
Kazakhstan	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Lituanie									300	300	300	516	516	516	516	516	516	516	516
Mexique															*145*	111	120	116	220
Pakistan	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	*15*	*15*	*15*	16	16
Pays-Bas						95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	76	85
Rép. de Corée						191	191	309	470	540	920	1 190	1 390	840	1 040	1 158	1 233	1 551	2 144
Rép. slovaque	36	33	0	97	92	187	186	180	180	184	360	360	360	360	360	360	360	*360*	360
Rép. tchèque																		380	390
RFTS											247	761	863	863	*730*	*730*	*916*		
Roumanie																			
Royaume-Uni						1 900	1 300	1 500	1 500	2 150	2 200	1 500	1 550	1 700	*1 900*	2 000	2 000	2 330	2 035
Russie, Féd. de	893	1 089	1 089	1 089	1 478	1 795	2 076	2 270	2 464	2 729	3 317	3 516	3 968	3 916	3 916	4 069	4 000	*4 000*	*4 210*
Slovénie							104	104	104	104	102	102	102	102	*102*	*102*	*102*	*102*	*102*
Suède						311	702	1 024	1 300	1 400	1 200	1 148	1 325	1 500	1 400	1 400	1 500	1 600	1 600
Suisse						400	533	483	350	570	570	566	570	529	529	570	570	532	532
Taïwan			111	223	223	223	397	572	572	736	900	900	900	900	940	900	850	810	810
Ukraine			147	376	376	449	715	907	1 095	1 288	1 675	2 059	2 380	2 257	2 643	2 643	2 643	2 526	2 060
MONDE	19 944	23 137	25 251	27 117	29 301	28 044	29 800	31 872	34 711	42 268	42 942	44 599	46 813	49 906	52 331	49 950	55 420	57 272	58 527

BESOINS ANNUELS EN URANIUM (1956-2003) (t d'U)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total 1956-2003
Afrique du Sud	200	200	200	200	200	200	200	200	280	280	6 277
Allemagne	3 000	3 300	3 200	2 900	3 100	3 100	3 350	3 200	3 150	3 200	73 842
Argentine	150	150	150	150	150	150	120	120	120	120	3 376
Arménie	90	*89*	*89*	*89*	89	89	89	89	70	90	3 213
Belgique	1 030	1 030	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 150	1 150	24 460
Brésil	120	120	120	120	120	310	450	450	450	450	4 252
Bulgarie	844	*844*	*844*	*844*	*844*	*844*	*840*	*840*	840	840	16 635
Canada	1 900	1 900	1 800	1 800	1 200	1 300	1 800	1 800	1 400	1 700	37 660
Chine	300	300	300	300	380	380	380	380	790	1 100	4 905
Espagne	1 320	1 375	1 155	1 075	1 500	1 150	1 400	1 700	1 470	1 500	26 537
États-Unis	15 600	18 400	17 400	21 300	17 700	18 100	20 570	18 420	22 700	22 800	364 180
Finlande	450	450	495	496	550	550	500	500	500	500	10 663
France	8 900	8 900	8 900	8 600	8 200	8 200	8 879	8 568	8 570	8 570	173 837
Hongrie	420	420	415	415	400	400	368	311	370	370	7 703
Inde	194	*220*	*220*	*220*	376	433	397	397	430	465	7 369
Italie											923
Japon	7 700	7 700	8 700	7 500	7 810	9 290	7 500	11 100	7 840	8 380	163 520
Kazakhstan	50	50	50	50	*50*						1 720
Lituanie	470	450	385	415	480	640	240	240	360	310	9 018
Mexique	169	323	325	170	360	190	187	189	330	230	3 185
Pakistan	16	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*65*	*65*	65	65	703
Pays-Bas	95	99	93	74	74	74	*84*	10	95	95	2 094
Rép. de Corée	1 580	1 850	1 810	2 760	2 400	2 500	3 400	2 900	2 780	2 780	37 927
Rép. slovaque	440	440	440	770	566	618	63	63	500	500	8 887
Rép. tchèque	370	335	370	370	440	516	722	512	745	745	5 895
RFTS											5 110
Roumanie		100	100	100	100	100	100	100	100	100	900
Royaume-Uni	2 432	2 512	2 622	2 622	2 356	2 356	2 250	2 250	1 930	1 760	48 655
Russie, Féd. de	4 210	*4 210*	3 800	3 800	3 600	3 600	*4 000*	*4 000*	4 600	5 100	94 925
Slovénie	102	*102*	*102*	*102*	*110*	*110*	120	120	190	230	2 622
Suède	1 500	1 500	1 500	1 500	1 600	1 600	1 500	1 500	1 600	1 600	32 810
Suisse	532	532	537	499	570	480	360	375	360	375	11 924
Taïwan	810	810	810	810	810	810	830	830	830	830	19 147
Ukraine	2 015	2 650	2 490	2 640	2 350	2 433	2 200	2 050	2 200	2 200	49 467
MONDE – Total	57 009	61 377	60 488	63 757	59 551	61 589	64 014	64 329	66 815	68 435	1 513 327

Notes :

Les données antérieures à 1980 relatives aux divers pays sont estimées à l'aide des informations sur la puissance installée fournies par le Système de documentation sur les réacteurs de puissance de l'AIEA et/ou les pays membres.
Les données postérieures à 1980 sont tirées d'une édition du Livre rouge, sauf indications contraire.
Les données indiquées *en italiques et en gris* sont tirées d'une édition du Livre rouge et étaient des estimations du Secrétariat.
Les données **en gras et en rouge** sont des estimations obtenues en utilisant un ratio de tonnes d'U par mégawatt net de puissance installée établi à partir des données applicables les plus proches, et fondées sur des données tirées du Système de documentation sur les réacteurs de puissance de l'AIEA.

Arménie	376 MWe nets = 90 t d'U = 0,239 t d'U/MWe
Bulgarie	1 632 MWe = 390 t d'U = 0,239 t d'U/MWe
Corée	Pour 1981, comme pour 1980. Pour 1982, 1981 plus ratio relatif à un RELP canadien vers 1980 de 0,19 t d'U/MWe nets sur la base de 5 172 MWe nets = 1 000 t d'U.
Hongrie	1 660 MWe nets = 420 t d'U = 0,253 t d'U/MWe
Inde	1 154 MWe nets = 230 t d'U = 0,199 t d'U/MWe
Kazakhstan	135 MWe nets = 70 t d'U = 0,51 t d'U/MWe
République slovaque	1 632 MWe nets = 360 t d'U = 0,221 t d'U/MWe
Russie	18 893 MWe nets = 4 000 t d'U = 0,21 t d'U/MWe (Besoins nationaux en 1992).
Slovénie	620 MWe nets = 102 t d'U = 0,165 t d'U/MWe
Ukraine	12 420 MWe nets = 2 520 t d'U = 0,203 t d'U/MWe

RFTS = République fédérative tchèque et slovaque.

Annexe 3.2

BESOINS RÉELS ET PRÉVISIONNELS EN URANIUM PAR ÉDITION DU LIVRE ROUGE (t d'U)

	1956	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Réel	770	1 650	4 920	14 230	18 750	26 000	36 100	49 290	61 380	64 010						
Édition Livre rouge																
1969																
Hypothèse basse		1 650	4 920	14 230	33 840	56 140										
Hypothèse haute					45 370	81 510										
1970																
Réel				9 000												
Prévisions					29 000	56 000	100 000									
1973																
Hypothèse basse					23 000	51 000	79 000	100 000								
Hypothèse haute					26 000	66 000	127 000	224 000								
1976																
Réel					18 000											
Hypothèse basse					18 000	48 000	82 000	130 000	188 000	236 000						
Hypothèse haute					18 000	53 000	101 000	168 000	249 000	313 000						
1977																
Hypothèse basse						41 000	65 000	85 000	104 000	125 000						
Hypothèse haute						43 000	88 000	156 000	234 000	338 000						
1979																
Réel						28 000	NA	56 000	NA	96 000	NA	NA	88 000	NA	48 000	
Hypothèse basse						32 000	NA	88 000	NA	199 000	NA	NA	433 000	NA	593 000	
Hypothèse haute																
1982																
Hypothèse basse							44 000	53 000	64 000	81 000	59 000	54 000	45 000	55 000	41 000	
Hypothèse haute							45 000	65 000	93 000	129 000	164 000	212 000	267 000	317 000	374 000	
1983																
Hypothèse basse							43 000		58 000	67 000	50 000	45 000	39 000	45 000	38 000	
Hypothèse haute							NA	54 000	70 000	90 000	119 000	165 000	214 000	265 000	321 000	
1986								55 000								
Réel							37 000									
Hypothèse basse								48 000	55 000	62 000	NA	NA	NA	NA	106 000	
Hypothèse haute								NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
1988																
Référence								44 800	47 200	52 400	NA	NA	NA	NA	NA	
1989																
Réel								41 600								
Hypothèse basse									NA	52 000	NA	56 500	NA	60 400	NA	63 700
Hypothèse haute									NA	58 400	NA	76 900	NA	90 600	NA	108 700
1991																
Référence								49 290	60 920	67 820	71 260	77 670	NA	NA	NA	NA
1993																
Référence									60 810	63 500	68 420	75 670	NA	NA	NA	NA
1995																
Référence									61 380	64 350	69 290	NA	NA	NA	NA	NA
Hypothèse basse										NA	NA	69 130	NA	NA	NA	NA
Hypothèse haute										NA	NA	74 680	NA	NA	NA	NA
1997																
Référence										64 520						
Hypothèse basse											66 810	70 980	62 540	NA	NA	NA
Hypothèse haute											69 430	77 050	82 800	NA	NA	NA
1999																
Référence										64 200						
Hypothèse basse											57 230	59 290	54 460	NA	NA	NA
Hypothèse haute											70 380	73 160	79 800	NA	NA	NA
2001																
Référence										64 010	65 920					
Hypothèse basse												64 920	58 040	58 010	NA	NA
Hypothèse haute												71 790	72 540	80 250	NA	NA
2003																
Référence											70 600					
Hypothèse basse												70 610	76 710	73 500	NA	NA
Hypothèse haute												73 280	84 410	86 070	NA	NA

NA = Non disponible.

Annexe 4.1

PRIX DE L'URANIUM SUR LE MARCHÉ (1970-2002)
(USD/kg d'U)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Dollars courants											
Données tirées du Livre rouge											
États-Unis (production nationale)								51,35	56,16	62,01	73,19
États-Unis (importations)											
Australie											
Euratom (contrats pluriannuels)											93,40
Euratom (contrats spot)											90,82
Niger											
Données commerciales (avec autorisation)											
NUEXCO "EV" (spot)	16,22	15,76	15,21	16,67	28,88	61,62	103,22	109,72	112,37	110,66	82,68
Dollars constants (2003)											
Taux d'inflation (indice des prix à la production)	3,646	3,538	3,428	3,143	2,724	2,462	2,357	2,215	2,053	1,847	1,628
NUEXCO "EV" (spot)	59,15	55,74	52,14	52,39	78,67	151,71	243,29	243,03	230,70	204,39	134,60

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Dollars courants											
Données tirées du Livre rouge											
États-Unis (production nationale)	96,00	102,00	99,35	84,90	81,72	78,03	71,16	67,99	50,86	40,82	35,52
États-Unis (importations)		67,00	68,00	58,84	52,20	52,20	49,76	49,46	43,55	32,66	40,43
Australie			93,00	92,00	75,00	70,00	75,00	79,00	74,00	47,60	55,10
Euratom (contrats pluriannuels)	86,74	83,16	80,55	77,42	75,82	80,25	84,53	82,60	76,18	76,20	67,89
Euratom (contrats spot)	73,05	62,38	60,42	50,09	38,83	45,95	44,85	41,89	31,63	25,08	23,56
Niger											
Données commerciales (avec autorisation)											
NUEXCO "EV" (spot)	62,89	51,74	59,75	44,90	40,58	44,20	43,60	37,83	26,00	25,38	22,60
Dollars constants (2003)											
Taux d'inflation (indice des prix à la production)	1,491	1,433	1,41	1,382	1,369	1,389	1,36	1,327	1,261	1,202	1,177
NUEXCO "EV" (spot)	93,77	74,14	84,25	62,05	55,55	61,39	59,30	50,20	32,79	30,51	26,60

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Dollars courants											
Données tirées du Livre rouge											
États-Unis (production nationale)	34,96	34,17	26,79	28,89	35,91	33,46	31,99	30,90	29,77	27,17	26,91
États-Unis (importations)	29,48	27,37	23,27	26,52	34,19	30,69	29,08	27,42	25,58	24,74	26,14
Australie	43,51	42,15	39,01	40,10	42,83	37,35	35,58	35,36	33,16	30,34	31,71
Euratom (contrats pluriannuels)	64,35	54,99	52,66	45,52	40,64	39,26	38,08	37,18	34,04	34,43	32,30
Euratom (contrats spot)	25,03	23,99	22,31	19,98	22,54	33,90	28,00	26,48	20,93	18,90	24,23
Niger		66,59	54,96	58,53	53,55	47,17	44,05	42,36	36,53	32,81	34,24
Données commerciales (avec autorisation)											
NUEXCO "EV" (spot)	20,70	18,24	18,33	21,97	33,49	27,39	23,61	21,45	18,04	21,06	25,69
Dollars constants (2003)											
Taux d'inflation (indice des prix à la production)	1,163	1,149	1,142	1,12	1,091	1,087	1,096	1,077	1,038	1,018	1,032
NUEXCO "EV" (spot)	24,07	20,96	20,93	24,61	36,54	29,77	25,88	23,10	18,73	21,44	26,51

Source : Données sur les prix spot NUEXCO EV, aimablement fournies par TradeTech (www.uranium.info).

Annexe 4.2

PRIX DE L'URANIUM, DE L'OR ET DU PÉTROLE SUR LE MARCHÉ (1970-2004) (USD courants)

		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Or	USD/once	36,02	40,62	58,42	97,39	154,00	160,86	124,74	147,84	193,40	306,00	615,00	460,00
Uranium	USD/livre U_3O_8	6,24	6,06	5,95	6,41	11,03	23,68	39,70	42,20	43,23	42,57	31,79	24,19
Pétrole brut	USD/baril	3,18	3,39	3,39	3,89	6,87	7,67	8,19	8,57	9,00	12,64	21,59	31,77

		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Or	USD/once	376,00	424,00	361,00	317,00	368,00	447,00	437,00	381,00	383,50	382,10	343,80	359,80
Uranium	USD/livre U_3O_8	19,90	22,98	17,27	15,60	17,00	16,78	14,55	10,00	9,76	8,70	7,95	7,12
Pétrole brut	USD/baril	28,52	26,19	25,88	24,09	12,51	15,40	12,58	15,86	20,03	16,54	15,99	14,25

		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Or	USD/once	384,00	384,20	387,70	331,00	294,20	279,00	279,10	271,00	309,70	363,40	409,70
Uranium	USD/livre U_3O_8	7,05	8,45	14,19	10,27	9,08	8,25	6,94	8,10	9,88	11,56	18,55
Pétrole brut	USD/baril	13,19	14,62	18,46	17,23	10,87	15,56	26,72	21,84	22,51	27,54	37,66

Sources :

Or : Association nationale de l'industrie minière des États-Unis *(National Mining Association)*.

Uranium : Prix spot NUEXCO EV.

Pétrole : Service d'information sur l'énergie du ministère de l'Énergie des États-Unis *(US DOE Energy Information Administration)* (prix du pétrole brut produit aux États-Unis).

Annexe 5.1

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Afrique du Sud (c)																
Allemagne, Rép. fédérale																
Allemagne, Rép. démocrate (a)		17,860	17,860	17,860	17,860	17,860	17,860	17,860	17,860	30,480	30,480	30,480	30,480	30,480	30,620	30,620
Argentine																
Australie																
Bangladesh																
Belgique																
Bolivie (c)																
Botswana (c)																
Brésil (c)																
Bulgarie																
Cameroun																
Canada																
Chili																
Chine																
Colombie																
Congo, Rép. démocratique																
Costa Rica																
Cuba																
Danemark (c)																
Égypte (c)																
Équateur (c)																
Espagne (c)																
États-Unis				0,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	2,500	2,500	3,000	3,000
Finlande (c)																
France (c)																
Gabon (c)																
Ghana																
Grèce																
Guatemala																
Hongrie																
Inde (c)																
Indonésie																
Iran (c)																
Irlande																
Italie (c)																
Jamaïque																
Japon (c)																
Jordanie																
Kazakhstan																
Lesostho																
Madagascar																
Malaisie																
Mali (c)																

Annexe 5.1 (suite 2/8)

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Maroc																
Mexique																
Mongolie																
Namibie (c)																
Niger																
Nigeria (c)																
Norvège																
Ouzbékistan																
Pakistan																
Paraguay (c)																
Pérou (c)																
Philippines (c)																
Pologne																
Portugal (c)																
Rép. centrafricaine (c)																
Rép. de Corée																
Rép. tchèque																
Roumanie																
Royaume-Uni (c)																
Russie, Fédération de																
Rwanda																
Slovénie																
Somalie																
Soudan																
Sri Lanka (c)																
Suède																
Suisse (c)																
Syrie (c)																
Thaïlande																
Turquie (c)																
Ukraine																
URSS (b)	2,600	13,740	13,740	13,740	13,740	13,740	27,300	27,300	27,300	27,300	27,300	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000
Uruguay																
Vietnam																
Yougoslavie																
Zambie																
Zimbabwe (c)																
Total (d)	**2,600**	**31,600**	**31,600**	**32,100**	**32,600**	**32,600**	**46,160**	**46,160**	**46,660**	**59,280**	**59,780**	**83,980**	**83,980**	**83,980**	**84,620**	**84,620**

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Afrique du Sud (c)											0,841		0,376	0,822	3,442	7,257
Allemagne, Rép. fédérale											NR	1,200	1,700	2,000	2,700	3,100
Allemagne, Rép. démocrate (a)	32,000	32,000	32,110	32,200	32,000	32,000	32,100	32,000	32,620	35,100	36,190	40,140	48,140	49,280	51,960	50,850
Argentine																0,000
Australie							1,000	4,000	7,000	9,000	10,000	12,800	16,300	14,600	10,000	14,000
Bangladesh																
Belgique																0,000
Bolivie (c)											0,200	0,060	0,070	1,150	2,000	3,300
Botswana (c)															0,060	0,070
Brésil (c)											10,000	1,500	8,500	10,000	12,000	24,400
Bulgarie																
Cameroun																
Canada											NR	24,900			23,500	43,100
Chili											NR				0,145	0,570
Chine																
Colombie													0,000	0,500	0,500	1,500
Congo, Rép. démocratique																
Costa Rica																
Cuba																
Danemark (c)											0,450	0,000	0,170	0,170	---------0.350---------	
Égypte (c)																
Équateur (c)																0,040
Espagne (c)											13,336	1,787	1,929	2,576	6,483	7,100
États-Unis	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	7,037	18,644	34,913	33,896	31,099	41,146	32,400	49,470	80,950	128,290	195,900
Finlande (c)											0,700	0,500	0,600	0,900	1,400	1,440
France (c)											87,000	4,800	5,400	8,200	14,600	19,600
Gabon (c)																33,700
Ghana											NR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Grèce											0,000	0,090	0,090	0,122	0,224	0,432
Guatemala																
Hongrie																
Inde (c)											39,146	2,584	2,402	3,214	3,400	3,400
Indonésie																
Iran (c)											NR	0,000	0,000			
Irlande													NR	----------2.000----------		
Italie (c)																
Jamaïque																
Japon (c)											10,617	0,630	0,533	0,507	0,360	0,460
Jordanie											0,000		0,028	0,020		
Kazakhstan																
Lesostho																
Madagascar											NR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
Malaisie																
Mali (c)																

Annexe 5.1 (suite 4/8)

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Maroc																NR
Mexique											NR	0,488	1,554	1,709	2,152	2,766
Mongolie																
Namibie (c)														0,600	1,882	3,874
Niger										NR	----------	----------	34,000	----------	----------	17,023
Nigeria (c)														2,250	0,900	0,600
Norvège																NR
Ouzbékistan																
Pakistan																
Paraguay (c)																
Pérou (c)														0,097	0,033	0,069
Philippines (c)											0,300	0,001	0,001	0,020	0,040	0,046
Pologne																
Portugal (c)											5,594	0,135	0,207	0,246	0,243	0,276
Rép. centrafricaine (c)											15,000	0,000	0,000		1,700	1,500
Rép. de Corée											0,000	0,065	0,043	0,030	0,058	0,246
Rép. tchèque											13,845	13,845	13,845	13,845	13,845	13,845
Roumanie																
Royaume-Uni (c)											0,637	0,110	0,068	0,040	0,010	0,015
Russie, Fédération de																
Rwanda																
Slovénie																
Somalie										NR	----------	-3.750-	----------	6,250	----------	0
Soudan													NR	0,000	0,000	0,200
Sri Lanka (c)																0,005
Suède											1,000	1,200	1,480	2,070	2,900	5,050
Suisse (c)											0,742	0,040	0,166	0,142	0,126	0,069
Syrie (c)																0,800
Thaïlande																NR
Turquie (c)											3,500	0,400	0,500	0,650	0,800	0,900
Ukraine																
URSS (b)	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	73,160	73,160	73,160	73,160	73,160	94,380	94,380	94,380	94,380	94,380	127,040
Uruguay																NR
Vietnam																
Yougoslavie																
Zambie																
Zimbabwe (c)																0,400
Total (d)	100,000	100,000	100,110	100,200	101,000	112,197	124,904	144,073	146,676	148,359	203,611	242,105	290,835	303,676	389,531	550,623

Annexe 5.1 (suite 5/8)

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Afrique du Sud (c)	12,350	24,567	31,271	28,699	19,150	6,794	5,277									
Allemagne, Rép. fédérale	9,292	11,462	10,000	11,000	13,265	7,350	5,400	2,200	2,800	4,600	5,800	3,000	0,000			0,000
Allemagne, Rép. démocrate (a)	55,240	63,730	69,830	70,490	56,640	52,700	70,450	66,770	64,570	80,640	92,870	97,530	70,740	36,510	0,000	0,000
Argentine	4,784	7,210	5,605	7,405	5,200	4,138	5,700	2,015	0,069	0,965	0,087	0,484	0,642	0,340	0,588	1,330
Australie	18,000	29,000	32,000	45,000	43,000	30,000	13,000	11,000	9,000	12,000	18,000	20,360	17,460	11,835	10,803	10,273
Bangladesh			NR	0,203	0,046	0,034	0,034	0,040	0,043	0,040	0,013					
Belgique	0,021	0,061	1,200	0,526	0,094				0,065	0,085	0,330	0,105		0,000	0,000	0,000
Bolivie (c)			1,595		0,968											
Botswana (c)	0,105	0,070	0,100	0,210				0,210								
Brésil (c)	25,600	29,300	12,500	8,600	18,830	17,890	4,038	2,970								0,000
Bulgarie																
Cameroun			1,282													
Canada	68,000	80,000	111,900	111,550	85,543	56,900	33,950	27,970	25,310	25,170	29,720	49,720	48,000	39,380	39,250	38,420
Chili			0,840	0,840	0,840	0,840	0,120	0,115	0,123	0,107	0,102	0,120	0,129	0,082	0,099	0,117
Chine																
Colombie	0,250	4,401	2,500	3,000	6,000	0,740	0,150	0,150	0,063	0,079	0,037	0,036	0,040			
Congo, Rép. démocratique																
Costa Rica			NR	0,002	0,003	0,008	0,001		0,250	0,100						
Cuba																0,236
Danemark (c)	1,100	0,100	0,500	0,350	0,200	0,400	0,200	0,100	0,050							
Égypte (c)						8,571	1,574	1,250	1,050	1,072	1,213	3,123	2,688	4,373	3,614	4,505
Équateur (c)	0,008	0,160	0,050	0,180	0,654	0,203	0,258	0,192	0,200							
Espagne (c)	6,800	8,000	12,000	11,000	16,000	16,000	10,000	7,000	0,382	0,680	0,990	1,224	1,861	2,485	3,552	4,119
États-Unis	293,500	371,500	316,070	267,066	145,035	74,024	44,200	31,300	25,290	25,100	22,000	22,100	16,900	19,200	19,700	16,000
Finlande (c)	0,958	1,084	1,135	1,128	1,029	0,971	0,665	0,544	0,336	0,304	0,109	0,136	0,045	0,000	0,000	0,000
France (c)	18,200	26,200	61,700	89,500	70,450	55,730	49,320	48,580	47,740	64,026	55,143	47,020	33,046	32,472	23,725	14,984
Gabon (c)	4,800	8,500	9,600	8,600	8,253	7,741	4,737	3,982	5,000							2,011
Ghana					0,030	0,060										
Grèce	0,833	0,781	1,151	1,448	1,500	1,650	1,723	1,484	1,095	0,810	0,510	0,354	0,540	0,658	0,395	0,389
Guatemala			NR					0,580		0,030						
Hongrie												2,500	1,200	0,000	0,000	0,000
Inde (c)	4,400	4,900	7,660				9,850	8,670	10,190	11,580	13,430	13,664	12,803	15,420	13,230	9,010
Indonésie		2,449	0,392	1,163	1,600	1,300	0,874	0,170	0,187	0,052	0,229	0,206	0,222	0,368	0,886	1,230
Iran (c)																
Irlande	----------	----------	2,000	2,000	0,100	0,100										
Italie (c)		26,000	13,000	13,000	9,000	7,000	4,000	1,000	0,600	0,700	0,760					
Jamaïque						NR	0,030									
Japon (c)	0,390	0,550	0,660	0,700	0,770	0,620	0,580	0,560	0,480	0,760	0,520	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jordanie												0,163	0,120	0,108	0,042	0,036
Kazakhstan																2,500
Lesostho					NR			0,010	0,006	0,005						
Madagascar	0,112	0,152	0,398	1,049	1,489	1,087	0,914	0,042								
Malaisie		NR	0,050	3,064	0,039	0,041	0,635	0,705	0,738	0,725	0,665	0,680	0,684	0,246	0,281	0,310
Mali (c)		19,700	10,775	10,775	9,535	7,506	0,072	0,330								

Annexe 5.1 (suite 6/8)

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Maroc					1,500	1,000			0,200	0,028	0,024					
Mexique	1,368	1,192	1,677	3,400	7,000	7,000			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mongolie																0,048
Namibie (c)	2,903	3,718	2,139	3,689	2,456	1,962										0,364
Niger	11,112	4,989	28,257	20,132	13,715	5,025	4,890	0,879	2,130	5,497	4,870	4,788	4,697	1,432	1,128	1,343
Nigeria (c)	1,000	1,200	1,000													
Norvège	0,350	0,350	0,480	0,500	0,450	0,650	0,400									
Ouzbékistan																
Pakistan																
Paraguay (c)		2,870	4,140	7,250	6,750	4,500	0,850									
Pérou (c)	0,156	0,990	0,625	0,460	0,900	0,600	0,021	0,054	0,112	0,189	0,300	0,046	0,015	0,060	0,036	0,009
Philippines (c)	0,180	0,360	0,421	0,507	0,662	0,562	0,062	0,025	0,025	0,025	0,016	0,016	0,016	0,010	0,010	0,010
Pologne																
Portugal (c)	0,279	0,285	0,465	0,763	0,668	0,597	0,705	0,705	0,693	0,744	0,798	1,210	0,964	0,736	0,269	0,277
Rép. centrafricaine (c)	1,200	1,200	1,200													
Rép. de Corée			1,949	5,741	3,961	3,688	0,477	0,302	0,213	0,081	0,315	0,329	0,325	0,038	0,025	
Rép. tchèque	13,845	13,845	13,845	13,845	21,540	20,700	18,820	15,800	15,490	17,810	19,080	16,200	18,600	7,370	1,540	0,660
Roumanie																
Royaume-Uni (c)	0,020	0,400	0,525	0,625	0,635	0,730										0,000
Russie, Fédération de																9,710
Rwanda					1,505											
Slovénie														0,000	0,000	0,000
Somalie	0,000	0,000														
Soudan																
Sri Lanka (c)				0,008	0,012	0,008	0,007	0,002	0,001							
Suède	5,400	5,900	5,000	5,530	5,100	3,400	2,100	1,200	0,570					0,000	0,000	0,000
Suisse (c)	0,275	0,360	0,365	0,396	0,275	0,145	0,126	0,112	0,020							
Syrie (c)														0,089	0,179	0,083
Thaïlande	0,110	0,244	0,310	0,401	0,242	0,094	0,050	0,065	1,966	4,477	2,716	0,035	0,027	0,063	0,063	0,063
Turquie (c)	2,000	1,200	0,730	0,860	1,000	1,400	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,403	0,161	0,077		
Ukraine																
URSS (b)	127,040	127,040	127,040	127,040	138,640	138,640	138,640	138,640	138,640	147,690	147,690	147,690	147,690	147,690		
Uruguay							0,031	0,052	0,034	0,029	0,027	0,028	0,030			
Vietnam								NR						0,462	0,353	0,252
Yougoslavie						NR		0,750	0,175	0,295	0,040	0,070	0,215	0,036		
Zambie		NR														0,021
Zimbabwe (c)		0,035						0,367	0,583	1,261		1,429	1,064	0,719	0,526	0,518
Total (d)	**692,381**	**835,436**	**907,932**	**889,695**	**722,274**	**542,528**	**436,931**	**379,892**	**357,489**	**408,756**	**419,404**	**434,769**	**380,924**	**322,259**	**120,294**	**118,828**

Annexe 5.1 (suite 7/8)

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total 1945-2003 (e)
Afrique du Sud (c)				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	140,919
Allemagne, Rép. fédérale	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	96,869
Allemagne, Rép. démocrate (a)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 905,920
Argentine	1,242	0,700	0,950	0,000	0,000	0,000		0,791	0,777	0,265	0,976	52,263
Australie	5,790	4,904	5,942	11,842	18,754	12,030	6,260	4,390	2,470	3,020	4,116	508,949
Bangladesh												0,453
Belgique	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,487
Bolivie (c)												9,343
Botswana (c)												0,825
Brésil (c)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				186,128
Bulgarie												NR
Cameroun												1,282
Canada	31,820	26,090	32,350	28,470	42,000	41,000	33,000	30,700	16,200	22,900	21,687	1 288,500
Chili	0,115	0,094	0,218	0,143	0,154	0,196	0,178	0,214	0,126	0,154	0,115	6,896
Chine								4,200	6,000	7,200	6,000	23,400
Colombie		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					19,946
Congo, Rép. démocratique												NR
Costa Rica												0,364
Cuba	0,230	0,228	0,142	0,086	0,050							0,972
Danemark (c)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,140
Égypte (c)	6,647	3,245	3,264	6,528	7,418	7,976	7,976	10,499	9,404	7,186	5,631	108,807
Équateur (c)												1,945
Espagne (c)	2,872	0,891	0,000	1,388	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	140,455
États-Unis	12,000	4,329	6,009	10,054	30,426	21,724	8,968	6,694	4,827	0,352		2 507,113
Finlande (c)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,984
France (c)	9,963	6,217	2,882	7,960	1,742	1,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	907,240
Gabon (c)	1,839	1,050	0,939	1,338	0,343	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	102,433
Ghana												0,090
Grèce	0,403	0,154	0,148	0,273	0,290							17,547
Guatemala												0,610
Hongrie	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,700
Inde (c)	9,519	9,363	9,536	9,250	11,183	12,812	12,090	14,368	12,060	11,922	14,172	315,228
Indonésie	1,523	0,648	0,574	0,695	0,632	0,114	0,217	0,061	0,023	0,030	0,033	15,878
Iran (c)						0,857	1,000	1,700	1,004	1,389	3,781	9,731
Irlande		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					6,200
Italie (c)												75,060
Jamaïque												0,030
Japon (c)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19,697
Jordanie	0,013	0,010	0,030	0,100	0,100	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,920
Kazakhstan	2,525	1,290	0,113	0,242	0,160	0,000	0,000	11,035	13,175	11,836	4,372	47,248
Lesostho												0,021
Madagascar												5,293
Malaisie	0,368	0,399	0,163	0,000	0,245	0,188	0,186	0,660				11,072
Mali (c)												58,693

Annexe 5.1 (suite 8/8)

DÉPENSES ANNUELLES DE PROSPECTION (1945-2003) (millions d'USD)

Pays	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total 1945-2003 (e)
Maroc												2,752
Mexique	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				30,306
Mongolie	0,060	0,700	1,650	2,560	3,135							8,153
Namibie (c)	0,000	0,000	2,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,110	25,741
Niger	0,440	1,481	1,665	0,427	1,653	0,754	0,471	0,633	1,088	3,126	4,545	216,121
Nigeria (c)												6,950
Norvège		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,180
Ouzbékistan		0,472	6,197	22,067	21,954	19,652	19,392	14,152	8,516	13,255	13,923	139,580
Pakistan												NR
Paraguay (c)												26,360
Pérou (c)	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,776
Philippines (c)	0,010	0,030	0,030	0,019	0,019	0,013	0,011	0,005	0,004	0,004	0,000	3,460
Pologne												NR
Portugal (c)	0,135	0,106	0,130	0,114	0,154	0,102	0,018	0,019	0,000	0,000	0,000	17,637
Rép. centrafricaine (c)												21,800
Rép. de Corée		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17,886
Rép. tchèque	0,579	0,468	0,282	0,201	0,163	0,090	0,060	0,040	0,050	0,020	0,000	314,013
Roumanie		2,998	2,448	1,776	1,198	0,934	0,549	0,157				10,060
Royaume-Uni (c)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,815
Russie, Fédération de	2,828	4,197	5,581	4,281	10,052	8,650	6,870	13,300	11,470	10,420	7,241	94,600
Rwanda												1,505
Slovénie												NR
Somalie												10,000
Soudan												0,200
Sri Lanka (c)												0,043
Suède	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,900
Suisse (c)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,359
Syrie (c)	0,000											1,151
Thaïlande	0,138	0,116	0,119	0,000	0,000	0,000	0,000					11,299
Turquie (c)		0,000	0,000	0,000	0,200	1,200	0,000	0,000			0,007	21,988
Ukraine				1,376	1,611	1,940	1,606	2,107	1,701	1,898	3,415	15,654
URSS (b)												3 692,350
Uruguay												0,231
Vietnam	0,324	0,137	0,161	0,208	0,227	0,120	0,120	0,104	0,104	0,130	0,196	2,898
Yougoslavie												1,581
Zambie		0,004										0,025
Zimbabwe (c)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						6,902
Total (d)	**91,383**	**70,325**	**83,567**	**111,398**	**153,863**	**131,542**	**98,972**	**115,829**	**88,999**	**95,107**	**90,393**	
											Total Spending (e)	**13 382,927**

Notes :

Les dépenses de prospection communiquées dans les monnaies nationales ont été converties en USD par le Secrétariat en utilisant le taux de change annuel moyen fourni par le Département des finances du Programme des Nations Unies pour le développement.

---- Les chiffres indiqués se rapportent aux dépenses totales sur la période couverte par la ligne horizontale.

NR Il a été fait état d'activités de prospection mais aucun chiffre sur les dépenses n'a été fourni.

a) Le montant total des dépenses de prospection de l'uranium de la RDA s'élève à environ 5 500 millions de Marks de la RDA. Les dépenses engagées de 1946 à 1953 ont été d'environ 600 millions de Marks de la RDA. Entre 1954 et 1982 elles ont été d'environ 3 900 millions de Marks de la RDA. Les dépenses ont été réparties de façon égale chaque année au cours de chaque période. Le taux de change entre le Mark de la RDA et l'USD est le même que celui du DM/USD.

b) Les dépenses relatives à l'URSS ont été fournies sur une base quinquennale. Elles ont été divisées à parts égales à l'intérieur de chaque période. Le taux de change utilisé était de 1 USD = 0,75 RUB.

c) Les dépenses au cours de la première année pour laquelle des données ont été communiquées représentent les dépenses afférentes à toutes les activités de prospection menées antérieurement.

d) Le total ne comprend pas les dépenses, afférentes à plusieurs années, indiquées pour la première année pour laquelle des données ont été fournies. Voir note (c).

e) Comprend toutes les dépenses de prospection communiquées par le pays.

Annexe 5.2

RÉSUMÉ DES HISTORIQUES DES ACTIVITÉS DE PROSPECTION FIGURANT DANS LES DIVERSES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE

Éditions de 1965 et de 1967 du Livre rouge

En 1965, les activités de prospection de l'uranium (et la production) étaient principalement axées sur trois types géologiques de gisements :

- les gisements refermés dans des grès ;
- les gisements liés à des conglomérats à galets de quartz ;
- les gisements filoniens.

Aux États-Unis,les gisements d'uranium se présentaient dans une grande variété de roches et appartiennent à de nombreux types différents mais environ 95 % étaient associés à des sédiments clastiques grossiers, en gisements disséminés de forme irrégulière mais en général en lames minces. De l'uranium lié à des gisements refermés dans des grès était signalé également en Espagne et au Japon.

Les ressources contenues dans les gisements liés à des conglomérats dans la région de Blind River et d'Elliot Lake dans l'Ontario, constituaient environ 93 % des ressources totales du Canada. En Afrique du Sud, l'uranium était associé aux conglomérats du Witwatersrand, et était récupéré en tant que sous-produit de l'or.

Des gisements de type filonien étaient prospectés et exploités dans la région de Beaverlodge, dans la province de la Saskatchewan au Canada (représentant au total environ 6 % de l'ensemble des ressources en uranium du Canada), aux États-Unis, en France et au Portugal.

L'existence d'uranium était aussi signalée dans d'autres formations, telles que des pegmatites (région de Bancroft, Canada), des lignites (Espagne), des schistes noires bitumineux (Suède), et des formations intrusives (gisement d'Ilimaussaq au Groenland).

Répartition géologique des ressources en uranium (décembre 1967)

Type de gisement	Ressources raisonnablement assurées						Ressources supplémentaires estimées					
	<26 USD/kg d'U		<26-39 USD/kg d'U		<39-78 USD/kg d'U		<26 USD/kg d'U		<26-39 USD/kg d'U		<39-78 USD/kg d'U	
	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%
Grès	160	25,4	97	16,1	85	25,4	262	47,4	146	33,5	153	17,2
Conglomérats à galets de quartz	289	45,9	146	24,3	126	37,7	223	40,3	154	35,3	287	32,2
Types filoniens et connexes	60	9,5	12	2,0	6	1,8	45	8,1	23	5,3	21	2,4
Schistes argileux	3	0,5	274	45,6	0	0	0	0	40	9,2	0	0
Phosphates	75	11,9	49	8,2	77	23,1	0	0	0	0	231	26,0
Divers*	43	6,8	23	3,8	40	12,0	23	4,2	73	16,7	197	22,2
Total	**630**	**100,0**	**601**	**100,0**	**334**	**100,0**	**553**	**100,0**	**436**	**100,0**	**889**	**100,0**

* « Divers » inclut les pegmatites, les schistes, l'uranothorianite, les sous-produits de la lixiviation du cuivre, les silicates hyperalcalins, les lignites, les monazites, les roches volcaniques.

En plus de ces gisements classiques, des ressources en uranium étaient signalées dans des gisements de phosphates naturels (États-Unis et Maroc).

En 1966-1967, les activités de prospection étaient axées de préférence sur la recherche d'uranium bon marché et sur la mise en valeur de prolongements de gisements connus. C'est pourquoi ces activités ont privilégié la découverte de gisements sédimentaires de schistes argileux et de phosphates aux États-Unis, de minerais aurifères dans des formations conglomératiques en Afrique du Sud, de gisements de schistes argileux en Suède et de gisements de sable à monazite en Inde.

L'**Argentine** communiquait des ressources en uranium liées à des grès (92 % des ressources estimées) et des gisements de type filonien.

En **Australie**, les ressources étaient pour la plupart liées à des gisements de type filonien. La prospection était aussi axée sur la découverte de grands gisements conglomératiques, et d'autres types de minéralisations à faible teneur, mais les teneurs se révèlaient d'une faiblesse décevante.

Au **Canada**, les activités de prospection continuaient de porter sur des gisements conglomératiques (principalement dans l'Ontario, mais aussi dans les Territoires du Nord-Ouest, au Labrador, en Nouvelle-Écosse et au Québec). D'autres types de gisements, par exemple dans les bassins datant du Tertiaire et du Mésozoïque et dans des lignites, étaient également recherchés comme sources possibles d'uranium à faible teneur. Des gîtes de type filonien ont fait l'objet de travaux de prospection dans les Territoires du Nord-Ouest, en Nouvelle-Écosse, en Ontario et au Labrador.

Dans la **République démocratique du Congo** (ex-Zaïre), des gisements filoniens dans des formations précambriennes, semblables au gisement de Shinkolobwe, faisaient l'objet de travaux de prospection.

En **France**, on communiquait des ressources dans des gisements de type filonien dans des roches cristallines (77 % des RRA, 87% des RSE), dans des gîtes d'allure stratiforme renfermés dans des grès (17 % des RRA, 13 % des RSE) et dans des schistes noirs (6 % des RRA).

Au **Gabon**, de l'uranium a été trouvé dans des grès grossiers appartenant à la base de la série du Francevillien (Précambrien supérieur), le gisement étant lié à des facteurs sédimentologiques et structuraux.

Au **Niger**, des travaux de prospection étaient consacrés à des gisements d'uranium de type sédimentaire, dans des formations essentiellement gréseuses.

Édition de 1970 du Livre rouge

Par suite de la reprise des commandes de centrales nucléaires passées par les compagnies d'électricité et d'une hausse du prix de l'uranium, les activités de prospection ont redémarré dans la plupart des pays producteurs et les sondages réalisés ont atteint des niveaux records.

En **Afrique du Sud**, les conglomérats du système de Witwatersrand sont demeurés la principale source d'uranium et ont constitué les principales cibles des activités de prospection.

En **Namibie**, une zone de production possible d'uranium, située à Rössing, a fait l'objet de recherches au cours des deux dernières années. Les forages ont révélé l'existence d'un important gisement d'uranium de faible teneur, susceptible d'être exploité par des méthodes à ciel ouvert s'il s'avérait rentable.

En **Argentine**, les ressources en uranium étaient contenues en quasi totalité dans des roches sédimentaires de faciès continentaux ou de transition datant du tertiaire, du crétacé ou du permien. Les activités de prospection entreprises au cours des années antérieures, ont abouti à la découverte de plusieurs gisements.

En 1969-70, les travaux de prospection en **Australie** ont été menés dans le Queensland, en Australie méridionale et dans le Territoire du Nord. En plus de la prospection visant à découvrir des gisements des types déjà connus (gîtes hydrothermaux de type filonien), les activités d'exploration ont été orientées vers la découverte de gisements dans des conglomérats, de la dolomite ou des phosphates.

Au **Brésil**, on a prospecté plusieurs types de gisements, notamment des brèches volcaniques minéralisées renfermant de l'uranium, des filons de tinguaïte (Poços de Caldos), des gisements de niobium-tantale renfermant de l'uranium récupérable en tant que sous-produit (Araxá), des conglomérats uranifères (Jacobina) et des gisements de type phosphates (Olinda).

Au **Canada** plus de 80 % des RRA étaient renfermés dans des conglomérats à galets de quartz de l'époque huronienne dans les zones d'Elliot Lake et d'Agnew Lake dans l'Ontario. Le reste des RRA dans la tranche de coût de 10 USD/livre d'$U_3 0_8$ était constitué en majeure partie par des gisements à pechblende de type filonien ou des gisements connexes que l'on trouvait surtout dans la Saskatchewan, en Colombie britannique, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Labrador.

Plusieurs régions du Canada ont aussi fait l'objet d'activités de prospection à la recherche de la présence de gisements du type de ceux du Plateau du Colorado, de lignites uranifères, de pegmatites radioactives et d'uranium susceptible d'être obtenu comme sous-produit du niobium. Avec la découverte du gisement de Rabbit Lake (gisement décrit comme étant d'origine hydrothermale, présent dans des métasédiments fortement altérés, mais pas encore qualifié de gisement lié à des discordances), dans la région de Wollaston dans le nord de la Saskatchewan, le potentiel uranifère de cette nouvelle province a paru prometteur.

Les activités de prospection en **Espagne** ont privilégié la recherche de gisements de pegmatites, de gîtes filoniens contenus dans du granite et de formations métasédimentaires.

Aux **États-Unis**, les principales zones d'activité de forage sont demeurées les provinces uranifères précédemment connues. Environ 94 % des ressources se trouvaient dans des sédiments détritiques grossiers, plus de 84 % apparaissant dans des districts uranifères bien déterminés (Plateau du Colorado, Bassins du Wyoming et plaines côtières du Golfe du Mexique).

En **France**, les activités de prospection se sont poursuivies tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des régions productrices. Les ressources se répartissaient entre les gisements de type filonien (80 %) et les gisements stratiformes renfermés dans des grès (20 %).

Des prospections extensives effectuées entre Mounana et Franceville au **Gabon** ont abouti à la découverte du gisement d'Oklo et révélé d'autres zones minéralisées liées à des grès grossiers.

En **Inde**, les activités de prospection se sont surtout concentrées sur des terrains précambriens, mais aussi sur les minerais de cuivre uranifère, les monazites et des formations sédimentaires.

Au **Niger**, les ressources en uranium étaient liées à des gisements contenus dans des formations gréseuses ou pélitiques continentales datant du carbonifère et, dans une moindre mesure, du jurassique. C'est sur ces types de gisements qu'ont été principalement axés les travaux de prospection.

Au **Portugal**, des indices d'uranium ont été décelés dans des zones très fracturées, soit dans des granites monzonitiques hercyniens, soit dans des schistes métamorphiques du complexe pré-ordovicien.

En **République centrafricaine**, on a découvert trois gisements géologiquement liés à une formation de phosphates uranifères datant de l'éocène, avec une teneur en uranium exceptionnellement élevée pour ce type de formation.

Édition de 1973 du Livre rouge

En **Afrique du Sud**, une minéralisation d'uranium a été découverte près de la surface dans du grès et de l'argilite conglomératique de la série de Beaufort inférieur de la Formation du Karoo, qui couvre plus de 40 % de l'Afrique du Sud et s'étend également en Namibie et en Angola. Les sondages dans les conglomérats uranifères (jusqu'à des profondeurs dépassant 1 500 m) se sont poursuivis. L'existence d'assez importants gîtes uranifères de teneur intéressante a été confirmée, mais les quantités d'or associées étaient très faibles.

En **Argentine**, les activités de prospection sont demeurées orientées vers la découverte de gisements d'uranium liés à des formations sédimentaires (zone de la Sierra de Pichinan, district de la Sierra Pintada), mais ont également porté sur des zones granitiques qui pouvaient être propice à la présence de gisements d'uranium.

Au cours des deux années précédentes, les programmes de sondage ont permis de délimiter d'importantes ressources nouvelles en **Australie**, liées à des gisements filoniens caractéristiques, mais aussi à d'importants corps minéralisés de type disséminé (dans le Territoire du Nord). De nombreux gisements (Westmoreland, Mt. Isa Belt, Mary Kathleen) ont également été découverts dans des roches volcaniques et dans des sédiments d'âge carpentarien à proximité de la frontière entre le Territoire du Nord et le Queensland et dans des roches métasomatiques (Mary Kathleen). En Australie méridionale, dans la région du Mont Painter, on a découvert d'importantes ressources dans des granites archéens et des roches gneissiques de même que dans des complexes bréchiques à hématite. Des gisements ont aussi été découverts dans des formations sédimentaires dans le bassin du Lac Frome. Un programme de sondage a été mené en vue d'évaluer la découverte d'une minéralisation uranifère près de Yeelirrie (Australie occidentale). Il existe, semble-t-il, un grand gîte peu profond de configuration essentiellement plane d'uranium sédimentaire (principalement de carnotite) dans des roches calcaires (calcrète) remplissant d'anciens chenaux de drainage. On n'a pas trouvé de conglomérats uranifères en quantités notables exploitables dans des conditions rentables, mais des forages préliminaires ont indiqué que d'importantes ressources à faible teneur, du type de celles des gisements du Witwatersrand et/ou de Blind River sont susceptibles d'exister dans les zones de Kimberley et de Pilbara en Australie occidentale.

Au **Brésil**, dix des indices les plus prometteurs ont été évalués grâce à d'importantes opérations de sondage. Deux gisements de petites dimensions ont été évalué dans la région de Poços de Caldas (gisements de type filonien dans une cheminée intrusive de roches alcalines), et des indices prometteurs ont été découvert dans le district de Cambai-Figueira (État de Paraná) et dans le Quadrilatère ferrifère (État de Minas Gerais).

Les gisements liés à des conglomérats à galets de quartz et de type filonien sont demeurés les cibles les plus prometteuses des activités de prospection au **Canada**, mais de nouvelles zones d'intérêt potentiel ont été reconnues, par exemple Carswell Dome et Wollaston Lake Belt dans le nord de la Saskatchewan, Baker Lake, Amer Lake, Great Slave Lake et Nonacho Lake dans les Territoires du Nord-Ouest. La prospection des indices uranifères dans les lignites dans la partie méridionale de la Saskatchewan a été abandonnée, principalement en raison de l'attention croissante portée à la protection de l'environnement.

Les activités de prospection se sont poursuivies en **Espagne**, mais les recherches n'ont plus tant porté sur les terrains granitiques et sur les sédiments avoisinants que sur les formations sédimentaires d'origine continentale datant du Trias, du Crétacé inférieur et du Tertiaire.

Depuis 1970, la prospection de l'uranium aux **États-Unis** s'était ralentie. Les ressources (RRA et RSE se répartissaient entre les gisements renfermés dans des grès (94 %), les gisements filoniens (3 %) et d'autres types de gisements (calcaire, conglomérats, lignite) (3 %).

Les activités de prospection en **France** se sont poursuivies dans chacun des trois districts miniers (gisements de type filonien), mais ont aussi porté sur des formations sédimentaires, principalement celles datant du Permien ; des résultats encourageants ont été enregistrés dans le bassin de l'Hérault.

En **Inde**, de nouvelles découvertes ont été réalisées dans du schiste amphibolique mis à jour sur la face du toit d'une minéralisation de cuivre dans le district de Jhunjhunu, et de la syénite uranifère a été signalée dans de district de Sarguja.

En **Namibie**, d'importants forages au diamant ont confirmé l'existence d'un gisement à faible teneur à Rössing.

Après 1971, les activités de prospection menées par le **Portugal** se sont notablement intensifiées dans les provinces d'outremer de l'Angola et du Mozambique, visant principalement des gisements associés aux phosphates (Angola).

Des travaux de prospection ont aussi été menés dans des pays dépourvus d'importantes ressources connues en uranium (Allemagne, Autriche, Corée, Egypte, Grèce, Iran, Italie, Royaume-Uni et Suisse). La plupart des recherches ont pour l'essentiel été exécutées au niveau de la reconnaissance générale (géologie, certains levés radiométriques), et il n'a donc pas été possible d'estimer les ressources potentielles).

Dans la **République fédérale d'Allemagne**, la prospection a révélé l'existence de petits gîtes en Bavière et en Forêt Noire. En **Corée**, des levés radiométriques ont été exécutés sur des formations métasédimentaires, et des travaux complémentaires (levés de détail, sondage) ont été réalisés dans les zones les plus prometteuses. En **Égypte**, on a découvert de l'uranium tant dans des roches sédimentaires (schiste argileux et grès) que dans des roches du socle (granite). Au **Royaume-Uni**, les terrains considérés comme géologiquement propices à la présence d'uranium, ont fait l'objet de recherches par des techniques radiométriques et chimiques. On a détecté de nombreuses anomalies dans des sédiments datant du Dévonien reposant sur du granite et des roches métamorphiques dans le comté de Caithness et à Orkney. On a découvert des concentrations d'uranium associées à des failles décrochantes à proximité de granites hercyniens dans le sud-ouest de l'Angleterre. En **Suisse**, les activités de prospection ont été orientées vers les sédiments détritiques continentaux datant du permien et vers des roches volcaniques, de même que vers les massifs granitiques hercyniens et leurs formations métamorphiques environnantes.

Ressources mondiales par types géologiques de minerais

Type de gisement	Ressources raisonnablement assurées				Ressources supplémentaires estimées			
	<26 USD/kg d'U		<26-39 USD/kg d'U		<26 USD/kg d'U		<26-39 USD/kg d'U	
	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%
Grès	336	39	161	24	555	61	256	41
Conglomérats à galets de quartz	302	35	172	26	133	15	150	24
Types filoniens et connexes	152	17	45	7	188	20	125	20
Divers	75	9	292	43	35	4	96	15
Total	855	100	670	100	911	100	627	100

Édition de 1977 du Livre rouge

Des programmes de prospection ont été notifiés dans plus de 50 pays, dont bon nombre n'avaient pas mené auparavant d'activités de prospection. Tous les types géologiques de gisements ont fait l'objet de recherches, mais les travaux ont été axés sur trois types de gisements. Dans les zones précambriennes du monde, une attention particulière s'est portée sur la prospection de gisements liés à des discordances datant du protérozoïque inférieur. Depuis 1970, d'importants tonnages d'uranium renfermés dans des gisements de ce type ont été découverts au Canada (Saskatchewan) et en Australie (Territoire du Nord). Dans les zones désertiques, on s'est attaché de plus en plus à rechercher des gisements de calcrète, qui ont été localisés à proximité de la nappe phréatique, compte tenu de l'actuel cycle d'érosion. D'importantes découvertes ont été faites en Australie, en Namibie et en Somalie. Sur tous les continents, des travaux soutenus ont été consacrés à la découverte de corps minéralisés de type renfermés dans des grès, en particulier en Afrique, en raison pour une part des succès de la prospection de l'uranium au Niger, au Gabon et en Afrique du Sud.

Édition de 1979 du Livre rouge

Les activités de prospection consacrées aux grès sur tous les continents ont représenté une part importante des dépenses mondiales de prospection de l'uranium entre 1977 et 1979. Dans les zones précambriennes du monde, en particulier en Australie et au Canada, une attention considérable s'est portée sur la prospection de gisements liés à des discordances stratigraphiques datant du protérozoïque inférieur. Dans les zones désertiques, on s'est attaché à rechercher des gîtes superficiels de calcrète plus récents. Les travaux de recherche relatifs à d'autres types de gisements dans des roches ignées et métamorphiques se sont poursuivis dans de nombreuses régions du monde.

Plus de 50 % des ressources du **Canada** étaient renfermées dans des conglomérats à galets de quartz, mais les activités de prospection menées depuis quelques années ont été axées sur des gisements liés à des discordances, principalement dans la Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest, avec de nouvelles découvertes dans les zones de Collins Bay, Midwest Lake, Cluff Lake et Schultz Lake.

En **Europe**, les activités de prospection se sont intensifiées. En **France**, les travaux ont été axés sur les formations sédimentaires situées dans de petits bassins intragranitiques et sur des roches sédimentaires en bordure du Massif Central. Dans la **République fédérale d'Allemagne**, une minéralisation uranifère a été mise en évidence dans des grès et des schistes argileux datant du carbonifère supérieur dans la partie septentrionale de la Forêt Noire. Le **Danemark** a procédé à l'évaluation du gisement de Kvanefjeld au Groenland et exécuté un programme de reconnaissance régionale dans l'ouest du Groenland.

En **Afrique**, on a aussi enregistré une intensification des activités. Pour une part en raison des succès de la prospection au **Niger** et au **Gabon**, on s'est vivement intéressé aux bassins gréseux du nord et du centre de l'Afrique, des activités étant menées en **Algérie**, en **Libye**, au **Mali**, en **Mauritanie**, au **Nigeria**, en **République centrafricaine**, au **Soudan** et au **Tchad**. Des découvertes effectuées dans les sédiments du Karoo en **Afrique du Sud** et dans d'autres sédiments superficiels plus récents ont amené à s'intéresser à des milieux géologiques analogues au **Lesotho**, au **Botswana**, en **Zambie**, au **Malawi** et à **Madagascar**. D'importantes opérations de prospection ont aussi été menées dans les bassins de Dominion Reef et du Witwatersrand en Afrique du Sud et dans des roches granitiques en Namibie.

Aux **États-Unis**, des sondages ont été entrepris en vue de mettre en valeur des gisements refermés dans des grès datant du Trias et du Jurassique dans la région du Plateau du Colorado dans les États de l'Arizona, du Colorado, de l'Utah et du Nouveau Mexique, et dans les grès datant du Tertiaire dans les bassins du Wyoming et les plaines côtières du Texas, le long du Golfe du Mexique. Un programme d'évaluation des ressources nationales en uranium (*National Uranium Resource Evaluation* – NURE) a été lancé en vue d'obtenir une estimation complète et digne de foi des ressources en uranium du pays. Un rapport est paru indiquant la localisation des zones favorables à la présence d'uranium.

Édition de 1982 du Livre rouge

Face à la situation d'offre excédentaire et de baisse des prix de l'uranium, les dépenses consacrées à la prospection dans les pays du MEM ont été en recul par rapport à leur niveau record de 1979 dans la plupart des grands pays producteurs.

Au **Brésil**, à la suite de la découverte du gisement d'Itataia (gisement métasomatique), les dépenses de prospection ont baissé.

Au **Canada**, les travaux de sondage ont surtout été axés sur la prospection et la délimitation des gisements liés à la discordance protérozoïque dans la Saskatchewan. D'importants sondages ont également été signalés dans les Territoires du Nord-Ouest, dans l'Ontario, à Terre-Neuve, dans le Québec et en Nouvelle-Écosse.

Aux **États-Unis**, les activités de prospection sont demeurées axées sur les zones uranifères traditionnelles (gisements renfermés dans des grès), mais également sur la recherche de gisements de type non gréseux (gisements filoniens et en remplissage de cheminées bréchiques).

En **France**, les activités de prospection se sont pour la plupart concentrées sur les zones granitiques des massifs Hercyniens et leurs bassins sédimentaires périphériques.

Les dépenses se sont accrues au **Mexique**, où la prospection s'est concentrée sur la découverte de gisements de type filonien et disséminé, mais aussi de gisements refermés dans des grès dans la zone de Nuevo Leon.

Édition de 1983 du Livre rouge

Les dépenses consacrées à la prospection de l'uranium ont diminué rapidement entre 1980 et 1983 après avoir atteint des niveaux records à la fin des années 70. Presque tous les pays ont fait état d'une diminution des dépenses. Les zones qui ont le plus retenu l'attention sont demeurées celles comportant d'importantes ressources en uranium. Malgré les réductions des activités de prospection, plusieurs succès ont été enregistrés au cours de cette période.

En **Australie**, les sondages ont confirmé l'importance du gisement de Ranger (gisement lié à la discordance protérozoïque). De gros efforts ont été consacrés à la délimitation du gisement de cuivre et d'uranium situé à Olympic Dam. Une minéralisation uranifère associée à du cuivre a aussi été décelée dans la région de Stuart Shelf dans la zone d'intérêt d'Acropolis.

Le **Brésil** a poursuivi la prospection et la délimitation du gisement d'Itataia.

Répartition des ressources en uranium par type de gisement

Type de gisement	Ressources raisonnablement assurées (<130 USD/kg d'U)		Ressources supplémentaires estimées (<130 USD/kg d'U)	
	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%
Conglomérats à galets de quartz	390	17	544	20
Gisements liés à des discordances	390	17	272	10
Gisements disséminés	298	13	408	15
Gisements filoniens	115	5	218	8
Gisements renfermés dans des grès	917	40	1 115	41
Divers	183	8	163	6
Total	2 293	100	2 720	100

Dans le nord de la Saskatchewan, au **Canada**, une minéralisation liée à la discordance protérozoïque a été décelée à Peter River (lac Cluff), à Eagle Point, au lac Dawn et au lac Waterbury (futur gisement du lac Cigar).

Aux **États-Unis**, on a trouvé d'importants gisements nouveaux. De l'uranium a été découvert à Crow Butte, dans le Nebraska, dans un grès de remplissage de chenaux datant de l'Oligocène. Le gisement de Swanson, qui se trouve dans des gneiss fortement fracturés datant du début du Paléozoïque, a également été localisé dans le centre sud de la Virginie. Les activités de sondage se sont intensifiées en Arizona, où les recherches ont porté sur des structures en remplissage de cheminées bréchiques renfermant un minerai à forte teneur.

Au **Groenland**, des programmes de reconnaissance régionale ont été menés autour du complexe intrusif d'Ilimaussaq, où des indices à forte teneur ont été découverts dans des granites, et dans le complexe intrusif alcalin d'Igaliko où pourrait exister une minéralisation à faible teneur.

En **Italie**, les travaux de prospection ont abouti à la découverte d'une minéralisation dans une mylonite se trouvant au contact tectonique entre le socle métamorphique et des sédiments continentaux datant du Paléozoïque récent.

Au **Pérou**, de l'uranium a été découvert dans des tufs acides datant du Tertiaire.

En **Turquie**, on a trouvé de l'uranium dans des sédiments datant de l'Eocène en Anatolie centrale.

Édition de 1986 du Livre rouge

Les dépenses de prospection de l'uranium ont continué à décliner entre 1983 et 1985. Cependant, quelques succès ont été signalés au cours de cette période.

En **Afrique du Sud**, les travaux de prospection de l'uranium associé à l'or se sont poursuivis dans le bassin du Witwatersrand. En dehors du bassin du Witwatersrand, la prospection s'est également poursuivie dans le bassin du Karoo.

L'**Argentine** a maintenu ses dépenses à un niveau relativement stable, axant ses activités sur les régions de la Puna, des Sierras de Cordoba, de la Sierra Pintada de même que sur la Patagonie. Dans la Sierra de Pichinan, on a délimité un corps minéralisé à faible profondeur dans des conglomérats crétacés. Les activités de prospection se sont poursuivies dans la région d'Aguilini (vulcanites acides).

En **Australie**, les activités ont été centrées sur la zone de Stuart Shelf en vue de mieux délimiter l'étendue du gisement de cuivre-or-uranium d'Olympic Dam, et de découvrir d'autres minéralisations du même type dans cette zone. En outre, la prospection s'est concentrée sur les zones marginales des bassins sédimentaires recouvrant des socles archéens et protérozoïques, tels que les bassins de Carnavon, d'Eucla, de Georgina et d'Officer.

Au **Brésil**, les activités de prospection ont abouti à la découverte de nouveaux indices uranifères dans la zone de Rio Cristina (État de Pará).

Au **Canada**, les activités de prospection ont été menées principalement dans la Saskatchewan et les Territoires du Nord-Ouest, avec pour cible primordiale les gisements liés à la discordance protérozoïque. La découverte du gisement de Cigar Lake a été annoncée au début de 1983.

En **Équateur**, les travaux de prospection ont porté sur l'indice minéralisé de Puyango, renfermé dans des sédiments phosphatiques crétacés.

Aux **États-Unis**, les activités de prospection ont eu pour cible principale le voisinage des principales zones productrices, notamment le plateau du Colorado, les bassins sédimentaires du Wyoming et la plaine côtière du Texas. La prospection de cheminées bréchiques d'effondrement dans l'Arizona a abouti à la découverte de plusieurs gisements à haute teneur.

En **France**, les cibles visées par la prospection se situaient principalement dans les zones entourant les mines en production, mais aussi dans les Alpes et le Bassin Aquitain.

Au **Pérou**, suite à la découverte d'uranium dans des tufs acides datant du Tertiaire, les travaux de prospection ont mis en évidence de nouveaux indices à Cerro Calvario, Cerro Concharrumio, Chapi et Pinocho.

Au **Portugal**, parmi les cibles visées figuraient des granites hercyniens et leurs zones de contact avec des roches encaissantes précambriennes et paléozoïques.

Édition de 1988 du Livre rouge

Aucune découverte importante de nouveaux gisements d'uranium n'a été signalée en 1986-1987. La plus grande partie des dépenses consacrées aux programmes de reconnaissance régionale au sol a été engagée dans des zones comportant un potentiel connu, telles que le bassin de l'Athabasca (Canada), la zone de Stuart Shelf (Australie) et le nord-ouest de l'Arizona (États-Unis). Les activités de prospection menées au cours de cette période ont principalement été axées sur la recherche de gisements de forte teneur dans des districts uranifères confirmés. La prospection dans les zones dépourvues de gisements connus n'a guère retenu l'attention, à l'exception du Canada, où l'on a enregistré une intensification de la prospection de base.

Dans la **République fédérale d'Allemagne**, les travaux de prospection se sont concentrés sur les alentours des gisements de Menzenschwand, (Forêt Noire) et de Grossschloppen (Bavière septentrionale).

En **Argentine**, les travaux de prospection ont confirmé le potentiel uranifère des sédiments crétacés du bassin du Chubut.

En **Australie**, la délimitation du gisement d'Olympic Dam s'est poursuivie. Les activités de prospection se sont concentrées en Australie occidentale, où les travaux se sont poursuivis à Mulga Rock, Manyingee et Kintyre.

Au **Canada**, plus de 95 % des travaux de prospection sont demeurés concentrés dans la Saskatchewan, où l'existence du gisement d'Eagle Point a été confirmée, et dans les Territoires du Nord-Ouest. De nouveaux projets de prospection de base ont démarré dans les Territoires du Nord-Ouest et dans la partie orientale du Canada.

En **Égypte**, les activités de prospection ont notamment eu pour cibles des indices filoniens liés à des granites et des zones de grès dans des sédiments datant du carbonifère moyen.

Aux **États-Unis**, les activités de prospection se sont pour la plupart concentrées sur la zone du Grand Canyon dans le nord-ouest de l'Arizona, où les gisements en remplissage de cheminées bréchiques constituaient les cibles.

En **Zambie**, les compagnies étrangères ont recherché de l'uranium dans des sédiments du Karoo et dans les zones de contact entre la formation précambrienne du Katanga et le socle.

De même, les sédiments du Karoo ont fait l'objet de travaux de prospection dans la vallée du Zambèze au **Zimbabwe**.

Édition de 1989 du Livre rouge

Les travaux de prospection sont demeurés axés surtout sur la recherche de gisements d'uranium à forte teneur dans des districts confirmés, et sur la mise en valeur de gisements connus. Au cours de la période, aucune découverte importante n'a été signalée dans les pays du Monde à économie de marché, depuis la découverte du gisement de Kintyre en Australie en 1985.

Les zones de prospection en **Argentine** étaient situées dans la Sierra of Cordoba (granites datant du Paléozoïque), la Puna (vulcanites acides datant du Tertiaire), dans la Sierra Pintada (sédiments volcanogéniques datant du Paléozoïque) et en Patagonie (grès du Crétacé).

En **Australie**, les principaux programmes de prospection ont continué d'être menés dans la région de Stuart Shelf en Australie méridionale et dans la zone de Rudall, dans la partie septentrionale de la province de Paterson. Ces programmes avaient pour objectifs de mieux définir la minéralisation d'Olympic Dam, et de parfaire la prospection et l'évaluation du gisement de Kintyre et de sa zone avoisinante. En outre, on a poursuivi les activités de prospection visant des gisements liés à des discordances dans le géosynclinal Pine Creek, dans les zones de Myra Falls, de Rum Jungle-Waterhouse et du projet de Ranger.

Au **Canada**, les projets de prospection se sont surtout concentrés sur le bassin de l'Athabasca, encore que des travaux de prospection de base aient continué d'être menés dans la partie orientale du Canada et dans les Territoires du Nord-Ouest. La découverte d'une minéralisation à teneur exploitable dans le cadre du projet Wholly dans la Saskatchewan a été annoncée au début de 1989.

Aux **États-Unis**, les cibles des activités de prospection se trouvaient surtout dans l'Arizona (gisements en remplissage de cheminées bréchiques), au Texas et au Wyoming (gisements d'uranium refermés dans des grès se prêtant à une exploitation par LIS).

En **Finlande**, on a confirmé la présence d'un indice uranifère lié à la discordance protérozoïque à Riutta, dans la région de Koni, dans l'est du pays.

L'**Inde** a mené d'importantes activités de prospection, principalement dans la zone de chevauchement de Singhbhum, de même que dans de nouvelles zones susceptibles de renfermer des gisements d'uranium dans des grès crétacés et des roches métamorphiques.

En **Indonésie**, la prospection s'est poursuivie dans la zone de Sibolga (nord de Sumatra) et dans le bassin de la Kalan (ouest de Kalimatan). Des sédiments paléogènes d'origine granitique et des métasédiments permo-carbonifères sont respectivement sous-jacents à ces zones.

Édition de 1991 du Livre rouge

En 1991, après la réunification de l'**Allemagne**, les activités de prospection menées dans l'ex-République démocratique allemande ont été communiquées pour la première fois. Les travaux de prospection menés depuis 1945 avaient permis de confirmer l'existence des gisements d'uranium exploitables associés aux gîtes filoniens à éléments multiples de l'Erzgebirge et de gisements polygénétiques de type lenticulaire et à stockwerks dans des ampélites, des calcaires et des diabases du district de Ronneburg en Thuringe. Des gisements de type sédimentaire avaient été découverts et exploités dans des grès datant du Crétacé à Königstein en Saxe, dans les sédiments du type de Zechstein à Culmitzsch en Thuringe et dans du charbon uranifère datant du Permien inférieur de Freital en Saxe.

En **Australie**, dans le géosynclinal de Pine Creek, les travaux de prospection visant des gisements liés à la discordance protérozoïque se sont poursuivis, principalement dans la Terre d'Arnheim, à Rum Jungle et dans la zone d'Allamber. Une minéralisation à forte teneur en uranium a été trouvée au voisinage de Kintyre.

Au **Canada**, la prospection des gisements liés à des discordances s'est poursuivie dans le bassin de l'Athabasca. La découverte du gisement de P2 North à McArthur River a été annoncée en mai 1990. Des travaux de prospection de base près de Great Bear Lake, dans les Territoires du Nord-Ouest, ont été entrepris en vue de tester un modèle conceptuel élaboré par la Commission géologique du Canada, laissant penser qu'une minéralisation du type de celle d'Olympic Dam pourrait être découverte dans cette zone.

La **République de Corée** a prospecté les régions de Gongju (couches de graphite uranifère dans des cornéennes) et de Munkyeong (granites uranifères et vulcanites riches en potassium).

En **Égypte**, on a privilégié la recherche de gisements de type filonien liés à des granites de l'orogène panafricain et de minéralisations renfermées dans des sédiments carbonifères.

En **Espagne**, les activités de prospection ont été centrées sur le voisinage du gisement de Mina Fe, où un certain nombre d'anomalies et de corps minéralisés ont été découverts. Dans les provinces de Caceres et de Badajoz, les travaux de prospection ont été axés sur les schistes précambriens et cambriens pénétrés par des granites intrusifs hercyniens.

En **France**, les activités de prospection de base ont été réduites, et les travaux de prospection ont été axés sur les zones minières du nord-ouest et du sud du Massif central.

L'**Inde** a fait état de la découverte de gisements dans des environnements géologiques qui étaient encore inexplorés, notamment dans les grès du Crétacé supérieur de Mahadek, dans l'État de Meghalaya, dans les calcaires du Protérozoïque moyen du bassin de Cuddapah, dans l'État d'Andhra Pradesh, ainsi que dans des zones de cisaillements affectant des basaltes et des rhyolites métamorphiques du Protérozoïque inférieur à Bodal, dans l'État de Madhya Pradesh.

Au **Niger**, les activités de prospection se sont poursuivies dans le bassin de Tin Mersoi, le projet principal portant sur l'évaluation du gisement d'Akola.

Au **Zimbabwe**, des activités de prospection ont été menées dans certaines zones de l'ouest et du nord du pays, constituées de formations sédimentaires du Karoo. Les résultats ont été positifs avec la découverte du gisement de Kanyemba.

Édition de 1993 du Livre rouge

Les activités de prospection des pays dotés de programmes importants ont visé la recherche de ressources peu coûteuses, notamment de gisements à haute teneur (gisements liés à une discordance) et de gisements renfermés dans des grès exploitables par lixiviation *in situ*.

En **Australie**, les activités de prospection ont été axées sur la recherche de gisements à haute teneur dans la province de Paterson (Australie occidentale) à proximité du gisement de Kintyre, dans le géosynclinal de Pine Creek (Territoire du Nord), dans la zone de Westmoreland (Queensland) et dans la zone de Stuart Shelf renfermant une minéralisation du type de celle d'Olympic Dam (Australie méridionale).

Au **Canada**, on a découvert deux nouveaux corps minéralisés dans de Sue (projet de McClean Lake) et on a mis en évidence une minéralisation uranifère dans une zone adjacente au Bloc de McArthur River. Les travaux d'exploration se sont poursuivis dans la zone de Baker Lake (Territoires du Nord-Ouest).

En **Chine**, parmi les nouvelles zones explorées figuraient le Bassin d'Erlian, dans la Région autonome de Mongolie intérieure et le Bassin du Yili, dans la Région autonome du Xinjiang, où les recherches ont été axées sur les gisements renfermés dans des grès et exploitables par lixiviation *in situ*.

L'**Inde** a fait état de la découverte d'un nouveau gisement à Domiasiat, sur le plateau de Meghalaya ; ce gisement est renfermé dans des grès fluviatiles datant du crétacé supérieur.

En **Jordanie**, on a entrepris des travaux de reconnaissance préliminaire dans des formations du socle et dans des grès précambriens.

En **Tchécoslovaquie**, les travaux de prospection ont surtout été menés aux alentours de gisements connus, principalement au voisinage des gisements de Hamr et de Straz.

Les cinq pays suivants ont soumis des contributions pour la première fois.

Les activités de prospection menées au **Kazakhstan** ont été axées sur des gisements renfermés dans des grès dans les bassins du Tchou-Sarysou et du Syr-Darya datant du Mésozoïque au Cénozoïque.

En **Mongolie**, on a trouvé des gîtes uranifères dans des filons et des stockwerks recoupant des formations volcaniques et des gisements renfermés dans des grès.

Dans la **Fédération de Russie**, les cibles visées par la prospection comprenaient des gisements d'uranium contenus dans des remplissages de vallées, où de l'uranium enrichi par épigénie s'observe dans des grès fluviatiles récents accompagnant des systèmes de drainage.

En **Ukraine**, les activités de prospection ont visé principalement des gisements métasomatiques dans la partie centrale et occidentale du socle cristallin.

Au **Vietnam**, les activités de prospection ont été axées sur l'évaluation du potentiel uranifère du bassin sédimentaire triasique de Nongson. On a également évalué le potentiel uranifère des vulcanites acides de la zone de Da Lat.

Édition de 1995 du Livre rouge

En **Australie**, les activités de prospection ont principalement été axées sur la province de Paterson où l'on escomptait la présence de minéralisations analogues à celles du gisement Kintyre. Dans la zone de Mount Painter, une minéralisation d'uranium à faible teneur à l'intérieur de brèches riches en hématites a été recoupée par des trous de sondage. Des travaux limités ont été exécutés dans la zone de la Terre d'Arnheim, dans le Territoire du Nord, à la recherche de gisements liés à des discordances.

Au **Canada**, les activités de prospection se sont concentrées sur des objectifs propices à la présence de gisements liés à des discordances, situés principalement dans le Bassin d'Athabasca. Les dépenses ont en majeure partie été affectées à la mise en valeur de projets avancés dans la Saskatchewan. En outre, des travaux détaillés de prospection ont été exécutés dans la zone de Kiggavik et dans le secteur sud-ouest du bassin de Thelon dans les Territoires du Nord-Ouest. Quelques activités de prospection initiale ont également été menées dans la partie occidentale du bassin d'Athabasca et dans la zone magmatique de Great Bear.

Aux **États-Unis**, la prospection s'est poursuivie dans le Wyoming (gisements renfermés dans des grès), et dans une moindre mesure dans l'Arizona, au Colorado, au Nebraska et au Texas.

En **Inde**, les activités de prospection ont été axées sur les grès datant du Crétacé dans la région de Meghalaya, mais ont également inclus des travaux de reconnaissance visant des gisements liés à des discordances et des gisements liés à des complexes bréchiques.

Au **Kazakhstan**, les activités de prospection ont principalement été menées dans la partie méridionale du pays où l'on a recherché des gisements renfermés dans des grès, et dans la partie septentrionale en quête de gisements de type filonien dans la région de Kosatchinoe.

La **Fédération de Russie** a fait état d'un programme de prospection couvrant de vastes parties du territoire et portant sur divers milieux géologiques. Les travaux ont été axés sur sept régions, la Carélie, le Trans-Oural, la Sibérie occidentale, le Zayan-Baïkalsk, l'Aldansk, le Boureinsk et le Tchankaïsk.

Dans la partie méridionale de l'**Ukraine**, les activités ont été axées sur le bouclier cristallin recouvert de roches sédimentaires.

Édition de 1997 du Livre rouge

En **Argentine**, on a poursuivi les travaux de prospection visant le gisement renfermé dans des grès de Cerro Solo ainsi que l'indice uranifère de Las Termas. Ce dernier est constitué par une minéralisation de type filonien présente dans des roches métamorphiques au voisinage d'une intrusion granitique.

En **Australie**, les dépenses de prospection se sont accrues et ont surtout été consacrées à trois régions : la province de Paterson et la Terre d'Arnheim (gisements liés à des discordances), et la zone de Westmoreland (gisements renfermés dans des grès).

Au **Canada**, les grands axes de la prospection n'ont pas changé, les efforts s'étant concentrés pour l'essentiel sur des cibles favorables à l'existence de gisements à forte teneur liés à des discordances, situés surtout dans le Bassin d'Athabasca. Les dépenses ont en grande partie été consacrées à faire progresser l'exploration souterraine et l'évaluation des gisements sur le site de projets tels que ceux de Cigar Lake et de McArthur River. Des travaux détaillés de prospection ont aussi été menés dans la zone de Kiggavik et dans la partie extrême orientale et nord-orientale du bassin de Thelon. Quelques recherches géologiques et quelques travaux de prospection de base ont été exécutés dans la partie occidentale du bassin d'Athabasca, dans l'Alberta et dans la zone magmatique de Great Bear.

La **Chine** a concentré ses efforts de prospection sur les gisements renfermés dans des grès exploitables par lixiviation in situ dans les bassins du Yili et d'Erlian.

Le **Kazakhstan** a ralenti ses efforts de prospection, faisant fond sur les importantes ressources déjà découvertes, associées aux gisements renfermés dans des grès. Les travaux de prospection primaire ont surtout été menés dans la partie septentrionale du pays, à la recherche de gisements liés à des discordances.

Dans la **Fédération de Russie**, les dépenses ont surtout été consacrées à la prospection de gisements renfermés dans des grès remplissant des paléovallées qui se prêtent à une exploitation par lixiviation in situ.

Édition de 1999 du Livre rouge

Des activités de prospection ont été poursuivies en **Argentine**, consistant notamment en des sondages dans le gisement de grès de Cerro Solo.

En **Australie**, les activités de prospection ont porté principalement sur des gisements liés à des discordances dans la Terre d'Arnheim et dans la Province de Paterson, ainsi que sur des gîtes de calcrète et des gisements de type gréseux en Australie Méridionale et Occidentale.

Au **Canada**, une bonne partie des dépenses a continué d'être affectée à des projets en attente d'autorisation de mise en production. Quant aux dépenses de prospection de base, elles ont été en majorité consacrées à des activités menées dans la Saskatchewan, ayant pour cibles des gisements liés à des discordances.

La **Chine** a continué de prospecter des gisements renfermés dans des grès dans le Xinjiang, en Mongolie Intérieure et au nord du pays, mais aussi des gisements volcaniques et des gisements liés à des discordances (Province de Liaoning).

La **Fédération de Russie** a concentré ses activités sur des gisements renfermés dans des grès exploitables par lixiviation in situ. Des programmes de sondage à grande échelle se sont poursuivis dans les districts du Trans-Oural et de Sibérie occidentale ainsi que dans la région du Vitim.

Édition de 2001 du Livre rouge

Les activités mondiales de prospection de l'uranium sont demeurées inégalement réparties d'un point de vue géographique, la majorité des dépenses de prospection étant concentrées dans des zones présumées les plus susceptibles de donner lieu à la découverte de gisements présentant un intérêt économique.

En **Australie**, les activités de prospection sont demeurées axées sur des gisements liés à des discordances dans la Terre d'Arnhem et dans la province de Paterson, ainsi que sur des gisements renfermés dans des grès et sur des gîtes de calcrète en Australie méridionale et occidentale.

Comme les années précédentes, au **Canada** les activités de prospection de l'uranium ont été concentrées dans les régions favorables à la présence de gisements associés aux discordances du Protérozoïque, surtout dans le bassin d'Athabasca (Saskatchewan), mais aussi dans le bassin de Thelon.

La **Chine** a continué de prospecter des gisements renfermés dans des grès la province du Xinjiang, en Mongolie Intérieure, ainsi que dans le nord du pays, mais aussi des gisements volcaniques et des gisements liés à des discordances (Province de Liaoning).

Les activités de prospection de l'**Inde** ont continué de porter sur des bassins datant du Protérozoïque, des grès du Crétacé et divers autres milieux géologiques.

La **Fédération de Russie** a concentré ses activités de prospection sur des gisements renfermés dans des grès qui se prêtent à une exploitation par lixiviation in situ et sur des gisements liés à des discordances. Des programmes de sondage à grande échelle se sont poursuivis dans les districts du Trans-Oural, de Sibérie occidentale et dans la région du Vitim.

Édition de 2003 du Livre rouge

En **Australie**, parmi les zones prospectées, figuraient notamment la Terre d'Arnhem pour les gisements liés à des discordances, la baie de Frome pour les gisements de type gréseux, et la région du craton de Gawler/Stuart Shelf pour les gisements de type complexe bréchique à hématites. En novembre 2001, a été annoncée la découverte réalisée à Prominent Hill d'une minéralisation de cuivre, d'or, d'uranium, et de terres rares dans une brèche à hématite (contexte géologique analogue à celui du gisement d'Olympic Dam).

Le **Canada** a continué à occuper la première place au monde pour les activités de prospection. Cependant, une part notable des dépenses globales de prospection était imputée à des travaux poussés de prospection souterraine, à des activités d'évaluation des gisements et à des dépenses de prise en charge et d'entretien liées à des projets en attente d'autorisation de mise en production. Des activités de prospection de base ont été menées dans la Saskatchewan, mais aussi en Alberta, au Labrador, au Nunavut et au Québec.

L' **Égypte** a axé ses activités de prospection et d'évaluation sur les gisements de sables noirs de la partie septentrionale du delta du Nil qui constituent une ressources non classique d'uranium et de thorium, de même que sur les gisements d'uranium dans les régions du Sinaï, du Désert oriental et du sud-ouest.

En **Iran**, les activités ont notamment porté sur la prospection et l'évaluation des ressources en uranium liées aux complexes magmatiques et métasomatiques datant du Précambrien de la province de Bafq-Posht-e-Badam, et à la prospection des bassins sédimentaires au centre et au nord-ouest du pays.

Au **Kazakhstan**, des travaux de prospection ont été menés dans la province de Tchou-Sarysou, où trois sites d'essais par LIS ont été aménagés et où des essais d'exploitation ont été entrepris.

Au **Niger**, les travaux ont été axés sur la mise en valeur des ressources se trouvant dans et autour des sites miniers existants, dans le souci d'élargir la base de ressources dans la zone occidentale d'Arlit.

La **Fédération de Russie** a concentré ses activités de prospection sur des gisements renfermés dans des grès qui se prêtent à une exploitation par lixiviation *in situ* (LIS) et sur des gisements liés à des discordances.

L'**Ukraine** a poursuivi ses activités de prospection visant des gisements de type filonien et liées à des discordances.

Édition de 2005 du Livre rouge

Après une interruption de 23 ans, l'édition de 2005 du Livre rouge présente à nouveau les ressources par type de gisement. Le tableau ci-après récapitule ces données.

Ressources identifiées par type de gisement (au 1er janvier 2005)

Type géologique de gisement	Ressources raisonnablement assurées						Ressources présumées*					
	<40 USD/kg d'U		<80 USD/kg d'U		<130 USD/kg d'U		<40 USD/kg d'U		<80 USD/kg d'U		<130 USD/kg d'U	
	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%	10^3 t d'U	%
Lié à des discordances	433,2	22,2	492,2	18,6	498,5	15,1	151,6	19,0	169,6	14,6	171,3	11,8
Grès	552,5	28,4	716,5	27,1	986,6	29,9	172,9	21,6	256,3	22,1	301,6	20,9
Complexe bréchique à hématite	513,3	26,4	513,3	19,4	522,4	15,8	281,9	35,3	286,9	24,7	288,5	20,0
Conglomérat à galets de quartz	85,6	4,4	153,3	5,8	229,3	7,0	50,5	6,3	72,0	6,2	84,8	5,9
Filonien	0	0	84,0	3,2	258,8	7,9	14,8	1,9	136,1	11,7	231,8	16,0
Intrusif	63,7	3,3	150,6	5,7	202,9	6,2	60,6	7,6	81,1	7,0	109,6	7,6
Volcanique et lié à des caldeiras	49,9	2,6	135,5	5,1	140,3	4,3	1,5	0,2	5,7	0,5	7,1	0,5
Métasomatique	109,3	5,6	157,6	6,0	179,8	5,5	5,6	0,7	22,5	1,9	87,2	6,0
Autres types**	129,2	6,6	164,7	6,2	186,2	5,6	49,6	6,2	102,8	8,9	125,4	8,7
Non spécifié	10,6	0,5	75,6	2,9	91,9	2,8	9,9	1,2	28,1	2,4	38,7	2,7
Total	**1 947,3**	**100,0**	**2 643,3**	**100,0**	**3 296,7**	**100,0**	**799,0**	**100,0**	**1 161,0**	**100,0**	**1 446,2**	**100,0**

* Antérieurement RSE-I dont la dénomination a été modifiée pour l'édition de 2005 du Livre rouge.

** Comprennent des gisements superficiels, en remplissage de cheminées bréchiques, métamorphiques, dans des calcaires ainsi que des gisements de charbon uranifère. Les types de roches à forte teneur en uranium, telles que les pegmatites, les granites et les schistes noirs ne sont pas pris en compte.

Annexe 5.3

DÉFINITIONS DES TYPES DE GISEMENTS D'URANIUM

Ces définitions des types géologiques de gisements d'uranium, qui ont été élaborées par l'AIEA en 1988-1989, ont été mises à jour pour l'édition de 2003 du Livre rouge.

Les ressources en uranium peuvent être classées, d'après le contexte géologique dans lequel elles se trouvent, dans les catégories suivantes de types de gisements d'uranium (indiquées par ordre d'importance en fonction de leur intérêt économique estimé).

1. Gisements liés à des discordances.
2. Gisements renfermés dans des grès.
3. Gisements liés à des complexes bréchiques à hématite.
4. Gisements liés à des conglomérats à galets de quartz.
5. Gisements filoniens.
6. Gisements intrusifs.
7. Gisements volcaniques et liés à des caldeiras.
8. Gisements métasomatiques.
9. Gisements superficiels.
10. Gisements en remplissage de cheminées bréchiques.
11. Gisements associés aux phosphates.
12. Autres types de gisements.
13. Types de roches à forte teneur en uranium.

1. Gisements liés à des discordances

Les gisements liés à des discordances sont associés à un contact discordant qui sépare un socle cristallin fortement altéré des sédiments clastiques sus-jacents datant soit du Protérozoïque soit du Phanérozoïque, ou se trouvent immédiatement au-dessus ou en dessous. Les gisements liés à des discordances comprennent les sous-catégories suivantes :

- *Contact avec une discordance*

i) Des gisements liés à des fissures se rencontrent dans des métasédiments immédiatement en dessous de la discordance. La minéralisation est monométallique et de teneur moyenne. Les gisements de Rabbit Lake et Dominique Peter, dans le bassin l'Athabasca au Canada, sont des exemples de ce type.

ii) Des gisements liés à de l'argile se rencontrent en association avec l'argile se trouvant à la base de la couverture sédimentaire directement au-dessus de la discordance. La minéralisation est habituellement polymétallique et de haute à très haute teneur. Le gisement de Cigar Lake, dans le bassin de l'Athabasca au Canada, en est un exemple.

- *Gisements post-métamorphiques sous-jacents à la discordance*

  Ces gisements sont liés à une structure stratoïde dans des métasédiments situés en dessous de la discordance sur laquelle reposent des sédiments clastiques. Ils peuvent renfermer d'importantes ressources de teneur faible à moyenne. Les gisements de Jabiluka et de Ranger, en Australie, en constituent des exemples.

2. Gisements renfermés dans des grès

Les gisements d'uranium renfermés dans des grès se trouvent dans des grès à grain moyen à grossier déposés en milieu sédimentaire continental fluviatile ou en bordure d'un milieu sédimentaire marin. L'uranium est précipité en présence de conditions réductrices imputables à une variété d'agents réducteurs au sein des grès, par exemple, de la matière carbonatée, des sulfures (pyrite), des hydrocarbures et des minéraux ferromagnésiens (chlorite), etc. Les gisements d'uranium renfermés dans des grès peuvent se répartir en quatre sous-catégories principales :

- *Gisements de type remplissage laminé (« roll-front »)* : Les zones minéralisées sont convexes orientées vers le bas dans le sens du gradient hydrologique. Elles présentent des délimitations diffuses avec le grès réduit sur la face à gradient descendant et des contacts marqués avec le grès oxydé sur la face à gradient ascendant. Les zones minéralisées sont allongées et sinueuses, approximativement parallèles à la direction de la structure, et perpendiculaires à la direction du dépôt et de l'écoulement de l'eau souterraine. Les ressources renfermées peuvent représenter de quelques centaines à quelques milliers de tonnes d'uranium, à des teneurs atteignant en moyenne de 0,05 % à 0,25 %. Les gisements de Moïnkoum, Inkaï et Mynkoudouk (Kazakhstan), de Crow Butte et Smith Ranch (États-Unis) et Boukinaï, Sougraly et Outchkoudouk (Ouzbékistan) sont des exemples de ce type.

- Les *gisements tabulaires* consistent en des imprégnations de matrices par de l'uranium qui constituent des masses lenticulaires de forme irrégulière à l'intérieur de sédiments réduits. Les zones minéralisées sont pour une large part orientées dans un sens parallèle à la direction générale du dépôt. Les divers gisements peuvent renfermer de plusieurs centaines de tonnes à 150 000 tonnes d'uranium, avec des teneurs moyennes de l'ordre de 0,05 % à 0,5 %, pouvant parfois atteindre 1 %. Les gisements de Westmoreland (Australie), de Nuhetting (Chine), de Hamr-Stráz (République tchèque), d'Akouta, d'Arlit, d'Imouraren (Niger) et du Plateau du Colorado (États-Unis) sont des exemples de ce type.

- *Gisements en remplissage de paléovallées* : Les réseaux de paléodrainage sont constitués par des canaux de plusieurs centaines de mètres de large, remplis d'épais sédiments perméables de type alluvial/fluviatile. Dans ce cas, l'uranium est principalement associé à des débris végétaux détritiques dans des corps minéralisés qui présentent, dans une vue en plan, une configuration de lentilles allongées ou de forme rubanée et, dans une vue en section, une allure lenticulaire ou plus rarement une forme laminée. Les divers gisements peuvent représenter de plusieurs centaines à 20 000 tonnes d'uranium, avec des teneurs de l'ordre de 0,01 % à 3 %. Les gisements de Dalmatovo (Région du Trans-Oural), de Malinovsk (Sibérie occidentale), Khiagda (District de Vitim) en Russie, et de Beverley en Australie sont des exemple de ce type.

- Les *gisements tectoniques/lithologiques* se trouvent dans des grès liés à une zone perméable. L'uranium est précipité dans des zones ouvertes liées à une tectonique en extension. Les divers gisements renferment de quelques centaines à 5 000 tonnes d'uranium avec des teneurs moyennes de l'ordre de 0,1 % à 0,5 %. Les gisements du Mas Laveyre (France) et de Mikouloungou (Gabon) sont des exemples de ce type.

3. Gisements liés à des complexes bréchiques à hématite

Les gisements appartenant à ce groupe se trouvent dans des brèches riches en hématite et renferment de l'uranium associé à du cuivre, de l'or, de l'argent et des terres rares. Le principal exemple de ce type de gisement est celui d'Olympic Dam en Australie méridionale. D'importants gisements et zones d'intérêt de ce type se trouvent dans cette même région, notamment à Prominent Hill, Wirrda Well, Acropolis et Oak Dam de même que certains gisements renfermés dans des brèches d'âge plus récent dans la zone de Mount Painter.

4. Gisements liés à des conglomérats à galets de quartz

Des minerais détritiques d'oxyde d'uranium se trouvent dans des conglomérats à galets de quartz déposés sous forme de formations de base dans des systèmes fluviatiles à lacustres de bras de cours d'eau entrelacés datant de plus de 2,3 à 2,4 milliards d'années. La matrice des conglomérats est pyritifère, et de l'or ainsi que d'autres minéraux détritiques oxydés et sulfurés sont souvent présents en quantités mineures. Les gisements qui se trouvent dans le bassin de Witwatersrand où l'uranium est extrait en tant que sous-produit de l'or, sont des exemples de ce type. Des gisements d'uranium entrant dans cette catégorie ont été exploités dans la zone de Blind River/Elliot Lake au Canada.

5. Gisements filoniens

S'agissant des gisements filoniens, la minéralisation est en majeure partie constituée par un remplissage de fissures, ayant une épaisseur éminemment variable, mais une extension généralement importante le long de la fissure. Les filons sont principalement constitués par le matériau de la gangue (carbonates, quartz, par exemple) et par le matériau constituant le minerai, principalement de la pechblende. Parmi les exemples caractéristiques, on peut citer aussi bien les filons épais et massifs de pechblende de Pribram (République tchèque), Schlema-Alberoda (Allemagne) et Shinkolobwe (République démocratique du Congo), que les stockwerks et les colonnes de syénite du gisement du Bernardan (France) et de Gunnar (Canada), et les fissures étroites dans du granite ou des roches métamorphiques, également remplies de pechblende de Mina Fe (Espagne) et de Singhbhum (Inde).

6. Gisements intrusifs

Les gisements entrant dans cette catégorie sont ceux qui sont liés à des roches intrusives ou anatectiques de composition chimique différente (alaskite, granite, monzonite, syénite hyperalcaline, carbonatite et pegmatite). Les gisements de Rossing et de Trekkopje (Namibie), les indices uranifères dans les gisements de cuivre porphyrique tels que Bingham Canyon et Twin Butte (États-Unis), le gisement d'Ilimaussaq (Groenland), celui de Palabora (Afrique du Sud), de même que les gisements de la zone de Bancroft (Canada), sont des exemples de ce type.

7. Gisements volcaniques et liés à des caldeiras

Les gisements d'uranium de ce type sont situés à l'intérieur et à proximité d'une caldeira volcanique remplie par des complexes mafiques à felsiques et des sédiments clastiques intercalés. La minéralisation, qui est pour une large part guidée par la structure, secondairement stratoïde, se trouve à plusieurs niveaux stratigraphiques des unités volcaniques et sédimentaires, et s'étend dans le socle où on la rencontre dans le granite fissuré et dans des métamorphites. Les minéraux uranifères sont habituellement associés à du molybdène, d'autres sulfures, de la fluorine violette et du quartz. Les gisements rentables les plus importants sont situés dans la caldeira de Streltsovsk dans la Fédération de Russie. On connaît des exemples de ce type en Chine, en Mongolie (gisement de Dornot), au Canada (gisement de Michelin) et au Mexique (gisement de Nopal).

8. Gisements métasomatiques

Les gisements de ce type ne se trouvent que dans les zones d'activité tectono-magmatique des boucliers datant du Précambrien et sont liés à des métasomatites alcalines proches de failles, qui se sont formées sur différentes roches du socle : granites, migmatites, gneiss et quartzites ferrugineuses avec production d'albitites, d'aegyrites, de roches alcalines-amphiboliques et carbonées-ferrugineuses. Les lentilles et les massifs de minerai ont de quelques mètres à quelques dizaines de mètres d'épaisseur et quelques centaines de mètres de longueur. Dans le sens vertical, le corps minéralisé peut atteindre jusqu'à 1,5 km. Les minerais sont, de par leur composition, du type uraninite-brannérite et appartiennent à la catégorie de

qualité courante. Les réserves sont d'ordinaire de moyenne à grande importance. Les gisements de Mitchourinskoïe, Vatoutinskoïe, Severinskoïe, Jeltoretchenskoïe et Pervomaïskoïe (Ukraine), Lagoa Real, Itataia et Espinharas (Brésil), le gisement de Valhalla (Australie) et les gisements de la région d'Arjeplog en Suède septentrionale sont des exemples de ce type.

9. Gisements superficiels

Les gisements uranifères superficiels peuvent être définis dans l'ensemble comme des concentrations d'uranium récentes (datant d'une époque comprise entre le Tertiaire et l'Holocène) se trouvant à faible profondeur dans des sédiments et des sols. Les gisements uranifères superficiels sont refermés dans du calcrète (carbonates de calcium et de magnésium), et ont été découverts en Australie (gisement de Yeelirrie), en Namibie (gisement Langer Heinrich) et en Somalie. Ces gisements renfermés dans du calcrète, sont associés à des granites riches en uranium qui ont été profondément altérés. Ils peuvent aussi se trouver dans des sédiments en remplissage de vallées le long de chenaux d'écoulement du Tertiaire et dans des sédiments de lacs temporaires (par exemple, Lake Maitland, en Australie). On peut aussi trouver des gisements superficiels dans des tourbières et des terrains tourbeux.

10. Gisements en remplissage de cheminées bréchiques

Les gisements de ce groupe sont localisés dans des cheminées verticales circulaires, remplies par les débris éboulés de la partie supérieure de la cavité. L'uranium est concentré en tant que minerai primaire d'uranium, s'agissant généralement d'uraninite, dans la matrice bréchique perméable ainsi que dans l'auréole fracturée autour de la cheminée. Les gisements d'Arizona Strip au nord du Grand Canyon et ceux situés immédiatement au sud du Grand Canyon aux États-Unis, sont des exemples de ce type.

11. Gisements associés aux phosphates

Les gisements associés aux phosphates sont constitués par la phosphorite marine provenant du plateau continental et renfermant de l'uranium synsédimentaire stratiforme disséminé dans de l'apatite à grains fins. Ces gisements associés aux phosphates représentent d'importantes ressources en uranium, mais d'une teneur très faible. L'uranium peut être récupéré en tant que sous-produit de la production de phosphates. Les gisements de New Wales en Floride (phosphorite) et d'Uncle Sam (États-Unis), de Gantour (Maroc) et d'Al-Abiad (Jordanie) sont des exemples de ce type. Un autre type de gisements associés aux phosphates est constitué par les phosphates organiques, notamment les sédiments marins argileux enrichis en restes de poissons qui sont uranifères (gisement de Melovoe, au Kazakhstan).

12. Autres gisements

- *Gisements métamorphiques* : Dans les gisements métamorphiques d'uranium, la concentration d'uranium résulte directement des processus métamorphiques. Les conditions de température et de pression, et l'âge du dépôt d'uranium doivent être semblables à ceux du métamorphisme de la roche encaissante. Les gisements de Forstau (Autriche) et de Mary Kathleen (Australie) sont des exemples de ce type.

- *Gisements dans des calcaires* : Il s'agit notamment de la minéralisation uranifère présente dans les calcaires du Todilto datant du Jurassique dans le district de Grants (États-Unis). L'uraninite se trouve dans des plis et des fissures intraformationnels en tant que minéralisation introduite.

- *Gisements de charbon uranifères* : On trouve des teneurs élevées en uranium dans du lignite et/ou du charbon ainsi que dans des argiles et des grès directement adjacents aux lignites. Les gîtes uranifères du Bassin de Serres (Grèce), du Dakota du Nord et du Sud (États-Unis), de Koldjat et Nijne Iliyskoe (Kazakhstan), ainsi que de Freital (Allemagne) sont des exemples de ce type. Les teneurs en uranium sont très faibles et en moyenne inférieures à 50 ppm d'U.

13. Types de roches à forte teneur en uranium

Des teneurs élevées en uranium ont été observées dans différents types de roches telles que les pegmatites, les granites et les schistes noirs. Dans le passé, aucun gisement rentable n'a été exploité au plan commercial dans ces types de roches. Leurs teneurs sont très faibles et ils ne sont guère susceptibles de devenir rentables dans un avenir prévisible.

- *Pegmatites à métaux rares* : Ces pegmatites renferment des minéralisations de Sn, Ta, Nb et Li. Elles présentent des teneurs variables en U, Th et éléments de terres rares. Les pegmatites de Greenbushes et de Wodgina (Australie occidentale) en sont des exemples. Les pegmatites de Greenbushes ont couramment des teneurs en U de l'ordre de 6 à 20 ppm, et en Th de 3 à 25 ppm.

- *Granites* : Une faible proportion de roches granitiques non minéralisées présente des teneurs élevées en uranium. Ces granites « hautement calogènes » sont riches en feldspath potassique. De l'ordre de 1 % du nombre total de roches granitiques analysées en Australie ont des teneurs en uranium supérieures à 50 ppm.

- *Schistes noir* : Les minéralisations uranifères liées aux schistes noirs sont constituées de schistes marins riches en matières organiques ou de schistes pyriteux riches en charbon, renfermant de l'uranium synsédimentaire disséminé qui est adsorbé sur la matière organique. Les schistes alunifères uranifères de Suède et d'Estonie, les schistes de Chatanooga (États-Unis), le gisement de Chanziping (Chine), et le gisement de Gera-Ronneburg (Allemagne) sont des exemples de ce type.

Annexe 5.4

DÉPENSES DE PROSPECTION ET ACTIVITÉS DE SONDAGE DANS LE MONDE ET LA ZONE OCDE(1970-2003)

Année	Prix spot de l'uranium (NUEXCO) (USD/kg d'U)	Dépenses (milliers d'USD)				Sondages superficiels + sondages de développement		
		OCDE	Nombre de pays déclarants	Monde	Nombre de pays déclarants	Sondages (km)	Nombre de pays déclarants	Nombre de trous de sondage notifiés
1970	16,22	31 039	1	148 359	4	7 422	NA	NA
1971	15,76	51 146	2	203 611	7	5 157	NA	NA
1972	15,47	80 362	13	242 105	27	5 150	22	NA
1973	16,67	78 050	12	290 835	27	5 590	25	NA
1974	28,68	113 066	15	303 676	29	7 330	26	NA
1975	61,57	191 851	14	389 531	34	8 492	30	78 362
1976	103,22	291 557	16	550 623	37	12 206	31	70 183
1977	109,72	425 428	14	692 381	38	15 837	34	137 554
1978	112,40	537 083	17	835 436	39	17 257	35	126 963
1979	110,68	570 221	18	907 932	47	15 353	41	95 066
1980	82,65	562 242	17	889 695	45	10 137	43	63 414
1981	62,89	393 344	17	722 274	48	7 273	44	31 744
1982	51,74	257 047	17	542 528	45	5 169	42	14 656
1983	59,75	167 789	15	436 931	43	2 601	37	10 298
1984	44,64	134 195	13	379 892	43	2 244	38	7 218
1985	40,56	114 951	15	357 489	41	1 846	37	5 172
1986	44,20	135 219	12	408 756	36	1 952	33	4 887
1987	43,63	135 160	12	419 404	32	1 895	29	4 792
1988	37,83	145 632	11	434 769	31	1 883	30	6 376
1989	26,00	118 977	8	380 924	29	1 592	27	4 677
1990	25,38	106 843	7	322 259	27	1 552	28	3 974
1991	22,62	97 694	7	120 294	23	1 320	25	4 156
1992	20,67	84 462	5	118 828	29	1 663	28	9 715
1993	18,51	62 983	6	91 383	24	1 459	24	7 879
1994	18,33	42 691	6	70 325	28	1 200	28	7 877
1995	21,97	47 461	6	83 567	26	688	26	5 678
1996	36,89	60 302	8	111 398	24	721	23	7 792
1997	26,70	93 729	6	153 863	25	868	25	11 046
1998	23,61	77 186	6	131 542	20	2 199	22	9 728
1999	21,45	48 306	4	98 972	18	1 543	18	6 687
2000	18,04	41 843	4	115 829	20	1 181	20	5 216
2001	21,06	23 547	3	88 999	18	1 258	17	4 782
2002	25,69	26 942	3	95 107	18	1 137	18	4 251
2003	30,06	25 803	2	90 393	18	1 117	17	3 737

Annexe 5.5

ACTIVITÉS DE PROSPECTION DANS CERTAINS PAYS

Australie

Année	1965	1966	1967*	1968*	1969*	1970*	1971*	1972	1973	1974
Dépenses (millions d'AUD)			1,0	3,0	6,0	8,0	9,0	13,0	11,0	11,0
Dépenses (millions d'USD)			1,0	4,0	7,0	9,0	10,0	12,8	16,3	14,6
Sondages superficiels (km)										

Année	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Dépenses (millions d'AUD)	8,0	13,0	17,0	25,0	29,0	35,0	38,0	29,0	14,0	13,0
Dépenses (millions d'USD)	10,0	14,0	18,0	29,0	32,0	45,0	43,0	30,0	13,0	11,0
Sondages superficiels (km)	65,0	168,0	240,0	335,0	274,0	489,0	425,0	254,0	101,0	77,0

Année	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Dépenses (millions d'AUD)	13,00	18,00	24,00	26,00	22,04	15,74	14,26	13,56	8,28	6,67
Dépenses (millions d'USD)	9,000	12,000	18,000	20,360	17,460	11,835	10,803	10,273	5,790	4,904
Sondages superficiels (km)	56,00	100,00	143,00	173,52	115,43	105,85	93,11	77,79	37,03	12,38

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Dépenses (millions d'AUD)	8,26	14,92	23,63	19,37	9,61	7,59	4,80	5,34	6,38	544,45
Dépenses (millions d'USD)	5,942	11,842	18,754	12,030	6,260	4,390	2,470	3,020	4,116	508,949
Sondages superficiels (km)	16,13	19,29	63,42	78,09	33,13	19,29	13,70	24,10	33,90	3 643,16

Pas de données antérieures à 1967.

* Le montant total des dépenses pour la période 1967-1971, s'élevant à 31 millions d'USD, a été réparti en dépenses annuelles sur la base de consultations avec l'Australie.

Canada

Année	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971*	1972*	1973*	1974*
Dépenses (millions d'USD)								24,90		
Sondages superficiels (km)								NA		

Année	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Dépenses (millions d'USD)	23,50	43,10	68,00	80,00	111,90	111,55	85,54	56,90	33,95	27,97
Sondages superficiels (km)	NA	155,0	304,1	333,9	483,3	503,0	359,0	247,0	153,0	197,0

Année	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Dépenses (millions d'USD)	25,31	25,17	29,72	49,72	48,00	39,38	39,25	38,42	31,82	26,09
Sondages superficiels (km)	183,0	162,0	164,0	202,0	160,0	66,0	67,0	79,0	62,0	68,0

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Dépenses (millions d'USD)	32,35	28,47	42,00	41,00	33,00	30,70	16,20	22,90	21,69	1 288,50
Sondages superficiels (km)	75,0	79,0	104,0	95,0	89,0	77,0	48,0	78,0	74,0	4 667,3

NA = Non disponible.

Pas de données antérieures à 1971.

* Les dépenses afférentes à la période 1971-1974 se sont élevées à 24,9 millions d'USD au total et aucune répartition annuelle n'est disponible.

Annexe 5.5 (suite 2/3)

ACTIVITÉS DE PROSPECTION DANS CERTAINS PAYS

États-Unis

Année	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
Dépenses (millions d'USD)				0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5
Sondages superficiels (km)				64,00	125,88	237,13	435,25	506,80	1 224,57	1 405,13

Année	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Dépenses (millions d'USD)	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Sondages superficiels (km)	1 837,64	2 679,19	2 804,20	2 210,70	1 722,10	1 709,90	1 374,34	1 193,00	870,81	674,22

Année	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Dépenses (millions d'USD)	4,000	7,037	18,644	34,913	33,896	31,099	41,146	32,400	49,470	80,950
Sondages superficiels (km)	644,04	1 280,20	3 280,90	7 240,20	9 099,80	7 171,30	4 709,80	4 701,20	5 005,10	6 705,60

Année	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Dépenses (millions d'USD)	128,290	195,900	293,500	371,500	316,070	267,066	145,035	74,024	44,200	31,300
Sondages superficiels (km)	7 786,20	10 434,00	12 360,00	14 327,00	12 426,00	8 490,20	4 303,20	1 851,70	1 000,00	780,00

Année	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Dépenses (millions d'USD)	25,290	25,100	22,000	22,100	16,900	19,200	19,700	16,000	12,000	4,329
Sondages superficiels (km)	540,0	630,0	600,0	920,0	750,0	512,0	561,0	324,0	338,0	200,0

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Dépenses (millions d'USD)	6,009	10,054	30,426	21,724	8,968	6,694	4,827	0,352	NA	2 507,113
Sondages superficiels (km)	411,0	928,0	1 488,0	1 415,0	763,0	312,0	201,0	NA	NA	155 564,3

NA = Non disponible.

* Les dépenses afférentes à la période 1948-1965 sont des estimations tirées de sources autres que le Livre rouge.

République démocratique d'Allemagne (Wismut)

Année	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
Dépenses (millions de marks RDA)		75	75	75	75	75	75	75	75	128
Dépenses (millions d'USD)		17,86	17,86	17,86	17,86	17,86	17,86	17,86	17,86	30,48
Sondages superficiels (km)										

Année	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Dépenses (millions de marks)	128	128	128	128	128	128	128	128	180	190
Dépenses (millions d'USD)	51,96	50,85	55,24	63,73	69,83	70,49	56,64	52,70	70,45	66,77
Sondages superficiels (km)	367	357	326	304	297	31	222	191	134	163

Année	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Dépenses (millions de marks)	190	175	167	174	133	59	0	0	0	0
Dépenses (millions d'USD)	64,57	80,64	92,87	97,53	70,74	36,51	0,00	0,00	0,00	0,00
Sondages superficiels (km)	164	119	116	120	68	17	0	0	0	0

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Dépenses (millions de marks)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 580
Dépenses (millions d'USD)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 905,92
Sondages superficiels (km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27 814

Les dépenses encourues de 1946 à 1953, qui se sont élevées à environ 600 millions de Marks de la RDA et celles encourues de 1954 à 1982, qui se sont élevées à environ 3 900 millions de Marks de la RDA, ont été réparties à parts égales entre les années correspondantes.

Le taux de change entre le Mark de la RDA et l'USD a été supposé identique à celui s'appliquant entre le DM et l'USD.

Annexe 5.5 (suite 3/3)

ACTIVITÉS DE PROSPECTION DANS CERTAINS PAYS

Tchécoslovaquie/République tchèque

Année	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971*	1972*	1973*	1974*
Dépenses (millions de CZK)							247,53	247,53	247,53	247,53
Dépenses (millions d'USD)							13,85	13,85	13,85	13,85
Sondages superficiels (km)							121,55	121,55	121,55	121,55

Année	1975*	1976*	1977*	1978*	1979*	1980*	1981	1982	1983	1984
Dépenses (millions de CZK)	247,53	247,53	247,53	247,53	247,53	247,53	290,80	288,80	269,00	264,70
Dépenses (millions d'USD)	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	21,54	20,70	18,82	15,80
Sondages superficiels (km)	121,55	121,55	121,55	121,55	121,55	121,55	112,54	105,93	90,53	92,45

Année	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Dépenses (millions de CZK)	263,4	265,0	262,4	238,4	282,3	119,9	47,6	18,2		
Dépenses (millions d'USD)	15,490	17,810	19,080	16,200	18,600	7,370	1,540	0,660	0,579	0,468
Sondages superficiels (km)	93,56	92,48	85,78	73,17	58,20	18,35	6,18	1,24	2,38	

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Dépenses (millions de CZK)										
Dépenses (millions d'USD)	0,282	0,201	0,163	0,090	0,060	0,040	0,050	0,020	0,000	314,013
Sondages superficiels (km)										2 048,29

Pas de données antérieures à 1971.

* Les dépenses pour la période 1971-1980 se sont élevées à 2 475,3 millions de CZ (138,95 millions d'USD) au total, qui ont été réparties à parts égales sur ces dix années.

* Les sondages superficiels au cours de la période 1971-1980 ont représenté au total 1 215,54 km répartis à parts égales sur ces dix années.

URSS

Année	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
Dépenses (millions d'USD)	2,60	13,74	13,74	13,74	13,74	13,74	27,30	27,30	27,30	27,30
Sondages superficiels (km)	2,0	80,2	80,2	80,2	80,2	80,2	233,6	233,6	233,6	233,6

Année	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Dépenses (millions d'USD)	27,30	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Sondages superficiels (km)	233,6	1 323,2	1 323,2	1 323,2	1 323,2	1 323,2	1 848,8	1 848,8	1 848,8	1 848,8

Année	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Dépenses (millions d'USD)	65,00	73,16	73,16	73,16	73,16	73,16	94,38	94,38	94,38	94,38
Sondages superficiels (km)	1 848,8	2 206,6	2 206,6	2 206,6	2 206,6	2 206,6	3 074,0	3 074,0	3 074,0	3 074,0

Année	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Dépenses (millions d'USD)	94,38	127,04	127,04	127,04	127,04	127,04	138,64	138,64	138,64	138,64
Sondages superficiels (km)	3 074,0	4 322,4	4 322,4	4 322,4	4 322,4	4 322,4	5 135,8	5 135,8	5 135,8	5 135,8

Les données relatives aux dépenses et aux sondages superficiels, dans le cas de l'URSS, ont été fournies sur une base quinquennale et ont été réparties à parts égales sur les années visées. Le taux de change utilisé pour la conversion monétaire était 1 USD = 0,75 RUB.

Annexe 5.6

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ENGAGÉES À L'ÉTRANGER
(en milliers d'USD au cours de l'année considérée)

Pays	Pre-1972	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Allemagne	36 000	5 000	6 000	25 000	14 000	21 000	21 000	28 000	30 000
Australie	215	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0	NA	NA
Belgique	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1 100	1 200
Canada	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Corée, Rép. de	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1 045	1 949
Espagne	0,0	0,0	0,0	0,0	4 130	1 330	1 440	2 500	2 000
États-Unis	15 000	2 000	3 000	5 000	5 000	19 000	31 160	35 890	43 240
France	58 200	8 600	14 900	19 000	22 700	31 900	32 000	36 900	52 300
Italie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Japon	8 310	1 210	1 230	1 440	2 880	8 350	24 030	24 430	24 540
Nigeria	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2 400	NA	NA
Royaume-Uni	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Suisse	0.0	0.0	0.0	1 500	1 500	800	2 600	2 200	2 949
Total	**117 725**	**16 810**	**25 130**	**51 940**	**50 210**	**82 380**	**114 630**	**132 065**	**158 178**

Pays	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Allemagne	30 000	26 000	26 000	15 500	11 500	15 800	20 000	19 000	14 000
Australie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Belgique	900	500	300	200	100	100	100	0,0	0,0
Canada	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Corée, Rép. de	5 741	3 961	3 688	3 295	1 177	257	43	5	48
Espagne	2 000	2 000	3 000	NA	NA	NA	NA	NA	0
États-Unis	38 970	35 280	13 820	4 680	1 830	NA	NA	NA	NA
France	68 200	66 230	43 460	28 700	18 764	15 013	17 595	14 525	7 748
Italie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Japon	29 320	30 199	24 237	24 220	20 684	20 592	27 170	26 450	17 570
Nigeria	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Royaume-Uni	NA	NA	NA	2 875	7 402	11 854	6 705	6 761	6 406
Suisse	3 222	2 753	1 273	294	340	2 570	2 400	1 005	1 000
Total	**178 353**	**166 923**	**115 778**	**79 764**	**61 797**	**> 66 186**	**> 74 013**	**> 67 746**	**> 46 772**

Pays	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Allemagne	9 000	6 766	4 853	2 898	3 107	2 646	2 951	3 137	4 000
Australie	NA	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA	NA	NA
Belgique	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Canada	NA	NA	NA	NA	NA	1 449	1 471	3 650	3 986
Corée, Rép. de	108	158	177	260	225	175	178	511	603
Espagne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
États-Unis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	422	3 050
France	9 128	5 726	11 076	19 438	32 619	30 959	10 245	6 808	8 972
Italie	NA	NA	200	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Japon	11 990	10 990	11 210	12 010	11 620	12 923	14 771	7 533	4 752
Nigeria	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Royaume-Uni	8 006	8 300	1 900	899	155	0,0	0,0	0,0	0,0
Suisse	500	600	540	482	502	627	0,0	0,0	0,0
Total	**38 732**	**32 540**	**29 956**	**35 987**	**48 228**	**> 48 779**	**29 616**	**22 061**	**25 363**

Pays	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Allemagne	0	0	0	0	0	0	**403 158**
Australie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**215**
Belgique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**4 500**
Canada	3 000	3 000	3 667	2 597	2 549	2 547	**27 916**
Corée, Rép. de	445	NA	NA	NA	NA	NA	**24 049**
Espagne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**18 400**
États-Unis	3 616	NA	NA	NA	NA	NA	**260 958**
France	8 777	7 120	7 330	7 690	14 370	16 701	**753 694**
Italie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**200**
Japon	2 280	1 390	NA	NA	NA	NA	**418 331**
Nigeria	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**2 400**
Royaume-Uni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**61 263**
Suisse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**29 657**
Total	**18 118**	**11 510**	**10 997**	**10 287**	**16 919**	**19 248**	**1 701 245**

NA = Non disponible.

Annexe 5.7

COÛT DE DÉCOUVERTE DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES ET PRODUCTION DANS CERTAINS PAYS

Pays	RRA (t d'U)	RSE-I (t d'U)	Ressources classiques connues (RRA+RSE-I) (t d'U)	Production (t d'U)	RCC + production (t d'U)	Dépenses de prospection (milliers d'USD)	Coût de découverte (USD/kg d'U)
Afrique du Sud	315 330	80 340	395 670	157 618	553 288	140 919	0,25
Allemagne [a]	3 000	4 000	7 000	219 239	226 239	2 002 789	8,85
Argentine	7 080	8 560	15 640	2 631	18 271	52 263	2,86
Australie	735 000	323 000	1 058 000	113 304	1 171 304	508 949	0,43
Belgique	0	0	0	680	680	2 487	3,66
Brésil	86 190	57 140	143 330	1 645	144 975	186 128	1,28
Canada	333 834	104 710	438 544	374 548	813 092	1 288 500	1,58
Chili	560	885	1 445	0	1 445	6 896	4,77
Chine	35 060	14 690	49 750	27 689	77 439	23 400	0,30
Danemark	20 250	12 000	32 250	0	32 250	4 140	0,13
Espagne	4 925	6 380	11 305	6 156	17 461	140 455	8,04
États-Unis	345 000	0	345 000	356 485	701 485	2 507 113	3,57
Finlande	1 125	0	1 125	41	1 166	13 984	11,99
France	0	9 510	9 510	75 965	85 475	907 240	10,61
Gabon	4 830	1 000	5 830	25 403	31 233	102 433	3,28
Grèce	1 000	6 000	7 000	0	7 000	17 547	2,51
Hongrie	0	13 800	13 800	21 080	34 880	3 700	0,11
Inde	40 980	18 935	59 915	7 963	67 878	315 228	4,64
Indonésie	4 620	1 155	5 775	0	5 775	15 878	2,75
Iran	370	700	1 070	0	1 070	9 731	9,09
Italie	4 800	1 300	6 100	0	6 100	75 060	12,30
Japon	6 600	0	6 600	84	6 684	19 697	2,95
Madagascar	0	0	0	785	785	5 293	6,74
Mexique	1 275	525	1 800	49	1 849	30 306	16,39
Mongolie [b]	46 200	15 750	61 950	535	62 485	8 153	0,13
Namibie	170 532	87 085	257 617	78 794	336 411	25 741	0,08
Niger	102 227	125 377	227 604	91 186	318 790	216 121	0,68
Pérou	1 215	1 265	2 480	0	2 480	4 776	1,93
Portugal	7 470	1 450	8 920	3 715	12 635	17 637	1,40
Rép. centrafricaine	12 000	0	12 000	0	12 000	21 800	1,82
Rép. tchèque [c]	830	90	920	108 649	109 569	314 013	2,87
Roumanie [d]	3 325	3 608	6 933	17 989	24 922	10 060	0,40
Slovénie/Yougoslavie	2 200	10 000	12 200	380	12 580	1 581	0,13
Somalie	4 950	2 550	7 500	0	7 500	10 000	1,33
Suède	4 000	6 000	10 000	91	10 091	47 900	4,75
Thaïlande	5	5	10	0	10	11 299	1129,90
Turquie	6 845	0	6 845	0	6 845	21 988	3,21
Vietnam	1 005	5 435	6 440		6 440	2 898	0,45
Zambie	0	0	0	102	102	25	0,25
Zimbabwe	1 350	0	1 350	0	1 350	6 902	5,11
Sous-total	**2 315 983**	**923 245**	**3 239 228**	**1 692 806**	**4 932 034**	**9 101 030**	**1,85**
URSS + Kazakhstan-Fédération de Russie-Ukraine-Ouzbékistan (de 1945 à 2003)*							
	817 760	488 630	1 306 390	467 482	1 773 872	3 989 432	2,25
Total mondial	**3 133 743**	**1 411 875**	**4 545 618**	**2 160 288**	**6 705 906**	**13 090 462**	**1,95**

* Y compris 3 692 350 000 USD en URSS de 1945 à 1990.

a) Dépenses de prospection de 1971 à 2003.

b) Y compris la République démocratique allemande.

c) Dépenses de prospection de 1992 à 1997.

d) Dépenses de prospection depuis 1994.

Annexe 5.8

COÛT D'IDENTIFICATION DE L'ENSEMBLE DES RESSOURCES (CONNUES ET NON DÉCOUVERTES) ET PRODUCTION DANS CERTAINS PAYS

Pays	Ressources classiques connues (t d'U)	Ressources non découvertes (t d'U)	Ressources totales (t d'U)	Production (t d'U)	Ressources totales + production (t d'U)	Dépenses de prospection (milliers d'USD)	Coût de découverte (USD/kg d'U)
Afrique du Sud	395 670	1 223 200	1 618 870	157 618	1 776 488	140 919	0,08
Allemagne [a]	7 000	74 000	81 000	219 239	300 239	2 002 789	6,67
Argentine	15 640	1 400	17 040	2 631	19 671	52 263	2,66
Australie [b]	1 058 000	2 600 000	3 658 000	113 304	3 771 304	508 949	0,13
Belgique	0	0	0	680	680	2 487	3,66
Brésil	143 330	620 000	763 330	1 645	764 975	186 128	0,24
Canada	458 544	850 000	1 308 544	374 548	1 683 092	1 288 500	0,77
Chili	1 445	4 700	6 145	0	6 145	6 896	1,12
Chine [c]	49 750	1 773 600	1 823 350	27 689	1 851 039	23 400	0,01
Colombie	0	228 000	228 000	0	228 000	19 946	0,09
Danemark	32 250	60 000	92 250	0	92 250	4 140	0,04
Espagne	11 305	0	11 305	6 156	17 461	140 455	8,04
Égypte [d]	0	15 000	15 000	0	15 000	108 807	7,25
États-Unis	345 000	2 613 000	2 958 000	356 485	3 314 485	2 507 113	0,76
Finlande	1 125	0	1 125	41	1 166	13 984	11,99
France	9 510	0	9 510	75 965	85 475	907 240	10,61
Gabon [e]	5 830	1 610	7 440	25 403	32 843	102 433	3,12
Grèce	7 000	6 000	13 000	0	13 000	17 547	1,35
Hongrie	13 800	32 480	46 280	21 080	67 360	3 700	0,05
Inde	59 915	32 500	92 415	7 963	100 378	315 228	3,14
Indonésie	5 775	4 100	9 875	0	9 875	15 878	1,61
Iran	1 070	13 900	14 970	0	14 970	9 731	0,65
Italie	6 100	10 000	16 100	0	16 100	75 060	4,66
Japon	6 600	0	6 600	84	6 684	19 697	2,95
Madagascar	0	0	0	785	785	5 293	6,74
Mexique	1 800	13 000	14 800	49	14 849	30 306	2,04
Mongolie [f]	61 950	1 390 000	1 451 950	535	1 452 485	8 153	0,01
Namibie	257 617	0	257 617	78 794	336 411	25 741	0,08
Niger	227 604	9 500	237 104	91 186	328 290	216 121	0,66
Pérou [g]	2 480	39 700	42 180	0	42 180	4 776	0,11
Portugal	8 920	6 500	15 420	3 715	19 135	17 637	0,92
Rép. centrafricaine	12 000	0	12 000	0	12 000	21 800	1,82
Rép. tchèque [h]	920	179 200	180 120	108 649	288 769	314 013	1,09
Roumanie [i]	6 933	6 000	12 933	17 989	30 922	10 060	0,33
Slovénie/Yougoslavie	12 200	1 100	13 300	380	13 680	1 581	0,12
Somalie	7 500	0	7 500	0	7 500	10 000	1,33
Suède	10 000	0	10 000	91	10 091	47 900	4,75
Thaïlande	10	0	10	0	10	11 299	1129,9
Turquie	6 845	0	6 845	0	6 845	21 988	3,21
Vietnam	6 440	237 900	244 340	0	244 340	2 898	0,01
Zambie	0	22 000	22 000	102	22 102	25	0,00
Zimbabwe	1 350	25 000	26 350	0	26 350	6 902	0,26
Sous-total	**3 259 228**	**12 093 390**	**15 352 618**	**1 692 806**	**17 045 424**	**9 229 783**	**0,54**
URSS + Kazakhstan-Fédération de Russie-Ukraine-Ouzbékistan (de 1945 à 2003)*							
	1 306 390	1 947 700	3 254 090	467 482	3 721 572	3 989 432	1,07
Total mondial	**4 565 618**	**14 041 090**	**18 606 708**	**2 160 288**	**20 766 996**	**13 219 215**	**0,64**

* Y compris 3 692 350 000 USD en URSS de 1945 à 1990.

a) Ressources spéculatives représentant de 2 600 000 à 3 900 000 t d'U d'après l'édition de 1993 du Livre rouge.

b) Ressources spéculatives représentant 1 700 000 t d'U d'après l'édition de 1997 du Livre rouge.

c) Dépenses de prospection engagées seulement de 1971 à 2003.

d) Ressources spéculatives représentant 15 000 t d'U d'après l'édition de 1997 du Livre rouge.

e) RSE-II s'élevant à 1 610 t d'U d'après l'édition de 1997 du Livre rouge.

f) Y compris les données afférentes à l'ex-République démocratique allemande.

g) Dépenses de prospection engagées seulement de 1992 à 1997.

h) RSE-II s'élevant à 20 000 t d'U et ressources spéculatives représentant 19 700 t d'U d'après l'édition de 1997 du Livre rouge.

i) Dépenses de prospection engagées seulement depuis 1994.

Annexe 5.9

DÉPENSES DE PROSPECTION ENGAGÉES PAR DES PAYS N'AYANT PAS FAIT ÉTAT DE RESSOURCES

Pays	Dépenses de prospection (milliers d'USD)
Bangladesh	453
Bolivie	9 343
Botswana	825
Cameroun	1 282
Corée, Rép. de	17 886
Costa Rica	364
Cuba	972
Équateur	1 945
Ghana	90
Guatemala	610
Irlande	6 200
Jamaïque	30
Jordanie	920
Lesotho	21
Malaisie	11 072
Mali	58 693
Maroc	2 752
Nigeria	6 950
Norvège	3 180
Paraguay	26 360
Royaume-Uni	3 815
Rwanda	1 505
Soudan	200
Sri Lanka	43
Suisse	3 359
Syrie	1 151
Uruguay	231
Total	**160 252**

Annexe 6.1

ÉVOLUTION DES DÉFINITIONS DES RESSOURCES DANS LES ÉDITIONS SUCCESSIVES DU LIVRE ROUGE

Pour pouvoir évaluer des ressources minérales, on a besoin de définitions claires de ce que l'on doit évaluer. En plus des critères géologiques, de telles définitions doivent comporter des éléments relatifs à la fiabilité des estimations ainsi qu'à la rentabilité et à la faisabilité de l'exploitation. Compte tenu de ces paramètres, les estimations de ressources indiquées dans les diverses éditions du Livre rouge sont divisées en catégories distinctes correspondant à des degrés différents de certitude quant aux quantités indiquées et elles sont en outre subdivisées en tranches sur la base du coût de production. Dans le cadre d'un effort permanent en vue de fournir un aperçu des possibilités présentes et futures d'offre d'uranium, les définitions des ressources ont été révisées à plusieurs reprises afin de leur conférer davantage de clarté et de prendre en compte l'évolution des conditions économiques, techniques et politiques. On trouvera dans le présent Appendice une chronologie détaillée des modifications apportées aux catégories de ressources en uranium dans les éditions successives du Livre rouge.

En 1965, dans la première édition du Livre rouge, les estimations des ressources en uranium étaient formulées sur la base des « prix ». À partir de 1976 et jusqu'en 2003 compris, on a utilisé les « coûts de récupération » pour définir les catégories de ressources. Trois tranches de prix ont été définies dans la première édition du Livre rouge de 1965 :

– de 5 à 10 USD par livre d'U_3O_8 (de 13 à 26 USD par kg d'U)

– de 10 à 15 USD par livre d'U_3O_8 (de 26 à 39 USD par kg d'U)

– de 15 à 30 USD par livre d'U_3O_8 (de 39 à 78 USD par kg d'U)

À l'intérieur de chaque tranche de prix, des estimations ont été fournies pour deux degrés différents de fiabilité, les ressources raisonnablement assurées (RRA) et les ressources supplémentaires possibles.

Le terme ressources raisonnablement assurées se référait à des matières premières se trouvant dans des gisements connus, et dont la teneur, l'importance en quantité et la configuration sont telles qu'on peut, dans les limites des prix de revient donnés, les extraire et les traiter avantageusement par les techniques d'extraction et de traitement actuellement connues. Les estimations de tonnage et de teneur sont fondées sur des données résultant d'échantillonnages spécifiques et d'une définition précise des dimensions des corps minéralisés, ainsi que sur la connaissance de l'allure des gisements. Ces ressources étaient considérées comme correspondant en gros aux réserves de minerai au sens habituel du terme, en particulier dans les tranches de prix inférieures. Le tableau 6.1A récapitule la classification des ressources utilisée dans l'édition de 1965 du Livre rouge.

Tableau 6.1A. Classement des ressources – édition de 1965 du Livre rouge

Degré décroissant d'intérêt économique			
	13-26 USD/kg d'U	Ressources raisonnablement assurées	Ressources supplémentaires possibles
	26-39 USD/kg d'U	Ressources raisonnablement assurées	Ressources supplémentaires possibles
	39-78 USD/kg d'U	Ressources raisonnablement assurées	Ressources supplémentaires possibles
	Degré décroissant de fiabilité des estimations →		

Le terme ressources supplémentaires possibles se référait à des matières premières dont on suppose la présence dans des prolongements inexplorés de gisements connus, ou dans des gisements non découverts, situés dans des districts où on sait ou où on suppose que l'on peut trouver de l'uranium ou du thorium ; on escompte, en outre, que ces matières premières doivent pouvoir être découvertes et exploitées de manière économique à un prix situé dans la tranche considérée. Les estimations concernant le tonnage et la teneur des ressources supplémentaires possibles dans les districts connus se fondent principalement sur la connaissance que l'on a de gisements connus se trouvant dans les mêmes districts. On déduit l'existence et l'importance de gisements non découverts devant se trouver dans des régions non explorées déterminées, en se basant sur la répartition des ressources dans des régions connues.

En 1967, devant les tendances se manifestant sur le marché de l'uranium, il n'était plus réaliste de considérer le prix de 5 USD par livre d'U_3O_8 comme une limite inférieure accessible. C'est pourquoi la tranche de prix inférieure a été modifiée pour devenir « moins de 10 USD par livre ». Une modification a aussi été apportée à la terminologie relative aux ressources. Les ressources supplémentaires estimées (RSE) ont remplacé les ressources supplémentaires possibles, cette dernière expression pouvant être interprétée comme représentant une quantité totale maximale de ressources, ce qui n'était pas son sens implicite.

Entre 1973 et 1975, d'importants événements sont survenus dans le domaine de l'énergie, à savoir la décision de l'OPEP de relever de façon spectaculaire les prix du pétrole en réduisant l'offre mondiale. Le marché de l'uranium en a subi les conséquences et les prix de l'uranium ont suivi la tendance générale à la hausse des prix de l'énergie (le prix spot moyen de l'uranium donné par Nuexco s'est accru, passant de 11,03 USD/livre d'U_3O_8 en 1973, à 23,68 USD/livre d'U_3O_8 en 1975). En outre, l'inflation mondiale a considérablement majoré les coûts de production de l'uranium. Il a par conséquent fallu reconsidérer les catégories de prix des ressources en uranium, qui avaient été utilisées dans les précédents rapports. De plus, pour se conformer au système métrique international, on a remplacé les livres d'U_3O_8 par les kilogrammes d'uranium (kg d'U).

Dans l'édition de décembre 1975 du Livre rouge, le Groupe de travail a décidé d'abandonner la notion de « catégories de prix » au profit de celle de « catégories de coût », afin de conférer une certaine stabilité aux catégories de ressources utilisées et de s'affranchir à l'avenir d'éventuelles fluctuations notables des prix, qui pourraient refléter la situation du marché et ne pas être nécessairement liées aux coûts réels de production d'un type donné de ressources. Par coûts, on entendait en général non seulement les coûts directs afférents à l'extraction, au broyage et au traitement, mais également le coût des investissements consacrés à l'installation et à l'entretien de l'unité de production. Les coûts de prospection (coûts irrécupérables) n'étaient pas inclus. Les nouvelles tranches de coûts qui ont été adoptées étaient les suivantes :

- moins de 15 USD par livre d'U_3O_8 (moins de 39 USD par kg d'U)
- de 15 à 30 USD par livre d'U_3O_8 (de 39 à 78 USD par kg d'U).

Il s'agissait d'une modification considérable par rapport aux chiffres antérieurs. Cependant, la nouvelle catégorie de coûts inférieure correspondait dans une large mesure à la précédente catégorie de prix inférieure. En revanche, la nouvelle tranche élevée renfermait la plupart des ressources classées précédemment dans la tranche de prix comprise entre 10 et 15 USD/livre d'U_3O_8 ainsi que de nouvelles réserves qui n'étaient pas prises en compte auparavant.

Entre 1975 et 1976, les prix de l'uranium ont continué d'augmenter, l'inflation des coûts de récupération de l'uranium demeurant un facteur important. C'est pourquoi il a fallu à nouveau réviser les fourchettes de coûts utilisées pour rendre compte des ressources en uranium dans l'édition suivante du Livre rouge publiée en 1977. Les tranches de coûts adoptées furent :

- moins de 30 USD par livre d'U_3O_8 (moins de 80 USD par kg d'U)
- de 30 à 50 USD par livre d'U_3O_8 (de 80 à 130 USD par kg d'U).

Ces nouveaux chiffres constituaient une modification notable par rapport aux chiffres précédents. Cependant le Groupe de travail a conclu que ces différences n'influaient pas de façon significative sur le caractère comparable des chiffres relatifs aux ressources totales par rapport aux précédentes éditions du Livre rouge. En outre, la révision des tranches de coûts a fourni une estimation plus précise des ressources mondiales. Une catégorie de ressources entrant dans une tranche de coûts plus élevée (supérieure à 130 USD/kg d'U) a été ajoutée pour prendre en compte l'uranium dont la récupération était considérée peu probable au cours du 20ème siècle, mais qui dans certaines régions avait fait l'objet de recherches en vue d'une éventuelle production à très long terme. Le Tableau 6.2A présente les tranches de coûts et les catégories de fiabilité utilisées dans l'édition de 1977 du Livre rouge.

Pour la première fois, la distinction entre les ressources en place *(in situ)* et les ressources récupérables a été introduite dans le Livre rouge et il a été demandé aux pays participants d'exprimer les estimations de ressources en fonction des quantités d'uranium récupérables à partir des ressources *in situ*, après avoir pris en compte la dilution du minerai ainsi que les pertes au stade de l'extraction et du traitement. Sauf indication contraire, les estimations de ressources étaient exprimées en fonction des quantités récupérables plutôt qu'en termes de ressources *in situ*. Cependant, dans certains pays, il était d'usage de notifier les estimations sous forme de quantités d'uranium renfermées dans les minerais exploitables compte tenu de la dilution du minerai, en particulier lorsque les pertes en cours de traitement n'étaient pas considérées comme notables.

Le Groupe de travail a aussi considéré que les estimations du moment représentaient une évaluation incomplète, d'autres ressources potentielles étant susceptibles d'exister. Les résultats de la prospection régionale justifiaient l'établissement d'une catégorie supplémentaire de ressources présentant un degré de fiabilité plus faible que les ressources supplémentaires estimées. Une telle catégorie pouvait inclure l'uranium entrant dans les mêmes tranches de coût dont on présume l'existence principalement sur la base d'indications indirectes et d'extrapolations géologiques dans des gisements susceptibles d'être découverts à l'aide des techniques de prospection existantes. Il ne serait en général possible de spécifier la localisation des gisements entrant dans cette catégorie que comme se trouvant dans une région déterminée ou dans une formation géologique donnée.

Dans le tableau 6.3A, les catégories de ressources utilisées dans l'édition de 1977 du Livre rouge sont présentées en corrélation avec les termes utilisés dans d'autres grands systèmes de classification des ressources.

Dans l'édition de 1979 du Livre rouge, une troisième catégories de ressources, fondée sur le degré de fiabilité, a été introduite : les ressources spéculatives. Ces ressources présentant un moindre degré de fiabilité ont en outre été ventilées en ressources qui peuvent être récupérées à un coût respectivement inférieur ou égal à 80 USD/kg d'U, compris entre 80 et 130 USD/kg d'U, et supérieur à 130 USD/kg d'U (généralement compris entre 130 et 260 USD/kg d'U).

Tableau 6.2A. Classement des ressources – édition de 1977 du Livre rouge

Degré décroissant d'intérêt économique				
Ressources non rentables	Exploitables à des coûts <130 USD/kg d'U	Ressources raisonnablement assurées	Ressources supplémentaires estimées
	Exploitables à des coûts 80-130 USD/kg d'U	Ressources raisonnablement assurées	Ressources supplémentaires estimées
Ressources rentables	Exploitables à des coûts >80 USD/kg d'U	Ressources raisonnablement assurées	Ressources supplémentaires estimées
Degré décroissant de fiabilité des estimations →			

Deux catégories fondamentales de ressources ont été définies :

- *ressources raisonnablement sssurées* (telles qu'elles ont été définies en 1965).
- *ressources supplémentaires estimées*, qui se rapportaient aux quantités d'uranium s'ajoutant aux ressources raisonnablement sssurées, dont on présume la présence, compte tenu de données géologiques directes, dans :
  – des prolongements de gisements bien explorés ;
  – des gisements peu explorés ;
  – des gisements non découverts, supposés exister dans des formations ayant des caractéristiques géologiques bien définies et comportant des gisements connus.

Les ressources supplémentaires estimées étaient considérées comme étant en puissance susceptibles d'être ultérieurement converties en ressources raisonnablement assurées comme résultat d'une poursuite des efforts de prospection.

Une troisième catégorie, à savoir les ressources spéculatives, a été établie pour couvrir les quantités éventuelles d'uranium dont on admet l'existence principalement sur la base d'indications indirectes et d'extrapolations géologiques dans des gisements susceptibles d'être découverts à l'aide des techniques de prospection existantes. La localisation des gisements entrant dans cette catégorie ne peut en général pas être plus précise que leur situation au sein d'une région déterminée ou dans une formation géologique donnée. L'existence et l'importance de telles ressources sont éminemment spéculatives. Les ressources spéculatives se distinguaient des ressources raisonnablement assurées et des ressources supplémentaires estimées en raison du très haut degré d'incertitude dont étaient entachées les quantités indiquées. Le tableau 6.4A récapitule la classification des ressources utilisée dans l'édition de 1979 du Livre rouge. Le tableau 6.5A établit une comparaison entre la classification de l'édition de 1979 et les classifications utilisées ailleurs.

Tableau 6.3A. Comparaison de la nomenclature des ressources de l'édition de 1977 du Livre rouge avec les classifications canadiennes et américaines des ressources

<table>
<tr><td>AEN/AIEA
Livre rouge 1976</td><td colspan="2">raisonnablement assurées</td><td colspan="2">supplémentaires estimées</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ministère de l'énergie, des mines et des ressources du Canada</td><td colspan="2">prouvées</td><td colspan="2">pronostiquées</td><td colspan="2">spéculatives</td></tr>
<tr><td>mesurées</td><td>indiquées</td><td>présumées</td><td>conjoncturelles</td><td>en zones à indices</td><td>en zones non explorées</td></tr>
<tr><td>États-Unis (ERDA*) 1976</td><td colspan="2">réserves</td><td colspan="2">ressources potentielles probables</td><td colspan="2">ressources potentielles possibles et hypothétiques</td></tr>
</table>

* Agence pour la recherche et le développement de l'énergie.

Tableau 6.4A. Système de classification de l'AEN/AIEA – édition de 1979 du Livre rouge

<table>
<tr><td>Exploitables à des coûts <130 USD/kg d'U</td><td>Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées</td><td>Ressources spéculatives</td></tr>
<tr><td>Exploitables à des coûts 80-130 USD/kg d'U</td><td>Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées</td><td rowspan="2">Ressources spéculatives</td></tr>
<tr><td>Exploitables à des coûts >80 USD/kg d'U</td><td>Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées</td></tr>
</table>

En 1983, afin d'améliorer le caractère comparable des données communiquées par les autorités nationales, des modification ont été apportées à la terminologie des ressources et aux définitions des coûts utilisées dans les précédentes éditions du Livre rouge.

Classification des ressources en fonction du degré de fiabilité

Avant 1982, les estimations relatives aux ressources en uranium étaient fournies pour trois catégories, à savoir les ressources raisonnablement assurées, les ressources supplémentaires estimées et les ressources spéculatives. En 1983, la catégorie des ressources supplémentaires estimées (RSE) a été remplacée par deux nouvelles catégories, soit les ressources supplémentaires estimées – catégorie I (RSE-I) et les ressources supplémentaires estimées – catégorie II (RSE-II). D'une façon générale, la partie « découverte » des ressources entrant dans la précédente catégorie des RSE a été notifiée dans la catégorie des RSE-I et la partie « non découverte » dans celle des RSE-II. On trouvera ci-après les définitions des ressources fondées sur leur degré de certitude.

Par ressources raisonnablement assurées (RRA), on entend l'uranium qui se trouve dans des gisements de minerais connus, dont l'étendue, la teneur et la configuration sont telles qu'on pourrait, dans les limites de coûts à la production donnés, le récupérer grâce aux techniques d'extraction et de traitement actuellement éprouvées. Les estimations de tonnage et de teneur sont fondées sur des données résultant d'échantillonnages spécifiques et sur une délimitation précise des dimensions des gisements, ainsi que sur la connaissance des caractéristiques de ces derniers. L'existence des ressources raisonnablement assurées présente un haut degré de certitude ; dans la tranche de coûts inférieure à 80 USD/kg d'U, ces RRA sont considérées comme des réserves aux fins du Livre rouge.

Par ressources supplémentaires estimées – catégorie I (RSE-I), on entend les quantités d'uranium s'ajoutant aux RRA, dont on suppose la présence en se fondant surtout sur des données géologiques directes, dans des prolongements de gisements bien explorés ou des gisements dans lesquels la continuité géologique a été établie ; mais les données et les mesures spécifiques de ces gisements, ainsi que la connaissance de leurs caractéristiques, sont considérées comme ne permettant pas de classer ces ressources en tant que RRA. Il est possible de délimiter de tels gisements, dont l'uranium pourra ultérieurement être récupéré, pour un coût total entrant dans les tranches de coût indiquées. Les estimations de tonnage et de teneur se

Tableau 6.5A. Corrélation approximative entre les expressions utilisées dans les principaux systèmes de classification des ressources

AEN/AIEA	raisonnablement assurées		supplémentaires estimées		spéculatives
Afrique du Sud	raisonnablement assurées		supplémentaires estimées		
Australie	raisonnablement assurées		supplémentaires estimées		spéculatives
Canada (EMR*)	mesurées	indiquées	présumées	conjoncturelles	spéculatives
France	réserves I	réserves II	projections I	projections II	
États-Unis (DOE)	réserves		ressources potentielles probables		ressources potentielles possibles et hypothétiques

* Ministère de l'énergie, des mines et des ressources.

fondent sur l'échantillonnage disponible ainsi que sur la connaissance que l'on a des caractéristiques du gisement telles qu'elles ont été déterminées dans ses parties les mieux connues ou dans des gisements analogues. Les estimations relatives à cette catégorie sont moins fiables que celles concernant les RRA.

Par ressources supplémentaires estimées – catégorie II (RSE-II), on entend les quantités d'uranium s'ajoutant aux RSE-I dont on suppose la présence dans les gisements que l'on estime exister dans des formations ayant des caractéristiques géologiques bien définies ou dans des zones de minéralisation comportant des gisements connus. Il est possible de localiser et de délimiter de tels gisements dont l'uranium pourra ultérieurement être récupéré, pour un coût total entrant dans les tranches de coûts indiquées. Les estimations de tonnage et de teneur se fondent principalement sur la connaissance que l'on a des caractéristiques de gisements connus dans les formations ou zones concernées, ainsi que sur l'échantillonnage ou les données géologiques, géophysiques ou géochimiques disponibles. Les estimations relatives à cette catégorie sont moins fiables que celles concernant les RSE-I.

Par ressources spéculatives (RS), on entend les quantités d'uranium venant s'ajouter aux ressources supplémentaires estimées – catégorie II (RSE-II), dont on présume l'existence principalement sur la base d'indications indirectes et d'extrapolations géologiques dans des gisements susceptibles d'être découverts à l'aide des techniques actuelles de prospection. Il ne serait en général possible de spécifier la localisation des gisements pouvant entrer dans cette catégorie que comme se trouvant dans une région déterminée ou dans une formation géologique donnée. Comme ce terme le sous-entend, l'existence et l'importance de telles ressources sont éminemment spéculatives.

Classification des ressources en fonction des tranches de coûts

Les tranches de coûts utilisées pour notifier les ressources en uranium en vue de l'établissement du Livre rouge sont : moins de 80 USD/kg d'U, de 80 à 130 USD/kg d'U et plus de 130 USD/kg d'U. Des ressources classiques coûteuses récupérables à des coûts compris entre 130 et 260 USD/kg d'U ont également été signalées dans l'édition de 1983 du Livre rouge, mais cette tranche a depuis lors été abandonnée. Pour estimer les coûts de production en vue de répartir les ressources entre ces tranches de coûts, on a tenu compte des coûts directs afférents à l'extraction, au transport et au traitement du minerai d'uranium, soit :

- Le coût des activités connexes liées à l'environnement et à la gestion des déchets.
- Les coûts ayant trait à l'entretien des unités de production qui ne sont pas en service, le cas échéant.
- Le coût en capital afférent à la mise en place de nouvelles unités de production, le cas échéant.
- Les frais financiers, y compris tout coût non amorti, le cas échéant.
- Les coûts indirects, tels que les frais généraux du siège, les impôts et les redevances, le cas échéant.
- Les coûts futurs de prospection et de mise en valeur, chaque fois que ceux-ci seront nécessités par de nouveaux travaux de délimitation du gisement afin de parvenir au stade permettant d'extraire le minerai.

En général, les coûts amortis ne sont pas pris en considération.

Le tableau 6.6A récapitule le système de classification AEN/AIEA des ressources utilisé en 1983. Le tableau 6.7A établit une comparaison entre le système de classification AEN/AIEA de 1983 et d'autres grands systèmes de classification des ressources.

Depuis les modifications qui ont été introduites dans l'édition de 1983 du Livre rouge, seuls des changements mineurs ont été apportés à la terminologie et aux définitions AEN/AIEA des ressources. En 2003, cependant, une nouvelle tranche à bas coût, celle des ressources récupérables à moins de 40 USD/kg d'U a été introduite afin de refléter une tranche de coût plus en rapport avec les prix en vigueur sur le marché de l'uranium. Le tableau 6.8A présente le système AEN/AIEA de classification de ressources de 2003. Le tableau 6.9A illustre une corrélation entre les termes utilisés par les principaux systèmes mondiaux de classification des ressources extraite de l'édition de 2003 du Livre rouge.

Tableau 6.6A. Système de classification de l'AEN/AIEA – édition de 1983 du Livre rouge

<table>
<tr><td>Exploitables à des coûts 130-260 USD/kg d'U</td><td colspan="2">Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées I</td><td>Ressources supplémentaires estimées II</td><td>Ressources spéculatives</td></tr>
<tr><td>Exploitables à des coûts 80-130 USD/kg d'U</td><td colspan="2">Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées I</td><td>Ressources supplémentaires estimées II</td><td rowspan="2">Ressources spéculatives</td></tr>
<tr><td>Exploitables à des coûts >80 USD/kg d'U</td><td colspan="2">Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées I</td><td>Ressources supplémentaires estimées II</td></tr>
</table>

Tableau 6.7A. Corrélation entre les catégories de ressources définies plus haut et d'autres systèmes de classification

<table>
<tr><td>AEN/AIEA</td><td colspan="2">raisonnablement assurées</td><td>supplémentaires estimées I</td><td>supplémentaires estimées II</td><td>spéculatives</td></tr>
<tr><td>Afrique du Sud</td><td colspan="2">raisonnablement assurées</td><td>supplémentaires estimées I</td><td>supplémentaires estimées II</td><td></td></tr>
<tr><td>Australie</td><td colspan="2">raisonnablement assurées</td><td>supplémentaires estimées</td><td colspan="2">non découvertes</td></tr>
<tr><td>Canada (EMR)</td><td>mesurées</td><td>indiquées</td><td>présumées</td><td>conjoncturelles</td><td>spéculatives</td></tr>
<tr><td>France</td><td>réserves I</td><td>réserves II</td><td>projections I</td><td>projections II</td><td></td></tr>
<tr><td>États-Unis (DOE)</td><td colspan="2">réserves</td><td colspan="2">ressources potentielles probables</td><td>ressources potentielles possibles et hypothétiques</td></tr>
</table>

Tableau 6.8A. Système de classification de l'AEN/AIEA – édition de 2003 du Livre rouge

<table>
<tr><td>Exploitables à des coûts 80-130 USD/kg d'U</td><td colspan="2">Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées I</td><td>Ressources supplémentaires estimées II</td><td rowspan="3">Ressources spéculatives</td></tr>
<tr><td>Exploitables à des coûts 40-80 USD/kg d'U</td><td colspan="2">Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées I</td><td rowspan="2">Ressources supplémentaires estimées II</td></tr>
<tr><td>Exploitables à des coûts >40 USD/kg d'U</td><td colspan="2">Ressources raisonnablement assurées</td><td>Ressources supplémentaires estimées I</td></tr>
</table>

Dans l'édition de 2005 du Livre rouge, les intitulés des catégories de ressources ont été modifiés afin de les rendre plus conformes à ceux des principaux systèmes en usage et de les rendre compatibles avec celles de l'UNFC en vue d'une éventuelle harmonisation. La catégorie RSE-I a été rebaptisée *ressources présumées* et celle des RSE-II *ressources pronostiquées*. Les définitions ont été laissées inchangées.

Tableau 6.9A. Corrélation approximative des termes utilisés dans les principaux systèmes de classification des ressources – édition de 2003 du Livre rouge

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">Ressources classiques connues</td><td colspan="3">Ressources classiques non découvertes</td></tr>
<tr><td>AEN/AIEA</td><td colspan="2">raisonnablement assurées</td><td>supplémentaires estimées I</td><td>supplémentaires estimées II</td><td colspan="2">spéculatives</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Australie</td><td colspan="2">démontrées</td><td rowspan="2">présumées</td><td colspan="3" rowspan="2">non découvertes</td></tr>
<tr><td>mesurées</td><td>indiquées</td></tr>
<tr><td>Canada (NRCan)</td><td>mesurées</td><td>indiquées</td><td>présumées</td><td>pronostiquées</td><td colspan="2">spéculatives</td></tr>
<tr><td>États-Unis (DOE)</td><td colspan="2">raisonnablement assurées</td><td colspan="2">supplémentaires estimées</td><td colspan="2">spéculatives</td></tr>
<tr><td>Russie, Féd. de, Kazakhstan, Ouzbékistan Ukraine</td><td>A + B</td><td>C 1</td><td>C 2</td><td>P 1</td><td>P 2</td><td>P 3</td></tr>
<tr><td>UNFC*</td><td colspan="2">EF 1</td><td>EF 2</td><td>EF 3</td><td colspan="2">EF 4</td></tr>
</table>

* UNFC = Classification internationale cadre des Nations-Unies pour les réserves/ressources : combustibles solides et produits minéraux. La corrélation entre l'UNFC et les système de classification de l'AEN/AIEA et nationaux était encore à l'étude, lorsqu'elle a été ajoutée à l'édition de 2003 du Livre rouge.

Annexe 6.2

ÉVOLUTION DES RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Date de publication	<26 USD/kg d'U (5-10 USD/livre d'U_3O_8)	26-39 USD/kg d'U (10-15 USD/livre d'U_3O_8)	<40 USD/kg d'U (<15 USD/livre d'U_3O_8)	40-80 USD/kg d'U (15-30 USD/livre d'U_3O_8)
1965	494	527	1 021	> 430
1967	539	496	1 035	556
1969	539	–	–	–
1970	645	578	1 223	–
1973	866	680	1 546	–
1976	–	–	1 080	730
1977	–	–	–	–
1979	–	–	–	–
1982	–	–	–	–
1983	–	–	–	–
1986	–	–	–	–
1988	–	–	–	–
1989	–	–	–	–
1991	–	–	–	–
1993	–	–	–	–
1995	–	–	> 544	> 426 a
1997	–	–	> 666	> 555 a
1999	–	–	> 916	> 531 a
2001	–	–	> 1 534	> 557 a
2003	–	–	1 731	> 575 a

Date de publication	<80 USD/kg d'U (<30 USD/livre d'U_3O_8)	80-130 USD/kg d'U (30-50 USD/livre d'U_3O_8)	<130 USD/kg d'U (<50 USD/livre d'U_3O_8)	130-260 USD/kg d'U (50-100 USD/livre d'U_3O_8)	<260 USD/kg d'U (<100 USD/livre d'U_3O_8)
1965	> 1 451	–	> 1 451	–	–
1967	1 590	–	1 590	–	–
1969	–	–	–	–	–
1970	1 223	–	–	–	–
1973	1 546	–	1 546	–	–
1976	1 810	–	1 810	–	–
1977	1 650	540	2 190	–	–
1979	1 850	740	2 590	–	–
1982	1 747	546	2 293	–	–
1983	1 425 a	575 a	2 000 a	–	–
1986	1 609 a	641 a	2 250 a	> 417	2 667
1988	1 555 a	678 a	2 233 a	–	–
1989	1 546 a	655 a	2 201 a	> 400	2 601
1991	1 389 a	610 a	1 999 a	–	–
1993	1 424 a	659 a	2 038 a	–	–
1995	2 124 a	827 a	2 951 a	–	–
1997	2 340 a	718 a	3 220 a	–	–
1999	2 270 a	660 a	2 964 a	–	–
2001	2 242 a	590 a	2 853 a	–	–
2003	2 458 a	662 a	3 169 a	–	–

Notes :

– Sans objet.

* De 1965 à 1993, uniquement ressources du MEM. À partir de 1995, les ressources du monde entier ont progressivement été notifiées.

a) Total corrigé. Depuis 1983, les RRA indiquées correspondent aux ressources récupérables (déduction faite des pertes en cours d'extraction et de traitement).

Annexe 6.3

ÉVOLUTION DES RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES PAR PAYS (1965-2003) (en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge	1965		1967		1970		1973	
Pays	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<40 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<40 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	107,8	–	250,3	–	196,4	–	264,0	–
Algérie								
Allemagne	NA	–	NA	–	NA	–	NA	–
Angola			11,6	–				
Argentine	7,7	–	27,0	–	16,2	–	16,9	–
Australie	14,8	–	14,9	–	23,8	–	100,5	–
Autriche			20,0	–				
Botswana								
Brésil					0,8	–	0,7	–
Bulgarie								
Canada	338,8	–	331,1	–	278,7	–	307,0	–
Chili								
Chine								
Congo / Zaïre	4,6	–	4,6	–			1,8	–
Danemark (Groënland)	3,9	–	3,9	–	3,9	–	5,6	–
Espagne	8,5	–	23,1	–	16,2	–	16,2	–
États-Unis	396,6	–	500,5	–	300,3	–	400,0	–
Finlande							1,3	–
France	32,3	–	38,5	–	41,6	–	56,6	–
Gabon	3,9	–	3,1	–	10,4	–	20,0	–
Grèce								
Hongrie								
Inde	12,7	–	20,8	–	2,3	–	2,3	–
Indonésie								
Iran, rép. islamique d'								
Italie	NA	–	24,2	–	1,2	–	1,2	–
Japon	2,0	–	3,1	–	5,5	–	7,0	–
Kazakhstan								
Malawi								
Maroc	19,3	–	19,3	–				
Mexique					1,9	–	1,9	–
Mongolie								
Namibie								
Niger	19,3	–	30,0	–	50,0	–		
Ouzbékistan								
Pérou								
Philippines								
Portugal	5,4	–	16,2	–	7,4	–	7,4	–
Rép. centrafricaine					8,0	–	8,0	–
Rép. de Corée								
Rép. tchèque								
Roumanie								
Royaume-Uni								
Russie, Fédération de								
Slovénie / Yougoslavie	NA	–	NA	–	NA	–	6,0	–
Somalie								
Suède	385,0	–	385,0	–	269,5	–	270,0	–
Thaïlande								
Turquie	NA	–	NA	–	NA	–	2,7	–
Ukraine								
Vietnam								
Zimbabwe								
Total	**1 343,1**	**–**	**1 716,2**	**–**	**1 214,0**	**–**	**1 547,1**	**–**
Total corrigé (a)								

Annexe 6.3 (suite 2/5)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES PAR PAYS (1965-2003) (en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge	1976		1977		1979		1982	
Pays	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	276,0	–	306,0	348,0	247,0	391,0	247,0	356,0
Algérie	28,0	–	28,0	28,0	28,0	28,0	26,0	26,0
Allemagne	1,0	–	1,5	2,0	4,0	4,5	1,0	5,0
Angola								
Argentine	20,6	–	17,8	41,8	23,0	28,1	25,0	30,3
Australie	243,0	–	289,0	296,0	290,0	299,0	294,0	317,0
Autriche			1,8	1,8	1,8	1,8	0,0	0,3
Botswana					0,0	0,4		
Brésil	10,4	–	18,2	18,2	74,2	74,2	119,1	119,1
Bulgarie								
Canada	166,0	–	167,0	182,0	215,0	235,0	230,0	258,0
Chili			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Chine								
Congo / Zaïre	1,8	–	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Danemark (Groënland)	6,0	–	0,0	5,8	0,0	27,0	0,0	27,0
Espagne	103,5	–	6,8	6,8	9,8	9,8	12,5	16,4
États-Unis	454,0	–	523,0	643,0	531,0	708,0	362,0	605,0
Finlande	1,9	–	1,3	3,2	0,0	2,7	0,0	3,4
France	55,0	–	37,0	51,8	39,6	55,3	59,3	74,9
Gabon	20,0	–	20,0	20,0	37,0	37,0	19,4	21,6
Grèce							1,4	5,4
Hongrie								
Inde	29,2	–	29,8	29,8	29,8	29,8	32,0	32,0
Indonésie								
Iran, rép. islamique d'								
Italie	1,2	–	1,2	1,2	0,0	1,2	0,0	2,4
Japon	7,7	–	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Kazakhstan								
Malawi								
Maroc								
Mexique	6,0	–	4,7	4,7	6,0	6,0	2,9	2,9
Mongolie								
Namibie					117,0	133,0	119,0	135,0
Niger	50,0	–	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0
Ouzbékistan								
Pérou								
Philippines			0,3	0,3	0,3	0,3		
Portugal	6,9	–	6,8	8,3	6,7	8,2	6,7	8,2
Rép. centrafricaine	8,0	–	8,0	8,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Rép. de Corée	2,4	–	0,0	3,0	0,0	4,4	0,0	11,0
Rép. tchèque								
Roumanie								
Royaume-Uni	1,8	–	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Russie, Fédération de								
Slovénie / Yougoslavie	6,5	–	4,5	6,5	4,5	6,5		
Somalie			0,0	6,2	0,0	6,6	0,0	6,6
Suède	300,0	–	1,0	301,0	0,0	301,0	0,0	38,0
Thaïlande								
Turquie	3,1	–	4,1	4,1	2,4	3,9	2,5	4,6
Ukraine								
Vietnam								
Zimbabwe								
Total	**1 810,0**	**–**	**1 647,3**	**2 191,0**	**1 854,6**	**2 446,6**	**1 747,3**	**2 293,6**
Total corrigé (a)								

Annexe 6.3 (suite 3/5)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES PAR PAYS (1965-2003) (en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge	1983		1986		1988		1989	
Pays	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	191,0	313,0	256,6	358,7	247,1	349,2	317,0	418,5
Algérie	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Allemagne	0,9	5,1	0,9	4,7	0,8	4,8	0,8	4,8
Angola								
Argentine	18,8	23,3	15,4	18,9	9,3	11,9	9,1	11,7
Australie	314,0	336,0	463,0	526,0	462,0	518,0	480,0	538,0
Autriche	0,0	0,3						
Botswana								
Brésil	*163,3*	*163,3*	*163,3*	*163,3*	*163,1*	*163,1*	*162,7*	*162,7*
Bulgarie								
Canada	176,0	185,0	155,0	214,0	153,0	249,0	139,0	235,0
Chili	*0,0*	*2,3*	0,0	0,0				
Chine								
Congo / Zaïre	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*
Danemark (Groënland)	0,0	27,0	0,0	27,0	0,0	27,0	0,0	27,0
Espagne	15,7	20,2	*26,7*	*32,9*	*26,7*	*32,9*	16,8	35,0
États-Unis	131,3	407,2	131,3	398,1	124,0	398,0	111,3	377,5
Finlande	*0,0*	*3,4*	*0,0*	*1,5*	*0,0*	*1,5*	*0,0*	*1,5*
France	56,2	67,5	56,0	67,1	53,8	65,2	46,7	58,9
Gabon	18,7	23,3	16,7	21,4	14,9	19,6	13,0	17,7
Grèce	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Hongrie								
Inde	31,7	42,6	35,1	46,1	34,7	45,7	41,1	47,3
Indonésie							*0,0*	*1,0*
Iran, rép. islamique d'								
Italie	2,9	2,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Japon	7,7	7,7	7,7	7,7	0,0	6,6	0,0	6,6
Kazakhstan								
Malawi								
Maroc								
Mexique	*2,9*	*2,9*	*4,5*	*7,7*	*4,5*	*7,7*	*4,5*	*7,7*
Mongolie								
Namibie	119,0	135,0	104,0	120,0	97,3	113,3	90,9	106,9
Niger	160,0	160,0	180,0	182,2	173,7	175,9	*173,7*	*175,9*
Ouzbékistan								
Pérou	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,0*	*1,5*	*0,0*	*1,8*
Philippines								
Portugal	6,7	8,2	6,8	8,2	7,1	8,5	7,3	8,7
Rép. centrafricaine	*18,0*	*18,0*	*8,0*	*16,0*	*8,0*	*16,0*	*8,0*	*16,0*
Rép. de Corée	0,0	10,0	0,0	10,0			*0,0*	*11,8*
Rép. tchèque								
Roumanie								
Royaume-Uni								
Russie, Fédération de								
Slovénie / Yougoslavie								
Somalie	*0,0*	*6,6*	*0,0*	*6,6*	*0,0*	*6,6*	*0,0*	*6,6*
Suède	2,0	39,0	2,0	39,0	2,0	39,0	2,0	4,0
Thaïlande								
Turquie	*2,5*	*4,6*	*2,1*	*3,9*	*0,0*	*3,9*	*0,0*	*3,9*
Ukraine								
Vietnam								
Zimbabwe								
Total	**1 468,0**	**2 043,1**	**1 668,6**	**2 314,5**	**1 614,9**	**2 297,8**	**1 656,8**	**2 319,3**
Total corrigé (a)	**1 425,0**	**2 000,0**	**1 609,0**	**2 250,0**	**1 555,0**	**2 233,0**	**1 546,0**	**2 201,0**

Annexe 6.3 (suite 4/5)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES PAR PAYS (1965-2003) (en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge	1991		1993		1995		1997	
Pays	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	247,6	344,4	144,4	240,8	204,7	258,6	218,3	269,8
Algérie	*26,0*	*26,0*	*26,0*	*26,0*	*26,0*	*26,0*	*26,0*	*26,0*
Allemagne	0,6	4,6	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0
Angola								
Argentine	8,7	10,9	4,6	7,3	3,4	5,7	4,6	8,8
Australie	469,0	529,0	462,0	517,0	633,0	710,0	622,0	715,0
Autriche								
Botswana								
Brésil	*162,0*	*162,0*	*162,0*	*162,0*	*162,0*	*162,0*	*162,0*	*162,0*
Bulgarie					*7,9*	*7,9*	*7,8*	*7,8*
Canada	146,0	214,0	277,0	397,0	270,0	381,0	331,0	331,0
Chili								
Chine								
Congo / Zaïre	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*
Danemark (Groënland)	0,0	27,0	0,0	27,0	0,0	27,0	0,0	27,0
Espagne	17,9	39,0	17,9	39,0	9,2	11,5	4,7	12,2
États-Unis	101,9	356,0	114,0	369,0	113,0	366,0	110,0	361,0
Finlande	*0,0*	*1,5*	*0,0*	*1,5*	*0,0*	*1,5*	*0,0*	*1,5*
France	23,8	39,5	19,9	33,7	16,0	25,0	13,5	22,4
Gabon	11,0	15,7	9,8	14,4	10,0	10,0	6,0	6,0
Grèce	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0
Hongrie	*1,6*	*3,1*	0,6	1,1	0,4	0,7	*0,4*	*0,4*
Inde							*NA*	*52,1*
Indonésie	*4,3*	*4,3*	*0,0*	*5,4*	*0,0*	*6,3*	*0,0*	*6,3*
Iran, rép. islamique d'								
Italie	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Japon	0,0	6,6	0,0	6,6	0,0	6,6	0,0	6,6
Kazakhstan					*439,5*	*598,7*	*439,2*	*601,3*
Malawi								
Maroc								
Mexique	*0,0*	*1,7*	*0,0*	*1,7*	*0,0*	*1,7*	*0,0*	*1,7*
Mongolie					*62,0*	*62,0*	*61,6*	*61,6*
Namibie	84,8	100,8	80,6	96,6	160,6	191,8	156,1	187,4
Niger	*166,1*	*172,7*	*159,2*	*165,8*	57,4	87,1	70,0	70,0
Ouzbékistan							66,2	83,7
Pérou	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*
Philippines								
Portugal	7,3	8,7	7,3	8,7	7,3	8,9	7,3	8,9
Rép. centrafricaine	*8,0*	*16,0*	*8,0*	*16,0*	*8,0*	*16,0*	*8,0*	*16,0*
Rép. de Corée	*0,0*	*11,8*	*0,0*	*11,8*	*0,0*	*11,8*		
Rép. tchèque			15,9	22,3	11,8	31,2	6,6	30,2
Roumanie					0,0	5,5	0,0	6,9
Royaume-Uni			0,0	0,0				
Russie, Fédération de							*145,0*	*145,0*
Slovénie / Yougoslavie	0,0	0,9	0,0	1,8	0,0	1,8	2,2	2,2
Somalie	*0,0*	*6,6*	*0,0*	*6,6*	*0,0*	*6,6*	*0,0*	*6,6*
Suède	2,0	4,0	2,0	4,0	0,0	4,0	0,0	4,0
Thaïlande			0,0	0,0				
Turquie	*0,0*	*9,1*	*9,1*	*9,1*	*9,1*	*9,1*	*9,1*	*9,1*
Ukraine					*42,6*	*81,0*	*45,6*	*84,0*
Vietnam							NA	1,3
Zimbabwe	1,8	1,8	1,8	1,8	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*
Total	**1 499,0**	**2 126,4**	**1 530,7**	**2 205,8**	**2 265,1**	**3 137,1**	**2 534,4**	**3 349,9**
Total corrigé (a)	**1 389,0**	**1 999,0**	**1 424,0**	**2 083,0**	**2 124,0**	**2 951,0**	**2 340,0**	**3 220,0**

ÉVOLUTION DES RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES PAR PAYS (1965-2003) (en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge	1999		2001		2003	
Pays	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	232,9	292,8	231,1	291,0	231,7	315,3
Algérie	*26,0*	*26,0*	*26,0*	*26,0*	19,5	19,5
Allemagne	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0
Angola						
Argentine	5,2	7,5	5,1	7,1	4,9	7,1
Australie	607,0	716,0	667,0	697,0	702,0	735,0
Autriche						
Botswana						
Brésil	*162,0*	*162,0*	*162,0*	*162,0*	86,2	86,2
Bulgarie	*7,8*	*7,8*	*7,8*	*7,8*	5,9	5,9
Canada	326,4	326,4	314,6	314,6	333,8	333,8
Chili					NA	0,6
Chine					35,1	35,1
Congo / Zaïre	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	1,4	1,4
Danemark (Groënland)	0,0	27,0	0,0	27,0	0 0	20,3
Espagne	3,1	6,7	2,5	4,9	2,5	4,9
États-Unis	106,0	355,0	104,0	348,0	102,0	345,0
Finlande	*0,0*	*1,5*	*0,0*	*1,5*	0,0	1,1
France	12,5	14,2	0,2	0,2	0,0	0,0
Gabon	4,8	4,8	4,8	4,8	0,0	4,8
Grèce	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Hongrie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Inde	NA	NA	NA	NA	NA	41,0
Indonésie	*0,0*	*6,3*	*0,0*	*6,8*	0,3	4,6
Iran, rép. islamique d'	*0,0*	*0,5*	*0,0*	*0,5*	0,0	0,4
Italie	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Japon	0,0	6,6	0,0	6,6	0,0	6,6
Kazakhstan	*436,6*	*598,7*	*432,8*	*594,8*	384,6	530,5
Malawi	*11,7*	*11,7*	*11,7*	*11,7*	8,8	8,8
Maroc						
Mexique	*0,0*	*1,7*	*0,0*	*1,7*	0,0	1,3
Mongolie	*61,6*	*61,6*	*61,6*	*61,6*	46,2	46,2
Namibie	149,3	180,5	*143,9*	*175,1*	139,3	170,5
Niger	71,1	71,1	*29,6*	*29,6*	102,2	102,2
Ouzbékistan	65,6	83,1	*90,1*	*115,4*	61,5	79,6
Pérou	*1,8*	*1,8*	*1,8*	*1,8*	1,2	1,2
Philippines						
Portugal	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Rép. centrafricaine	*8,0*	*16,0*	*8,0*	*16,0*	6,0	12,0
Rép. de Corée					0,0	0,0
Rép. tchèque	4,1	7,0	2,4	2,4	0,8	0,8
Roumanie	0,0	6,6	0,0	4,6	0,0	3,3
Royaume-Uni						
Russie, Fédération de	*140,9*	*140,9*	*138,0*	*138,0*	124,1	143,0
Slovénie / Yougoslavie	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Somalie	*0,0*	*6,6*	*0,0*	*6,6*	0,0	5,0
Suède	0,0	4,0	0,0	4,0	0,0	4,0
Thaïlande	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turquie	*9,1*	*9,1*	*9,1*	*9,1*	6,8	6,8
Ukraine	*42,6*	*81,0*	*42,6*	*81,0*	34,6	64,7
Vietnam	*0,0*	*1,3*	*0,0*	*1,3*	0,0	1,0
Zimbabwe	1,8	1,8	*1,8*	*1,8*	1,4	1,4
Total	**2 515,3**	**3 266,0**	**2 515,6**	**3 182,5**	**2 458,2**	**3 169,2**
Total corrigé (a)	**2 274,0**	**2 964,0**	**2 242,5**	**2 853,3**	**2 458,2**	**3 169,2**

Notes :

* Les nombres en *italiques* correspondent à des ressources *in situ*, compte non tenu des pertes en cours d'extraction et de traitement.

(a) Total corrigé par le Secrétariat pour tenir compte des pertes en cours d'extraction et de traitement.

NA = Non disponible.

– = Sans objet.

Annexe 6.4

ÉVOLUTION DES RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES ET DES RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES CATÉGORIE I (1965-2003) (en milliers de t d'U)

Date de publication	<26 USD/kg d'U	26-39 USD/kg d'U	<40 USD/kg d'U	40-80 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U
	5-10 USD/livre d'U_3O_8	10-15 USD/livre d'U_3O_8	<15 USD/livre d'U_3O_8	15-30 USD/livre d'U_3O_8	<30 USD/livre d'U_3O_8
1965	524	387	911	847	1 758
1967	552	428	980	1 081	2 061
1969	pas d'estimations de RSE dans toutes les tranches de coût				
1970	677	660	1 337	–	1 337
1973	1 191	821	2 012	–	2 012
1976	–	1 000	1 000	680	1 680
1977	–	–	–	–	1 510
1979	–	–	–	–	1 480
1982	–	–	–	–	1 605
1983	–	–	–	–	885
1986	–	–	–	–	897
1988	–	–	–	–	891
1989	–	–	–	–	773
1991	–	–	–	–	791
1993	–	–	–	–	670
1995	–	–	> 204	> 191	637
1997	–	–	> 257	> 158	745
1999	–	–	> 338	> 145	728
2001	–	–	> 552	> 187	865
2003	–	–	793	275	1 079

Date de publication	80-130 USD/kg d'U	<103 USD/kg d'U	130-260 USD/kg d'U	<260 USD/kg d'U
	30-50 USD/livre d'U_3O_8	<50 USD/livre d'U_3O_8	50-100 USD/livre d'U_3O_8	<100 USD/livre d'U_3O_8
1965	–	1 758	–	–
1967	–	2 061	–	–
1969	pas d'estimations de RSE dans toutes les tranches de coût			
1970	–	> 1 337	–	–
1973	–	> 2 012	–	–
1976	–	1 680	–	–
1977	590	2 100	–	–
1979	970	2 450	–	–
1982	1 115	2 720	–	–
1983	305	1 190	–	–
1986	406	1 303	444	1 747
1988	425	1 316	–	–
1989	391	1 164	185	1 349
1991	335	1 126	–	–
1993	296	966	–	–
1995	263	900	–	–
1997	244	1 079	–	–
1999	250	990	–	–
2001	225	1 080	–	–
2003	321	1 419	–	–

Notes :

* En 1983, les ressources supplémentaires estimées ont été subdivisées en catégorie I et catégorie II (RSE-I et RSE-II). Depuis 1983, les RSE-I indiquées correspondent à des ressources récupérables (déduction faite des pertes en cours d'extraction et de traitement).

– Sans objet.

Annexe 6.5

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES (RSE) (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge Pays	1965		1967		1970	
	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<40 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	*NA*	–	*92,4*	–	*38,45*	–
Algérie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Allemagne	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Angola	*11,55*	–	*11,55*	–	*11,55*	–
Argentine	*20,79*	–	*97,02*	–	*42,4*	–
Australie	*NA*	–	*3,39*	–	*9,335*	–
Autriche	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Bolivie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Botswana	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Brésil (a)	*NA*	–	*NA*	–	*0,8*	–
Bulgarie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Cameroun	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Canada	*508,2*	–	*585,2*	–	*307,9*	–
Chili	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Chine	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Congo / Zaïre	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Danemark (Groënland)	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Égypte	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Espagne (b)	*223,3*	–	*215,6*	–	*NA*	–
États-Unis (c)	*743,05*	–	*762,3*	–	*621*	–
Finlande	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
France	*29,26*	–	*23,1*	–	*30,935*	–
Gabon	*NA*	–	*2,7*	–	*10*	–
Grèce	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Hongrie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Inde	*NA*	–	*47,74*	–	*0,77*	–
Indonésie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Iran, rép. islamique d'	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Italie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Japon	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Kazakhstan	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Madagascar	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Malawi	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Maroc	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Mexique	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Mongolie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Namibie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Niger	*NA*	–	*10,1*	–	*39*	–
Ouzbékistan	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Pérou	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Philippines	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Portugal	*14,63*	–	*21,56*	–	*17,55*	–
Rép. centrafricaine	*NA*	–	*NA*	–	*8*	–
Rép. de Corée	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Rép. tchèque	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Roumanie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Royaume-Uni	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Russie, Fédération de	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Slovénie / Yougoslavie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Somalie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Suède	*192,5*	–	*192,5*	–	*38,5*	–
Thaïlande	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Turquie	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Ukraine	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Vietnam	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Zimbabwe	*NA*	–	*NA*	–	*NA*	–
Total	**1 743**	**–**	**2 065**	**–**	**1 176**	**–**
Total corrigé (d)	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**

Annexe 6.5 (suite 2/7)

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES (RSE) (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge Pays	1973		1976		1977	
	<40 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	*34*	–	74	–	34	72
Algérie	*NA*	–	NA	–	50	50
Allemagne	*NA*	–	4	–	3	3,5
Angola	*13*	–	NA	–	NA	NA
Argentine	*37*	–	39	–	0	0
Australie	*107,5*	–	80	–	44	49
Autriche	*NA*	–	NA	–	0	0
Bolivie	*NA*	–	NA	–	0	0,5
Botswana	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Brésil (a)	*72,5*	–	8,8	–	8,2	8,2
Bulgarie	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Cameroun	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Canada	*409*	–	419	–	392	656
Chili	*NA*	–	NA	–	5,1	5,1
Chine	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Congo / Zaïre	*1,7*	–	1,7	–	1,7	1,7
Danemark (Groënland)	*10*	–	10	–	0	8,7
Égypte	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Espagne (b)	*NA*	–	106,8	–	8,5	8,5
États-Unis (c)	*839*	–	812	–	838	1 053
Finlande	*NA*	–	NA	–	0	0
France	*49,3*	–	40	–	24,1	44,1
Gabon	*10*	–	10	–	5	10
Grèce	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Hongrie	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Inde	*0,8*	–	23,3	–	23,7	23,7
Indonésie	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Iran, rép. islamique d'	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Italie	*NA*	–	1	–	1	1
Japon	*NA*	–	NA	–	0	0
Kazakhstan	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Madagascar	*NA*	–	NA	–	0	2
Malawi	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Maroc	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Mexique	*NA*	–	NA	–	*2,4*	*2,4*
Mongolie	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Namibie	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Niger	*30*	–	30	–	53	53
Ouzbékistan	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Pérou	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Philippines	*NA*	–	NA	–	0	0
Portugal	*15,9*	–	NA	–	0,9	0,9
Rép. centrafricaine	*8*	–	8	–	8	8
Rép. de Corée	*NA*	–	NA	–	0	0
Rép. tchèque	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Roumanie	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Royaume-Uni	*NA*	–	4	–	0	7,4
Russie, Fédération de	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Slovénie / Yougoslavie	*10*	–	15,2	–	5	20,5
Somalie	*NA*	–	NA	–	0	3,4
Suède	*40*	–	NA	–	3	3
Thaïlande	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Turquie	*NA*	–	0,4	–	0	0
Ukraine	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Vietnam	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Zimbabwe	*NA*	–	NA	–	NA	NA
Total	**1 688**	**–**	**1 687**	**–**	**1 511**	**2 096**
Total corrigé (d)	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**

Annexe 6.5 (suite 3/7)

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES (RSE) (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge Pays	1979		1982		1983	
	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	54	139	84	175	99	147
Algérie	0	5,5	0	0	NA	NA
Allemagne	7	7,5	1,5	8,5	1,3	8,2
Angola	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Argentine	3,8	9,1	3,8	13,4	7	7
Australie	47	53	264	285	369	394
Autriche	0	0	0,7	1,7	0,7	1,7
Bolivie	0	0,5	NA	NA	NA	NA
Botswana	0	0	NA	NA	NA	NA
Brésil (a)	90,1	90,1	81,2	81,2	*92,4*	*92,4*
Bulgarie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cameroun	NA	NA	NA	NA	0	1,2
Canada	370	728	358	760	181	229
Chili	5,1	5,1	0	6,7	0	*2,3*
Chine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Congo / Zaïre	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Danemark (Groënland)	0	16	0	16	0	16
Égypte	0	5	0	5	0	5
Espagne (b)	8,5	8,5	8,5	8,5	5	5
États-Unis (c)	773	1 158	681	1 097	30,4	82,6
Finlande	0	0,5	0	0	NA	NA
France	26,2	46,2	28,4	46,5	26,6	32,85
Gabon	0	0	0	9,9	1,3	9,6
Grèce	NA	NA	2	7,3	6	6
Hongrie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Inde	0,9	23,7	0,9	25,1	4,8	19,3
Indonésie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Iran, rép. islamique d'	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Italie	0	2	0	2	NA	NA
Japon	0	0	0	0	NA	NA
Kazakhstan	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Madagascar	0	2	NA	NA	NA	NA
Malawi	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Maroc	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mexique	*2,4*	*2,4*	*3,5*	*6,1*	*3,5*	*6,1*
Mongolie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Namibie	30	53	30	53	30	53
Niger	53	53	53	53	53	53
Ouzbékistan	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pérou	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Philippines	0	0	NA	NA	NA	NA
Portugal	2,5	2,5	2,5	2,5	1	1
Rép. centrafricaine	0	0	0	0	NA	NA
Rép. de Corée	0	0	NA	NA	NA	NA
Rép. tchèque	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Roumanie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Royaume-Uni	0	7,4	0	7,4	NA	NA
Russie, Fédération de	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Slovénie / Yougoslavie	5	20,5	NA	NA	NA	NA
Somalie	0	*3,4*	0	*3,4*	0	*3,4*
Suède	0	3	0	44	0,3	43,3
Thaïlande	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Turquie	0	0	0	0	NA	NA
Ukraine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vietnam	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Zimbabwe	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**1 480**	**2 447**	**1 605**	**2 720**	**914**	**1 221**
Total corrigé (d)	–	–	–	–	**885**	**1 190**

Annexe 6.5 (suite 4/7)

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES (RSE) (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge Pays	1986		1988		1989	
	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	97,5	124,6	97,5	124,6	72,6	110,2
Algérie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Allemagne	1,6	7,3	1,6	7,3	1,6	7,3
Angola	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Argentine	7,7	7,9	0,8	3,9	0,84	3,98
Australie	251	377	257	384	262	393
Autriche	0,7	1,7	0,7	1,7	0,7	1,7
Bolivie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Botswana	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Brésil (a)	*92,39*	*92,39*	*92,39*	*92,39*	*92,39*	*92,39*
Bulgarie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cameroun	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Canada	105	197	112	211	109	204
Chili	NA	*0,3*	0	*0,3*	0	*0,3*
Chine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Congo / Zaïre	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Danemark (Groënland)	NA	16	0	16	0	16
Égypte	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Espagne (b)	*9*	*9*	*9*	*9*	0	9
États-Unis (c)	*	*	*	*	*	*
Finlande	NA	2,9	0	2,9	NA	NA
France	26,83	45,17	21,19	38,07	20	36
Gabon	1,3	9,6	1,3	9,6	1,3	9,6
Grèce	6	6	6	6	6	6
Hongrie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Inde	2,12	16,61	2,12	16,61	4,08	17,32
Indonésie	NA	NA	0	*7,31*	0	*6,7*
Iran, rép. islamique d'	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Italie	NA	1,3	0	1,3	0	1,3
Japon	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kazakhstan	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Madagascar	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Malawi	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Maroc	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mexique	NA	2,98	0	2,98	0	2,98
Mongolie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Namibie	30	53	30	53	30	53
Niger	283,6	300,3	283,6	300,3	*283,6*	*300,3*
Ouzbékistan	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pérou	*5*	*5*	0	*1,8*	0	*1,86*
Philippines	NA	NA	a	NA	NA	NA
Portugal	1,25	1,25	1,45	1,45	1,45	1,45
Rép. centrafricaine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Rép. de Corée	NA	NA	NA	NA	0	*3*
Rép. tchèque	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Roumanie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Royaume-Uni	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Russie, Fédération de	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Slovénie / Yougoslavie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Somalie	NA	*3,4*	0	*3,4*	0	*3,4*
Suède	2	46	1	46,3	1	6,3
Thaïlande	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Turquie	NA	*3,2*	0	*3,2*	0	*3,2*
Ukraine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vietnam	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Zimbabwe	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**925**	**1 332**	**919**	**1 346**	**888**	**1 292**
Total corrigé (d)	**897**	**1 303**	**891**	**1 316**	**773**	**1 164**

Annexe 6.5 (suite 5/7)

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES (RSE) (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge / Pays	1991		1993		1995	
	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	51,8	82,6	34,72	54,72	55,84	75,24
Algérie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Allemagne	1,6	7,3	0	4	0	4
Angola	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Argentine	0,54	2,49	2,3	2,6	2,1	3,25
Australie	264	390	272	394	154	194
Autriche	0,7	1,7	0,7	1,7	0,7	1,7
Bolivie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Botswana	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Brésil (a)	*94*	*94*	*94*	*94*	*100,2*	*100,2*
Bulgarie	NA	NA	NA	NA	*8,4*	*8,4*
Cameroun	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Canada	149	229	31	74	30	73
Chili	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Congo / Zaïre	*1,7*	*1,7*	1,7	1,7	1,7	1,7
Danemark (Groënland)	0	16	0	16	0	16
Égypte	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Espagne (b)	0	9	4,2	4,2	10,69	13,46
États-Unis (c)	*	*	*	*	*	*
Finlande	NA	NA	NA	NA	NA	NA
France	4,2	8,1	3,55	6,73	1,95	2,14
Gabon	1,3	9,6	1,3	9,6	5,86	5,86
Grèce	*6*	*6*	6	6	6	6
Hongrie	*9,1*	*18,25*	1,32	16,66	1,25	15,64
Inde	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Indonésie	NA	NA	0	*2,15*	NA	*1,67*
Iran, rép. islamique d'	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Italie	0	1,3	0	1,3	0	1,3
Japon	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kazakhstan	NA	NA	NA	NA	*195,9*	*259,3*
Madagascar	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Malawi	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Maroc	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mexique	0	*0,7*	0	*0,7*	0	*0,7*
Mongolie	NA	NA	NA	NA	*21*	*21*
Namibie	30	53	30	53	*90,82*	*107,52*
Niger	*295,77*	*305,77*	*295,77*	*305,77*	6	6
Ouzbékistan	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pérou	*1,72*	*1,86*	*1,72*	*1,86*	*1,86*	*1,86*
Philippines	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Portugal	*1,45*	*1,45*	1,45	1,45	1,45	1,45
Rép. centrafricaine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Rép. de Corée	0	*3*	0	*3*	0	*3*
Rép. tchèque	NA	NA	1,35	21,35	1,66	19,45
Roumanie	NA	NA	NA	NA	0	6,04
Royaume-Uni	NA	NA	0	0	NA	NA
Russie, Fédération de	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Slovénie / Yougoslavie	0	5	5	5	5	5
Somalie	0	*3,4*	0	*3,4*	0	*3,4*
Suède	1	6,3	1	6,3	0	6
Thaïlande	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Turquie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ukraine	NA	NA	NA	NA	*20*	*50*
Vietnam	0	0,2	0	*0,2*	*0,49*	*0,54*
Zimbabwe	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**914**	**1 258**	**789**	**1 091**	**723**	**1 015**
Total corrigé (d)	**791**	**1 126**	**670**	**966**	**637**	**900**

Annexe 6.5 (suite 6/7)

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES (RSE) (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge / Pays	1997		1999		2001	
	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	66,1	87,8	66,8	76,4	66,8	76,4
Algérie	*0,7*	*1,7*	*0,7*	*1,7*	NA	NA
Allemagne	0	4	0	4	0	4
Angola	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Argentine	0,9	3,11	2,38	2,45	2,38	8,56
Australie	136	180	147	194	196	233
Autriche	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Bolivie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Botswana	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Brésil (a)	*100,2*	*100,2*	*100,2*	*100,2*	*100,2*	*100,2*
Bulgarie	*8,4*	*8,4*	*8,4*	*8,4*	*8,4*	*8,4*
Cameroun	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Canada	99	99	106,59	106,59	122,39	122,39
Chili	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Congo / Zaïre	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Danemark (Groënland)	0	16	0	16	0	16
Égypte	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Espagne (b)	NA	8,19	0	7,54	0	6,38
États-Unis (c)	*	*	NA	NA	NA	NA
Finlande	NA	NA	NA	NA	NA	NA
France	1,21	1,4	0,55	0,55	0	11,74
Gabon	1	1	1	1	1	1
Grèce	6	6	6	6	6	6
Hongrie	0	*15,41*	0	*18,4*	0	*18,4*
Inde	NA	*24,25*	NA	NA	NA	NA
Indonésie	NA	*1,67*	NA	*1,67*	0	*1,7*
Iran, rép. islamique d'	NA	NA	NA	0,88	0	0,88
Italie	0	1,3	0	1,3	0	1,3
Japon	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kazakhstan	*195,9*	*259,3*	*195,6*	*259,3*	*195,9*	*259,3*
Madagascar	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Malawi	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Maroc	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mexique	0	*0,7*	0	*0,7*	0	*0,7*
Mongolie	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*
Namibie	*90,82*	*107,52*	*90,82*	*107,51*	*90,82*	*107,51*
Niger	1,2	1,2	0	18,58	*25,53*	*25,53*
Ouzbékistan	39,36	46,5	39,85	46,99	46,8	56,71
Pérou	*1,86*	*1,86*	*1,86*	*1,86*	*1,86*	*1,86*
Philippines	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Portugal	*1,45*	*1,45*	NA	*1,45*	0	*1,45*
Rép. centrafricaine	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Rép. de Corée	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Rép. tchèque	1,18	18,96	1,11	22,66	0,31	0,31
Roumanie	NA	8,95	NA	8,95	NA	4,69
Royaume-Uni	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Russie, Fédération de	*36,5*	*36,5*	*36,5*	*36,5*	*36,5*	*36,5*
Slovénie / Yougoslavie	5	10	5	10	5	10
Somalie	0	*3,4*	0	*3,4*	0	*3,4*
Suède	0	6	0	6	0	6
Thaïlande	NA	NA	NA	0,01	NA	0,01
Turquie	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ukraine	*17*	*47*	*20*	*50*	*20*	*50*
Vietnam	*0,49*	*6,74*	*0,49*	*6,74*	*1,1*	*6,74*
Zimbabwe	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**833**	**1 138**	**854**	**1 150**	**950**	**1 210**
Total corrigé (d)	**745**	**1 079**	**728**	**990**	**865**	**1 080**

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES (RSE) (1965-2003)
(en milliers de t d'U)

Édition Livre rouge Pays	2003	
	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U
Afrique du Sud	66,94	80,34
Algérie	NA	NA
Allemagne	0	4
Angola	NA	NA
Argentine	2,86	8,56
Australie	287	323
Autriche	NA	NA
Bolivie	NA	NA
Botswana	NA	NA
Brésil (a)	57,14	57,14
Bulgarie	6,3	6,3
Cameroun	NA	NA
Canada	104,71	104,71
Chili	NA	0,885
Chine	14,69	14,69
Congo / Zaïre	1,275	1,275
Danemark (Groënland)	0	12
Égypte	NA	NA
Espagne (b)	0	6,38
États-Unis (c)	NA	NA
Finlande	NA	NA
France	0	9,51
Gabon	0	1
Grèce	6	6
Hongrie	0	13,8
Inde	NA	18,935
Indonésie	0	1,155
Iran, rép. islamique d'	0	0,7
Italie	0	1,3
Japon	NA	NA
Kazakhstan	237,78	317,16
Madagascar	NA	NA
Malawi	NA	NA
Maroc	NA	NA
Mexique	0	0,525
Mongolie	15,75	15,75
Namibie	73,56	87,085
Niger	125,377	125,377
Ouzbékistan	31,76	38,84
Pérou	1,265	1,265
Philippines	NA	NA
Portugal	1,45	1,45
Rép. centrafricaine	NA	NA
Rép. de Corée	NA	NA
Rép. tchèque	0,09	0,09
Roumanie	0	3,608
Royaume-Uni	NA	NA
Russie, Fédération de	34,26	121,22
Slovénie / Yougoslavie	5	10
Somalie	0	2,55
Suède	0	6
Thaïlande	0	0,005
Turquie	NA	NA
Ukraine	4,735	11,41
Vietnam	0,82	5,435
Zimbabwe	NA	NA
Total	**1 079**	**1 419**
Total corrigé (d)	**1 079**	**1 419**

Notes :

Les nombres en *italiques* correspondent à des pertes *in situ*, compte non tenu des pertes en cours d'extraction et de traitement.

a) Le total de 1973 inclut des ressources non classiques associées aux phosphates.

b) Le total de 1967 inclut des ressources non classiques dans des lignites et des quartzites.

c) Le total de 1973 inclut des ressources non classiques associées aux phosphates.

d) Total corrigé par le Secrétariat pour tenir compte des pertes en cours d'extraction et de traitement.

NA = Non disponible.

– Sans objet.

Annexe 6.6

AUTRES RESSOURCES CONNUES (RESSOURCES NOTIFIÉES NE CORRESPONDANT PAS AUX DÉFINITIONS DES RRA ET DES RSE-I)

Date de publication	<80 USD/kg d'U	80-130 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	Non affectées à une tranche de coût	Total
	<30 USD/livre d'U_3O_8	30-50 USD/livre d'U_3O_8	<50 USD/livre d'U_3O_8		
1991	465	221	829	–	–
1993	718	–	1 021	395	1 436
1995	215	–	295	364	659

– Sans objet.

Annexe 6.7

RESSOURCES CLASSIQUES TOTALES CONNUES (RRA+RSE/RSE-I) (1965-2003) (en milliers de t d'U)

Date de publication	<26 USD/kg d'U	<40 USD/kg d'U	<80 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	<260 USD/kg d'U	Total (y compris non affectées à une tranche de coût)
	5-10 USD/ livre d'U_3O_8	<15 USD/ livre d'U_3O_8	<30 USD/ livre d'U_3O_8	<50 USD/ livre d'U_3O_8	<100 USD/ livre d'U_3O_8	
1965	1 018	1 932	3 209	3 209	3 209	–
1967	1 091	2 015	3 651	3 651	3 651	–
1970	1 322	2 563	–	–	–	–
1973	2 057	3 558	–	–	–	–
1976	–	2 080	3 490	3 490	–	–
1977	–	–	3 160	4 290	–	–
1979	–	–	3 330	5 040	–	–
1982	–	–	3 352	5 013	–	–
1983	–	–	2 310	3 190	–	–
1986	–	–	2 506	3 553	4 414	–
1988	–	–	2 446	3 549	–	–
1989	–	–	2 319	3 365	3 950	–
1991	–	–	2 645	3 954	–	–
1993	–	–	2 812	4 025	–	5 461
1995	–	> 748	2 976	4 146	–	4 805
1997	–	> 923	3 085	4 299	–	–
1999	–	> 1 254	2 998	3 954	–	–
2001	–	> 2 080	3 107	3 933	–	–
2003	–	2 524	3 537	4 588	–	–

– Sans objet.

Annexe 6.8

ÉVOLUTION DES RESSOURCES NON DÉCOUVERTES (1982-2003)

Date de publication	Ressources supplémentaires estimées – catégorie II (t d'U)					Ressources spéculatives (t d'U)	
	<80 USD/kg d'U	80-130 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	130-260 USD/kg d'U	<260 USD/kg d'U	<130 USD/kg d'U	Total (y compris non affectées à une tranche de coût)
	<30 USD/livre d'U_3O_8	30-50 USD/livre d'U_3O_8	<50 USD/livre d'U_3O_8	50-100 USD/livre d'U_3O_8	<100 USD/livre d'U_3O_8	<50 USD/livre d'U_3O_8	
1982	–	–	–	–	–	–	9 900-22 100**
1983	657	474	1 341	–	–	6 260-7 760	9 900-24 600**
1985	601	529	1 613	634	2 247	3 757-5 057	5 803-7 103
1987	663	536	1 681	–	–	3 033-4 333	6 364-7 664
1989	675	524	1 686	649	2 335	3 969-5 269	6 813-8 113
1991	1 304	792	2 108	–	–	4 850-6 150	9 662-10 962
1993	984	1 137	2 430	–	–	2 005	9 977-11 277
1995	1 404	–	2 448	–	–	3 796	8 479
1997	1 466	–	2 266	–	–	4 453	9 709
1999	1 460	–	2 295	–	–	3 043	9 164
2001	1 480	–	2 332	–	–	4 438	9 939
2003	1 475	–	2 255	–	–	4 437	7 539

– Sans objet.

* Les États-Unis ne dissociant pas les RSE-I des RSE-II, toutes les RSE ont été classées dans les RSE-II.

** Estimations du projet IUREP (Projet international d'évaluation des ressources en uranium).

Annexe 6.9

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 80 USD/kg d'U)

Afrique du Sud	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	108 000		250 000			204 000			264 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	–		92 000			31 000			34 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	> 108 000		342 000			235 000			298 000	
Production (t d'U)	2 262	2 530	3 080	2 985	3 080	3 167	3 220	3 197	2 735	2 711
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)			234 000			-107 000			63 000	
Variation des RCC + production (t d'U)			238 792			-97 855			72 584	

Afrique du Sud	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	276 000		306 000		247 000		247 000		191 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	74 000		34 000		54 000		84 000		99 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	350 000		340 000		301 000		331 000		290 000	
Production (t d'U)	2 488	2 758	3 360	3 961	4 797	6 146	6 131	5 816	6 060	5 732
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	52 000		-10 000		-39 000		30 000		-41 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	57 446		-4 754		-31 679		40 943		-29 053	

Afrique du Sud	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	257 000		247 000		317 000		248 000		144 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	98 000		98 000		73 000		52 000		35 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	355 000		345 000		390 000		300 000		179 000	
Production (t d'U)	4 880	4 602	3 963	3 800	2 943	2 460	1 712	1 669	1 699	1 671
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	65 000		-10 000		45 000		-90 000		-121 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	76 792		-518		52 763		-84 597		-117 619	

Afrique du Sud	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	205 000		218 000		233 000		231 000		232 000
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	56 000		66 000		67 000		67 000		67 000
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	261 000		284 000		300 000		298 000		299 000
Production (t d'U)	1 421	1 436	1 100	965	927	798	878	824	758
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	82 000		23 000		16 000		-2 000		1 000
Variation des RCC + production (t d'U)	85 370		25 857		18 065		-275		2 702

Annexe 6.9 (suite 2/7)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 80 USD/kg d'U)

Australie	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	14 800		11 500			23 800			100 500	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	–		3 100			9 500			107 500	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	> 14 800		14 600			33 300			208 000	
Production (t d'U)	285	166	166	165	254	254	0	0	0	0
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)			200			18 700			174 700	
Variation des RCC + production (t d'U)			651			19 285			174 954	

Australie	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	243 000		289 000		290 000		294 000		314 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	80 000		44 000		47 000		264 000		369 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	323 000		333 000		337 000		558 000		683 000	
Production (t d'U)	0	359	356	516	706	1 561	2 860	4 453	3 218	4 390
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	115 000		10 000		4 000		221 000		125 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	115 000		10 359		4 872		223 267		132 313	

Australie	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	463 000		462 000		480 000		469 000		462 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	251 000		257 000		262 000		264 000		272 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	714 000		719 000		742 000		733 000		734 000	
Production (t d'U)	3 252	4 154	3 780	3 534	3 657	3 519	3 759	2 318	2 238	2 200
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	31 000		5 000		23 000		-9 000		1 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	38 608		12 406		30 314		-1 824		7 077	

Australie	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	633 000		622 000		607 000		667 000		702 000
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	154 000		136 000		147 000		196 000		287 000
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	787 000		758 000		754 000		863 000		989 000
Production (t d'U)	3 700	4 959	5 479	4 894	5 984	7 579	7 720	6 854	7 573
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	53 000		-29 000		-4 000		109 000		126 000
Variation des RCC + production (t d'U)	57 438		-20 341		6 373		122 563		140 574

Annexe 6.9 (suite 3/7)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 80 USD/kg d'U)

Canada	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	339 000		331 000			279 000			307 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	508 000		585 000			308 000			409 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	847 000		916 000			587 000			716 000	
Production (t d'U)	3 418	3 025	3 234	3 200	3 430	3 520	3 830	4 000	3 710	3 420
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)			200			-329 000			129 000	
Variation des RCC + production (t d'U)			6 643			-319 136			140 350	

Canada	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	166 000		167 000		215 000		230 000		176 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	419 000		392 000		370 000		358 000		181 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	585 000		559 000		585 000		588 000		357 000	
Production (t d'U)	3 560	4 850	5 790	6 800	6 820	7 150	7 720	8 080	7 140	11 169
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-131 000		-26 000		26 000		3 000		-231 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	-123 870		-17 590		38 590		16 970		-215 200	

Canada	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	155 000		153 000		139 000		146 000		277 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	105 000		112 000		109 000		149 000		31 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	260 000		265 000		248 000		295 000		308 000	
Production (t d'U)	10 880	11 720	12 440	12 393	11 323	8 729	8 160	9 297	9 155	9 647
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-97 000		5 000		-17 000		47 000		13 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	-78 691		27 600		7 833		67 052		30 457	

Canada	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	270 000		331 000		326 000		315 000		334 000
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	30 000		99 000		107 000		122 000		105 000
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	300 000		430 000		433 000		437 000		439 000
Production (t d'U)	10 473	11 706	12 031	10 922	8 214	10 683	12 522	11 607	10 457
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-8 000		130 000		3 000		4 000		2 000
Variation des RCC + production (t d'U)	10 802		152 179		25 953		22 897		26 129

Annexe 6.9 (suite 4/7)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 80 USD/kg d'U)

États-Unis	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	289 000		293 000			300 000			400 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	512 000		743 000			624 000			769 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	801 000		1 036 000			924 000			1 169 000	
Production (t d'U)	8 033	8 146	8 657	9 515	8 931	9 928	9 442	9 924	10 182	8 868
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)			235 000			-112 000			245 000	
Variation des RCC + production (t d'U)			251 179			-84 897			274 294	

États-Unis	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	454 000		523 000		531 000		362 000		131 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	818 000		838 000		773 000		681 000		30 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	1 272 000		1 361 000		1 304 000		1 043 000		161 000	
Production (t d'U)	8 924	9 806	11 493	14 221	14 414	16 811	14 799	10 335	8 138	5 724
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	103 000		89 000		-57 000		-261 000		-882 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	122 050		107 730		-31 286		-229 775		-856 866	

États-Unis	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	131 000		124 000		111 000		102 000		114 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	0		0		0		0		0	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	131 000		124 000		111 000		102 000		114 000	
Production (t d'U)	4 352	5 195	4 997	5 050	5 324	3 420	3 060	2 171	1 178	1 289
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-30 000		-7 000		-13 000		-9 000		12 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	-16 138		2 547		-2 953		-256		17 231	

États-Unis	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	113 000		110 000		106 000		104 000		102 000
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	0		0		0		0		0
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	113 000		110 000		106 000		104 000		102 000
Production (t d'U)	2 324	2 431	2 170	1 810	1 773	1 522	1 015	902	769
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-1 000		-3 000		-4 000		-2 000		-2 000
Variation des RCC + production (t d'U)	1 467		1 755		-20		1 295		-83

Annexe 6.9 (suite 5/7)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 80 USD/kg d'U)

France	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	32 300		38 500			41 600			56 600	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	29 300		23 100			31 200			49 300	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	61 600		61 600			72 800			105 900	
Production (t d'U)	1 032	1 423	1 078	1 377	1 180	1 250	1 250	1 545	1 616	1 673
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)			0			11 200			33 100	
Variation des RCC + production (t d'U)			2 455			14 835			37 145	

France	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	55 000		37 000		39 600		59 300		56 200	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	40 000		24 100		26 200		28 400		26 600	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	95 000		61 100		65 800		87 700		82 800	
Production (t d'U)	1 731	1 871	2 097	2 183	2 362	2 634	2 552	2 859	3 271	3 168
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-10 900		-33 900		4 700		21 900		-4 900	
Variation des RCC + production (t d'U)	-7 611		-30 298		8 980		26 896		511	

France	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	56 000		53 800		46 700		23 800		19 900	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	26 800		21 200		20 000		4 200		3 600	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	82 800		75 000		66 700		28 000		23 500	
Production (t d'U)	3 189	3 248	3 376	3 394	3 241	2 841	2 477	2 149	1 730	1 053
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	0		-7 800		-8 300		-38 700		-4 500	
Variation des RCC + production (t d'U)	6 439		-1 363		-1 530		-32 618		126	

France	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	16 000		13 500		12 460		190		0
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	1 950		1 210		550		0		0
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	17 950		14 710		13 010		190		0
Production (t d'U)	1 016	930	572	452	416	296	184	18	0
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-5 550		-3 240		-1 700		-12 820		-190
Variation des RCC + production (t d'U)	-2 767		-1 294		-676		-12 108		12

Annexe 6.9 (suite 6/7)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 80 USD/kg d'U)

Namibie	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)										
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)										
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)										
Production (t d'U)										
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)										
Variation des RCC + production (t d'U)										

Namibie	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)					117 000		119 000		119 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)					30 000		30 000		30 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)					147 000		149 000		149 000	
Production (t d'U)		654	2 340	2 697	3 840	4 042	3 971	3 776	3 719	3 700
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)							2 000		0	
Variation des RCC + production (t d'U)							9 882		7 747	

Namibie	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	104 000		97 000		91 000		85 000		81 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	30 000		30 000		30 000		30 000		30 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	134 000		127 000		121 000		115 000		111 000	
Production (t d'U)	3 400	3 470	3 540	3 511	3 077	3 211	2 450	1 660	1 679	1 895
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-15 000		-7 000		-6 000		-6 000		-4 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	-7 581		-130		1 051		288		110	

Namibie	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	161 000		156 000		149 000		144 000		139 000
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	91 000		91 000		91 000		91 000		74 000
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	252 000		247 000		240 000		235 000		213 000
Production (t d'U)	2 016	2 447	2 905	2 780	2 690	2 715	2 239	2 333	2 036
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	141 000		-5 000		-7 000		-5 000		-22 000
Variation des RCC + production (t d'U)	144 574		-537		-1 315		405		-17 428

Annexe 6.9 (suite 7/7)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 80 USD/kg d'U)

Niger	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)			18 000			30 000			50 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)			10 000			39 000			30 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)			28 000			69 000			80 000	
Production (t d'U)							430	867	948	1 117
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)									11 000	
Variation des RCC + production (t d'U)									12 297	

Niger	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	50 000		160 000		160 000		160 000		160 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	30 000		53 000		53 000		53 000		53 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	80 000		213 000		213 000		213 000		213 000	
Production (t d'U)	1 306	1 460	1 609	2 060	3 620	4 120	4 363	4 259	3 426	3 276
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	0		133 000		0		0		0	
Variation des RCC + production (t d'U)	2 065		135 766		3 669		7 740		8 622	

Niger	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	180 000		174 000		174 000		166 000		159 000	
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	284 000		284 000		284 000		296 000		296 000	
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	464 000		458 000		458 000		462 000		455 000	
Production (t d'U)	3 181	3 110	2 970	2 965	2 962	2 839	2 963	2 965	2 914	2 975
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	251 000		-6 000		0		4 000		-7 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	257 702		291		5 935		9 801		-1 072	

Niger	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <80 USD/kg d'U (t d'U)	57 000		70 000		71 000		30 000		102 000
RSE-I <80 USD/kg d'U (t d'U)	6 000		1 000		0		26 000		125 000
RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	63 000		71 000		71 000		56 000		227 000
Production (t d'U)	2 974	3 329	3 487	3 714	2 907	2 914	2 919	3 080	3 150
Variation des RCC <80 USD/kg d'U (t d'U)	-392 000		8 000		0		-15 000		171 000
Variation des RCC + production (t d'U)	-386 111		14 303		7 201		-9 179		176 999

– Sans objet.

Annexe 6.10

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

Afrique du Sud	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	107 800		250 250			204 050			264 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–			–			–	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	107 800		250 250			204 050			264 000	
Production (t d'U)	2 262	2 530	3 080	2 985	3 080	3 167	3 220	3 197	2 735	2 711
Variation des estimations de ressources (t d'U)			142 450			-46 200			59 950	
Variation des RCC + production (t d'U)			147 242			-37 055			69 534	

Afrique du Sud	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	276 000		348 000		391 000		356 000		313 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		72 000		139 000		175 000		147 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	276 000		420 000		530 000		531 000		460 000	
Production (t d'U)	2 488	2 758	3 360	3 961	4 797	6 146	6 131	5 816	6 060	5 732
Variation des estimations de ressources (t d'U)	12 000		144 000		110 000		1 000		-71 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	17 446		149 246		117 321		11 943		-59 053	

Afrique du Sud	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	358 700		349 170		418 500		344 400		240 840	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	124 600		124 600		110 200		82 600		54 720	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	483 300		473 770		528 700		427 000		295 560	
Production (t d'U)	4 880	4 602	3 963	3 800	2 943	2 460	1 712	1 669	1 699	1 671
Variation des estimations de ressources (t d'U)	23 300		-9 530		54 930		-101 700		-131 440	
Variation des RCC + production (t d'U)	35 092		-48		62 693		-96 297		-128 059	

Afrique du Sud	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	258 560		269 800		292 800		291 000		315 330
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	75 240		87 800		76 400		76 400		80 340
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	333 800		357 600		369 200		367 400		395 670
Production (t d'U)	1 421	1 436	1 100	965	927	798	878	828	763
Variation des estimations de ressources (t d'U)	38 240		23 800		11 600		-1 800		28 270
Variation des RCC + production (t d'U)	41 610		26 657		13 665		-75		29 976

Annexe 6.10 (suite 2/8)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

Australie	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	14 800		11 500			23 800			100 500	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		3 100			9 500			107 500	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	14 800		14 600			33 300			208 000	
Production (t d'U)	285	166	166	165	254	254	0	0	0	0
Variation des estimations de ressources (t d'U)			-200			18 700			174 700	
Variation des RCC + production (t d'U)			251			19 119			174 954	

Australie	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	243 000		296 000		290 000		317 000		336 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	80 000		49 000		53 000		283 000		394 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	323 000		345 000		343 000		600 000		730 000	
Production (t d'U)	0	359	356	516	706	1 561	2 860	4 453	3 218	4 390
Variation des estimations de ressources (t d'U)	115 000		22 000		-2 000		257 000		130 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	115 000		22 359		-1 128		259 267		137 313	

Australie	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	526 000		518 000		538 000		529 000		517 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	377 000		384 000		393 000		390 000		394 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	903 000		902 000		931 000		919 000		911 000	
Production (t d'U)	3 252	4 154	3 780	3 534	3 657	3 519	3 759	2 318	2 238	2 200
Variation des estimations de ressources (t d'U)	173 000		-1 000		29 000		-12 000		-8 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	181 843		6 406		36 314		-4 824		-1 923	

Australie	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	710 000		715 000		716 000		697 000		735 000
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	194 000		180 000		194 000		233 000		323 000
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	904 000		895 000		910 000		930 000		1 058 000
Production (t d'U)	3 700	4 959	5 479	4 894	5 984	7 579	7 720	6 854	7 573
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-7 000		-9 000		15 000		20 000		128 000
Variation des RCC + production (t d'U)	-2 562		-341		25 373		33 563		142 574

Annexe 6.10 (suite 3/8)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

Brésil	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)						800			700	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)						800			2 500	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)						1 600			3 200	
Production (t d'U)										
Variation des estimations de ressources (t d'U)						1 600			1 600	
Variation des RCC + production (t d'U)						1 600			1 600	

Brésil	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	10 400		18 200		74 200		119 100		163 300	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	8 800		8 200		90 100		81 200		92 400	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	19 200		26 400		164 300		200 300		255 700	
Production (t d'U)							4	242	189	117
Variation des estimations de ressources (t d'U)	16 000		7 200		137 900		36 000		55 400	
Variation des RCC + production (t d'U)	16 000		7 200		137 900		36 000		55 646	

Brésil	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	163 280		163 050		162 710		162 000		162 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	92 390		92 390		92 000		94 000		94 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	255 670		255 440		254 710		256 000		256 000	
Production (t d'U)	115	115	0	18	35	5	0	0	24	106
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-30		-230		-730		1 290		0	
Variation des RCC + production (t d'U)	-30		0		-712		1 330		0	

Brésil	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	162 000		162 000		162 000		162 000		86 190
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	100 200		100 200		100 200		100 200		57 140
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	262 200		262 200		262 200		262 200		143 330
Production (t d'U)	106	0	0	0	0	11	58	272	230
Variation des estimations de ressources (t d'U)	6 200		0		0		0		-118 870
Variation des RCC + production (t d'U)	6 330		106		0		11		-118 540

Annexe 6.10 (suite 4/8)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

Canada	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	338 800		331 100			278 700			307 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	508 200		585 200			308 000			409 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	847 000		916 300			586 700			716 000	
Production (t d'U)	3 418	3 025	3 234	3 200	3 430	3 520	3 830	4 000	3 710	3 420
Variation des estimations de ressources (t d'U)			69 300			-329 600			129 300	
Variation des RCC + production (t d'U)			75 743			-319 736			142 630	

Canada	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	166 000		182 000		235 000		258 000		185 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	419 000		656 000		728 000		760 000		229 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	585 000		838 000		963 000		1 018 000		414 000	
Production (t d'U)	3 560	4 850	5 790	6 800	6 820	7 150	7 720	8 080	7 140	11 169
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-131 000		253 000		125 000		55 000		-604 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	-123 870		261 410		137 590		68 970		-588 200	

Canada	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	214 000		249 000		235 000		214 000		397 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	197 000		211 000		204 000		229 000		74 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	411 000		460 000		439 000		443 000		471 000	
Production (t d'U)	10 880	11 720	12 440	12 393	11 323	8 729	8 160	9 297	9 155	9 647
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-3 000		49 000		-21 000		4 000		28 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	15 309		71 600		3 833		24 052		45 457	

Canada	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	381 000		331 000		326 420		314 560		333 834
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	73 000		99 000		106 590		122 390		104 710
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	454 000		430 000		433 010		436 950		438 544
Production (t d'U)	10 473	11 706	12 031	10 922	8 214	10 683	12 522	11 607	10 457
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-17 000		-24 000		3 010		3 940		1 594
Variation des RCC + production (t d'U)	1 802		-1 821		25 963		22 837		25 723

Annexe 6.10 (suite 5/8)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

États-Unis	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	288 800		292 600			300 300			400 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	512 100		743 100			623 700			769 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	800 900		1 035 700			924 000			1 169 000	
Production (t d'U)	8 033	8 146	8 657	9 515	8 931	9 928	9 442	9 924	10 182	8 868
Variation des estimations de ressources (t d'U)			234 800			-111 700			245 000	
Variation des RCC + production (t d'U)			250 979			-93 254			264 370	

États-Unis	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	454 000		743 000		708 000		605 000		407 200	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	812 000		1 053 000		1 158 000		1 097 000		82 600	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	1 266 000		1 796 000		1 866 000		1 702 000		489 800	
Production (t d'U)	8 924	9 806	11 493	14 221	14 414	16 811	14 799	10 335	8 138	5 724
Variation des estimations de ressources (t d'U)	97 000		530 000		70 000		-164 000		-1 212 200	
Variation des RCC + production (t d'U)	116 050		548 730		95 714		-132 775		-1 187 066	

États-Unis	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	398 100		398 000		377 500		356 000		369 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)										
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	398 100		398 000		377 500		356 000		369 000	
Production (t d'U)	4 352	5 195	4 997	5 050	5 324	3 420	3 060	2 171	1 178	1 289
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-91 700		-100		-20 500		-21 500		13 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	-77 838		9 447		-10 453		-12 756		18 231	

États-Unis	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	366 000		361 000		355 000		348 000		345 000
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)									
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	366 000		361 000		355 000		348 000		345 000
Production (t d'U)	2 324	2 431	2 170	1 810	1 773	1 522	1 015	902	769
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-3 000		-5 000		-6 000		-7 000		-3 000
Variation des RCC + production (t d'U)	-533		-245		-2 020		-3 705		-1 083

Annexe 6.10 (suite 6/8)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

France	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	32 300		38 500			41 600			56 600	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	29 300		23 100			31 200			49 300	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	61 600		61 600			72 800			105 900	
Production (t d'U)	1 032	1 423	1 078	1 377	1 180	1 250	1 250		1 545	1 616
Variation des estimations de ressources (t d'U)			0			11 200			33 100	
Variation des RCC + production (t d'U)			2 455			13 757			35 600	

France	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	55 000		51 800		55 300		74 900		67 500	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	40 000		44 100		46 200		46 500		32 900	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	95 000		95 900		101 500		121 400		100 400	
Production (t d'U)	1 673	1 731	1 871	2 097	2 183	2 362	2 634	2 552	2 859	3 271
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-10 900		900		5 600		19 900		-21 000	
Variation des RCC + production (t d'U)	-7 739		4 304		9 568		24 445		-15 814	

France	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	67 060		65 150		58 900		39 500		33 650	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	45 170		38 070		36 000		8 100		6 730	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	112 230		103 220		94 900		47 600		40 380	
Production (t d'U)	3 168	3 189	3 248	3 376	3 394	3 241	2 841	2 477	2 149	1 730
Variation des estimations de ressources (t d'U)	11 830		-9 010		-8 320		-47 300		-7 220	
Variation des RCC + production (t d'U)	17 960		-2 653		-1 696		-40 665		-1 902	

France	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	24 950		22 360		14 240		190		0
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	2 140		1 400		550		11 740		9 510
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	27 090		23 760		14 790		11 930		9 510
Production (t d'U)	1 053	1 016	930	572	452	416	296	184	18
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-13 290		-3 330		-8 970		-2 860		-2 420
Variation des RCC + production (t d'U)	-9 411		-1 261		-7 468		-1 992		-1 940

Annexe 6.10 (suite 7/8)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

Namibie	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–			–			–	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–			–			–	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–			–			–	
Production (t d'U)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variation des estimations de ressources (t d'U)										
Variation des RCC + production (t d'U)										

Namibie	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–		–		135 000		135 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–		53 000		53 000		53 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–		> 53000		188 000		188 000	
Production (t d'U)	0	654	2 340	2 697	3 840	4 042	3 971	3 776	3 719	3 700
Variation des estimations de ressources (t d'U)							135 000		0	
Variation des RCC + production (t d'U)							142 882		7 747	

Namibie	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	120 000		113 300		106 900		100 750		96 640	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	53 000		53 000		53 000		53 000		53 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	173 000		166 300		159 900		153 750		149 640	
Production (t d'U)	3 400	3 470	3 540	3 511	3 077	3 211	2 450	1 660	1 679	1 895
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-15 000		-6 700		-6 400		-6 150		-4 110	
Variation des RCC + production (t d'U)	-7 581		170		651		138		0	

Namibie	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	191 820		187 360		180 510		175 100		170 532
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	107 520		107 520		107 510		107 510		87 085
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	299 340		294 880		288 020		282 610		257 617
Production (t d'U)	2 016	2 447	2 905	2 780	2 690	2 715	2 239	2 333	2 037
Variation des estimations de ressources (t d'U)	149 700		-4 460		-6 860		-5 410		-24 993
Variation des RCC + production (t d'U)	153 274		3		-1 175		-5		-20 421

Annexe 6.10 (suite 8/8)

ÉVOLUTION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES DANS CERTAINS PAYS (1965-2003) (< 130 USD/kg d'U)

Niger	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		19 250			30 030			50 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		–			–			–	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		19 250			30 030			50 000	
Production (t d'U)	0	0	0	0	0	0	430	867	948	1 117
Variation des estimations de ressources (t d'U)						10 780			19 970	
Variation des RCC + production (t d'U)						10 780			21 267	

Niger	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	50 000		160 000		160 000		160 000		160 000	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	–		53 000		53 000		53 000		53 000	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	50 000		213 000		213 000		213 000		213 000	
Production (t d'U)	1 306	1 460	1 609	2 060	3 620	4 120	4 363	4 259	3 426	3 276
Variation des estimations de ressources (t d'U)	0		163 000		0		0		0	
Variation des RCC + production (t d'U)	2 065		165 766		3 669		7 740		8 622	

Niger	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	182 200		175 910		175 910		172 720		165 820	
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	300 300		300 300		300 300		305 770		305 770	
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	482 500		476 210		476 210		478 490		471 590	
Production (t d'U)	3 181	3 110	2 970	2 965	2 962	2 839	2 963	2 965	2 914	2 975
Variation des estimations de ressources (t d'U)	269 500		-6 290		0		2 280		-6 900	
Variation des RCC + production (t d'U)	276 202		1		5 935		8 081		-972	

Niger	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RRA <130 USD/kg d'U (t d'U)	87 100		69 960		71 120		29 600		102 227
RSE-I <130 USD/kg d'U (t d'U)	6 000		1 200		18 580		25 530		125 377
RCC <130 USD/kg d'U (t d'U)	93 100		71 160		89 700		55 130		227 604
Production (t d'U)	2 974	3 329	3 487	3 714	2 907	2 914	2 919	3 080	3 157
Variation des estimations de ressources (t d'U)	-378 490		-21 940		18 540		-34 570		172 474
Variation des RCC + production (t d'U)	-372 601		-15 637		25 741		-28 749		178 473

– Sans objet.

Annexe 7.1

PRODUCTION MONDIALE D'URANIUM (1945-2003)[a]

Pays	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
Afrique du Sud	0	0	0	0	0	0	0	154	1 154	1 538
Allemagne, F.R.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Allemagne, R.D.A.	0	17	150	321	766	1 224	1 675	2 199	3 094	3 967
Argentine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Australie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
Belgique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brésil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgarie	0	50	50	50	50	100	100	100	100	100
Canada	200	238	239	115	188	169	168	187	283	678
Chine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Congo, R.D.	300	300	500	1 000	1 600	2 220	2 470	2 190	2 200	2 100
Espagne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etats-Unis	0	0	52	78	136	353	589	672	895	1 308
Finlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
France	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Gabon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hongrie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Japon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Madagascar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mexique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pakistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pologne	0	0	0	40	40	40	42	42	42	42
Portugal	0	0	0	0	0	0	5	94	112	108
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Roumanie	0	0	0	0	0	0	0	500	1 000	1 500
Russie, Féd. de	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suède	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tchécoslovaquie	0	18	49	103	147	281	527	816	1 162	1 535
Ukraine	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
URSS *	7	50	129	182	278	417	650	1 000	1 750	2 100
Yougoslavie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**507**	**673**	**1 169**	**1 889**	**3 205**	**4 804**	**6 226**	**7 954**	**11 792**	**15 085**
OCDE										
MEM (d)	**500**	**538**	**791**	**1 193**	**1 924**	**2 742**	**3 227**	**3 203**	**4 532**	**5 733**
Hors MEM	**7**	**135**	**378**	**696**	**1 281**	**2 062**	**2 994**	**4 657**	**7 148**	**9 244**

Annexe 7.1 (suite 2/6)

PRODUCTION MONDIALE D'URANIUM (1945-2003)[a]

Pays	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Afrique du Sud	2 539	3 462	4 385	4 805	4 954	4 930	4 207	3 865	3 479	3 415
Allemagne, F.R.	0	0	0	0	0	0	8	11	3	16
Allemagne, R.D.A.	4 522	5 157	5 278	5 302	5 345	5 356	5 991	6 371	6 730	6 983
Argentine	0	0	0	0	0	0	4	4	8	30
Australie	100	250	321	467	860	935	1 199	1 049	919	283
Belgique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brésil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgarie	150	150	200	200	300	300	350	350	350	350
Canada	725	1 754	5 105	10 311	12 227	9 807	7 417	6 485	6 425	5 604
Chine	0	0	0	0	0	0	0	500	500	500
Congo, R.D.	2 100	2 000	2 000	1 810	1 780	910	120	0	0	0
Espagne	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40
États-Unis	2 142	4 583	6 525	9 568	12 493	13 568	13 346	13 084	10 937	9 113
Finlande	0	0	0	11	2	11	17	0	0	0
France	50	150	300	737	816	958	1 067	1 048	1 045	1 001
Gabon	0	0	0	0	0	0	313	390	450	450
Hongrie	0	50	200	300	400	500	500	500	500	550
Inde	0	50	50	50	50	50	50	50	100	100
Japon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Madagascar	0	0	50	70	80	80	70	85	90	130
Mexique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pakistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pologne	42	42	42	42	41	41	41	41	40	0
Portugal	109	112	109	120	127	108	102	21	8	34
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Roumanie	1 500	2 000	2 000	2 000	1 900	1 900	0	0	0	0
Russie, Féd. de	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suède	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8
Tchécoslovaquie	2 077	2 430	2 745	2 903	2 987	3 036	2 846	2 941	2 859	2 878
Ukraine	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
URSS *	2 300	2 700	3 000	3 100	3 400	3 800	3 900	4 000	4 100	4 200
Yougoslavie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**18 356**	**24 890**	**32 310**	**41 796**	**47 762**	**46 290**	**41 596**	**40 843**	**38 591**	**35 685**
OCDE							**21 988**	**20 697**	**18 466**	**15 816**
MEM (d)	**7 656**	**12 361**	**18 845**	**27 949**	**33 389**	**31 357**	**27 968**	**26 140**	**23 512**	**20 224**
Hors MEM	**10 591**	**12 529**	**13 465**	**13 847**	**14 373**	**14 933**	**13 628**	**14 703**	**15 079**	**15 461**

Annexe 7.1 (suite 3/6)

PRODUCTION MONDIALE D'URANIUM (1945-2003)[a]

Pays	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Afrique du Sud	2 262	2 530	3 080	2 985	3 080	3 167	3 220	3 197	2 735	2 711
Allemagne, F.R.	14	13	1	7	16	24	18	15	0	26
Allemagne, R.D.A.	7 090	7 070	7 110	6 948	6 412	6 389	6 485	6 627	6 721	6 777
Argentine	30	30	31	31	42	45	45	25	24	30
Australie	285	166	166	165	254	254	0	0	0	0
Belgique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brésil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgarie	*400*	*400*	*400*	*400*	*400*	*400*	*400*	*400*	*450*	*450*
Canada	3 418	3 025	3 234	3 200	3 430	3 520	3 830	4 000	3 710	3 420
Chine	*500*	*500*	*500*	*500*	*500*	*500*	*500*	*500*	*500*	*500*
Congo, R.D.	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Espagne	40	40	50	55	55	51	60	55	55	60
États-Unis	8 033	8 146	8 657	9 515	8 931	9 928	9 442	9 924	10 182	8 868
Finlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
France	1 032	1 423	1 078	1 377	1 180	1 250	1 250	1 545	1 616	1 673
Gabon	450	400	400	400	500	400	540	210	402	436
Hongrie	*600*	*600*	*600*	*600*	*600*	*600*	*600*	*600*	*600*	*600*
Inde	*100*	*100*	*150*	*150*	*150*	*200*	*200*	*200*	*200*	*200*
Japon	0	0	0	0	2	1	7	8	10	7
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Madagascar	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mexique	0	0	0	19	30	0	0	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niger	0	0	0	0	0	0	430	867	948	1 117
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pakistan	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*30*	*30*	*30*	*30*
Pologne	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Portugal	33	35	35	13	68	66	61	73	73	92
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Roumanie	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Russie, Féd. de	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suède	8	0	0	0	29	14	8	0	0	0
Tchécoslovaquie	2 839	2 848	2 891	2 745	2 720	2 627	2 638	2 664	2 746	2 378
Ukraine	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
URSS *	4 300	5 500	6 200	7 000	7 900	8 300	8 900	9 600	10 500	11 500
Yougoslavie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**31 564**	**32 826**	**34 583**	**36 110**	**36 299**	**37 736**	**38 664**	**40 540**	**41 502**	**40 875**
OCDE	**12 578**	**12 682**	**13 055**	**14 167**	**13 711**	**14 854**	**14 676**	**15 620**	**15 646**	**14 146**
MEM (d)	**15 835**	**15 908**	**16 882**	**17 917**	**17 767**	**18 920**	**19 141**	**20 149**	**19 985**	**18 670**
Hors MEM	**15 729**	**16 918**	**17 701**	**18 193**	**18 532**	**18 816**	**19 523**	**20 391**	**21 517**	**22 205**

Annexe 7.1 (suite 4/6)

PRODUCTION MONDIALE D'URANIUM (1945-2003)[a]

Pays	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Afrique du Sud	2 488	2 758	3 360	3 961	4 797	6 146	6 131	5 816	6 060	5 732
Allemagne, F.R.	57	38	15	35	25	35	36	34	47	31
Allemagne, R.D.A.	6 884	6 695	6 314	6 158	5 266	5 245	4 877	4 622	4 477	4 426
Argentine	22	40	98	126	134	187	123	155	172	129
Australie	0	359	356	516	706	1 561	2 860	4 453	3 218	4 390
Belgique	0	0	0	0	0	20	40	45	45	40
Brésil	0	0	0	0	0	0	4	242	189	117
Bulgarie	***450***	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***550***	***550***	***500***	***500***
Canada	3 560	4 850	5 790	6 800	6 820	7 150	7 720	8 080	7 140	11 169
Chine	***500***	***800***	***800***	***850***	***850***	***850***	***850***	***850***	***850***	***850***
Congo, R.D.	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***
Espagne	136	170	177	191	190	190	178	150	170	196
Etats-Unis	8 924	9 806	11 493	14 221	14 414	16 811	14 799	10 335	8 138	5 724
Finlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
France	1 731	1 871	2 097	2 183	2 362	2 634	2 552	2 859	3 271	3 168
Gabon	800	850	907	1 022	1 100	1 033	1 022	970	1 006	918
Hongrie	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***570***
Inde	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***
Japon	3	2	1	2	2	5	3	5	4	4
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Madagascar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mexique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	0	654	2 340	2 697	3 840	4 042	3 971	3 776	3 719	3 700
Niger	1 306	1 460	1 609	2 060	3 620	4 120	4 363	4 259	3 426	3 276
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pakistan	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***
Pologne	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***
Portugal	115	87	95	97	113	81	101	112	104	115
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Roumanie	***0***	***0***	***0***	***100***	***100***	***70***	***90***	***90***	***140***	***170***
Russie, Féd. de	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suède	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tchécoslovaquie	2 402	2 434	2 426	2 365	2 400	2 482	2 532	2 588	2 534	2 549
Ukraine	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
URSS *	13 000	14 250	14 800	15 500	15 600	15 700	15 800	15 700	15 700	15 600
Yougoslavie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**43 208**	**48 454**	**54 008**	**60 214**	**63 669**	**69 692**	**69 432**	**66 521**	**61 740**	**63 604**
OCDE	**14 526**	**17 183**	**20 024**	**24 045**	**24 632**	**28 487**	**28 289**	**26 073**	**22 137**	**24 837**
MEM (d)	**19 372**	**23 175**	**28 568**	**34 141**	**38 353**	**44 245**	**44 133**	**41 521**	**36 939**	**38 939**
Hors MEM	**23 836**	**25 279**	**25 440**	**26 073**	**25 316**	**25 447**	**25 299**	**25 000**	**24 801**	**24 665**

Annexe 7.1 (suite 5/6)

PRODUCTION MONDIALE D'URANIUM (1945-2003)[a]

Pays	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Afrique du Sud	4 880	4 602	3 963	3 800	2 943	2 460	1 712	1 669	1 699	1 671
Allemagne, F.R.	31	26	58	41	17	2 972	1 207	232	116	47
Allemagne, R.D.A.	4 470	4 086	4 059	3 924	3 800	x	x	x	x	x
Argentine	126	173	95	142	52	9	18	123	126	80
Australie	3 252	4 154	3 780	3 534	3 657	3 519	3 759	2 318	2 238	2 200
Belgique	37	41	44	43	43	39	38	36	34	40
Brésil	115	115	0	18	35	5	0	0	24	106
Bulgarie	650	650	650	650	620	405	240	150	100	70
Canada	10 880	11 720	12 440	12 393	11 323	8 729	8 160	9 297	9 155	9 647
Chine	***800***	***800***	***800***	***344***	***800***	***800***	***800***	***955***	***780***	***480***
Congo, R.D.	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***
Espagne	201	215	223	228	227	213	196	187	184	256
États-Unis	4 352	5 195	4 997	5 050	5 324	3 420	3 060	2 171	1 178	1 289
Finlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
France	3 189	3 248	3 376	3 394	3 241	2 841	2 477	2 149	1 730	1 053
Gabon	940	900	800	929	868	709	678	589	556	650
Hongrie	***570***	***570***	***570***	576	530	490	417	430	380	413
Inde	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***230***	***200***	***150***	***148***	***155***
Japon	7	6	5	0	0	0	0	0	0	0
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	x	2 802	2 700	2 240
Madagascar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mexique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	94	89	101	105	54	72
Namibie	3 400	3 470	3 540	3 511	3 077	3 211	2 450	1 660	1 679	1 895
Niger	3 181	3 110	2 970	2 965	2 962	2 839	2 963	2 965	2 914	2 975
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	x	2 680	2 600	2 015
Pakistan	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***23***	***23***	***23***
Pologne	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***
Portugal	118	111	142	159	129	111	28	29	32	24
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	x	955	541
Roumanie	220	290	275	260	250	210	160	120	120	120
Russie, Féd. de	x	x	x	x	x	x	x	2 640	2 697	2 541
Suède	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tchécoslovaquie	2 623	2 578	2 560	2 468	2 407	2 142	1 779	1 539	x	x
Ukraine	x	x	x	x	x	x	x	***1 000***	***1 000***	***900***
URSS *	15 900	15 900	15 900	16 000	15 000	14 500	12 000	x	x	x
Yougoslavie	30	59	72	80	86	53	x	x	x	x
Zambie**										
Total	**60 202**	**62 249**	**61 549**	**60 739**	**57 715**	**50 026**	**42 473**	**36 019**	**33 222**	**31 503**
OCDE	**22 067**	**24 716**	**25 065**	**24 842**	**23 961**	**21 844**	**18 925**	**16 419**	**14 667**	**14 556**
MEM (d)	**34 969**	**37 375**	**36 735**	**36 517**	**34 214**	**31 390**	**26 976**			
Hors MEM	**25 233**	**24 874**	**24 814**	**24 222**	**23 501**	**18 636**	**15 497**			

PRODUCTION MONDIALE D'URANIUM (1945-2003)[a]

Pays	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	1945-2003
Afrique du Sud	1 421	1 436	1 100	965	927	798	878	828	763	**157 618**
Allemagne, F.R.	35	39	28	30	29	28	27	221	150	**5 859**
Allemagne, R.D.A.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	**213 380**
Argentine	65	16	30	7	4	0	0	0	0	**2 631**
Australie	3 700	4 959	5 479	4 894	5 984	7 579	7 720	6 854	7 573	**113 304**
Belgique	25	28	27	15	0	0	0	0	0	**680**
Brésil	106	0	0	0	0	11	56	272	230	**1 645**
Bulgarie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**16 735**
Canada	10 473	11 706	12 031	10 922	8 214	10 683	12 522	11 607	10 455	**374 548**
Chine	***500***	***560***	***570***	***590***	***700***	***700***	***700***	***730***	***730***	**27 689**
Congo, R.D.	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	**25 600**
Espagne	255	255	255	255	255	255	30	37		**156**
États-Unis	2 324	2 431	2 170	1 810	1 773	1 522	1 015	902	769	**356 485**
Finlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**41**
France	1 016	930	572	452	416	296	184	18	9	**75 965**
Gabon	652	568	470	725	0	0	0	0	0	**25 403**
Hongrie	210	200	200	10	10	10	10	10	4	**21 080**
Inde	***155***	***207***	***207***	***207***	***207***	***207***	***230***	***230***	***230***	**7 963**
Japon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**84**
Kazakhstan	1 630	1 210	1 090	1 270	1 560	1 870	2 114	2 826	3 327	**24 639**
Madagascar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**785**
Mexique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**49**
Mongolie (b)	20	0	0	0	0	0	0	0	0	**535**
Namibie	2 016	2 447	2 905	2 780	2 690	2 715	2 239	2 333	2 037	**78 794**
Niger	2 974	3 329	3 487	3 714	2 907	2 914	2 919	3 080	3 157	**91 186**
Ouzbékistan	1 644	1 459	1 764	1 926	2 159	2 028	1 945	1 859	1 603	**23 682**
Pakistan	***23***	***23***	***23***	***23***	***23***	***23***	***46***	***38***	***40***	**961**
Pologne	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	**660**
Portugal	18	15	17	19	10	13	4	0		**715**
Rép. tchèque	600	604	603	610	612	507	456	465	452	**6 405**
Roumanie	120	105	107	132	89	86	***85***	***90***	***90***	**17 989**
Russie, Féd. de	2 160	2 605	2 580	2 530	2 610	2 760	3 090	2 850	3 073	**32 136**
Suède	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**91**
Tchécoslovaquie	x	x	x	x	x	x	x	x	x	**102 244**
Ukraine	***800***	***800***	***800***	***750***	***750***	***750***	***750***	***800***	***800***	**9 900**
URSS * (c)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	**377 613**
Yougoslavie	x	x	x	x	x	x	x	x	x	**380**
Zambie**										**102**
Total	**32 942**	**35 932**	**36 515**	**34 636**	**31 929**	**35 755**	**37 020**	**36 050**	**35 492**	**2 204 732**
OCDE	**17 846**	**21 167**	**21 382**	**19 017**	**17 303**	**20 893**	**21 968**	**20 114**	**19 412**	
MEM (d)										
Hors MEM										

Notes :

Les chiffres en ***italiques gras*** sont des données tirées d'une édition du Livre rouge qui étaient des estimations établies pa le Secrétariat.

x Entité nationale n'existant pas pendant les années considérées.

* Chiffres modifiés d'après VETROV *et col.*, « Raw Material Branch of Nuclear Industry » (Secteur des matières brutes de l'industrie nucléaire), Industrie nucléaire russe, 2000, Moscou.

** La production de la Zambie est estimée à partir de sources autres que le Livre rouge, la production étant intervenue estime-t-on avant 1965.

(a) Les données antérieures à 1965 sont des données nouvelles reçues des pays membres et de sources autres que le Livre rouge.

(b) Le minerai extrait de la mine de Dornod (capacité nominale de 2 millions de tonnes de minerai/an, 2 300 t d'U/an) a été traité par le complexe minier et chimique de Priargoun à Krasnokamensk en Russie.

(c) La production inclut la production réalisée dans les anciennes républiques socialistes d'Estonie, du Kazakhstan, du Kirghizistan, de l'Ouzbékistan, de la Fédération de Russie, du Turkménistan et de l'Ukraine.

(d) MEM = Monde à économie de marché.

Annexe 7.2

CAPACITÉ DE PRODUCTION D'URANIUM DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (1968-2003) (t d'U/an)

Pays	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Afrique du Sud	3 080	3 160	4 130	4 130	4 130	4 130	2 700	2 600	3 410
Allemagne	125	125	125	125	125	125	125	125	125
RDA (a)	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***
Argentine	35	50	50	50	50	50	50	50	50
Australie	1 117	1 117	1 117	700	700	700	700	700	400
Belgique	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brésil	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgarie	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***600***
Canada	8 470	8 800	9 625	5 690	4 600	4 600	4 600	4 600	5 860
Chine	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***500***	***800***
Espagne	55	55	55	60	60	115	144	144	170
États-Unis	12 320	12 320	14 630	14 600	14 600	14 600	12 000	15 000	15 000
France	1 540	1 770	1 770	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	2 200
Gabon	600	600	600	600	600	600	600	600	800
Hongrie	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***
Inde	***150***	***150***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***
Japon	0	30	30	30	30	30	30	30	30
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mexique	30	30	30	30	30	30	30	80	80
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	0	0	0	0	0	0	0	0	3 700
Niger	0	0	0	750	750	750	750	1 500	1 500
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pakistan	***0***	***0***	***0***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***
Portugal	112	112	112	112	112	112	115	115	85
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Roumanie	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***
Russie, Fédération de	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suède	120	120	120	120	120	0	0	0	0
Tchécoslovaquie (a)	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	2 750	2 750	2 750
Ukraine	x	x	x	x	x	x	x	x	x
URSS (a) (c)	***10 000***	***10 000***	***10 000***	***10 000***	***10 000***	***15 000***	***15 000***	***15 000***	***15 000***
Yougoslavie	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total mondial	**49 854**	**50 539**	**54 694**	**51 127**	**50 037**	**54 972**	**50 724**	**54 424**	**60 890**

Annexe 7.2 (suite 2/4)

CAPACITÉ DE PRODUCTION D'URANIUM DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (1968-2003) (t d'U/an)

Pays	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Afrique du Sud	6 700	8 800	5 240	6 500	6 700	7 200	6 134	6 134	5 500
Allemagne	125	125	125	125	125	125	125	125	125
RDA (a)	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***
Argentine	130	280	185	200	180	240	340	340	360
Australie	400	500	600	600	2 600	4 500	3 400	3 800	4 500
Belgique	0	0	0	45	45	45	45	45	45
Brésil	0	0	0	0	420	420	420	420	420
Bulgarie	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***700***
Canada	6 100	6 450	6 900	7 200	8 400	9 500	7 300	10 500	11 500
Chine	***800***	***900***	***900***	***900***	***900***	***900***	***900***	***900***	***900***
Espagne	191	191	339	678	145	110	150	150	200
États-Unis	14 700	19 300	19 000	20 900	17 100	16 900	8 100	8 100	8 200
France	2 200	2 850	2 950	3 450	3 706	3 900	3 900	3 900	3 900
Gabon	800	1 200	1 000	1 000	1 000	1 200	1 500	1 500	1 500
Hongrie	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***
Inde	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***
Japon	30	30	30	30	30	30	9	9	9
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mexique	80	80	80	80	80	80	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	3 700	3 700	3 845	4 100	3 939	3 923	3 806	3 806	3 700
Niger	1 609	2 400	3 350	4 300	4 500	4 500	4 500	4 500	4 600
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pakistan	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***
Portugal	85	85	85	95	107	126	115	115	119
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Roumanie	***0***	***100***	***100***	***100***	***100***	***100***	***150***	***200***	***250***
Russie, Fédération de	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suède	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tchécoslovaquie (a)	2 750	2 750	2 750	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550
Ukraine	x	x	x	x	x	x	x	x	x
URSS (a) (c)	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***
Yougoslavie	0	0	0	0	0	0	0	0	102
Total mondial	**65 830**	**75 171**	**72 909**	**79 283**	**79 057**	**82 779**	**69 874**	**73 524**	**75 010**

Annexe 7.2 (suite 3/4)

CAPACITÉ DE PRODUCTION D'URANIUM DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (1968-2003) (t d'U/an)

Pays	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Afrique du Sud	5 500	5 500	4 000	4 000	2 500	2 500	1 900	1 900	1 900
Allemagne	125	125	125	125	4 500	4 500	0	0	0
RDA (a)	***7 500***	***7 500***	***7 500***	***7 500***	x	x	x	x	x
Argentine	360	205	205	205	205	205	150	150	150
Australie	4 500	4 250	5 200	5 400	4 800	5 400	4 200	4 200	4 200
Belgique	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Brésil	420	420	420	420	420	420	420	420	420
Bulgarie	***700***	***700***	***700***	***700***	***700***	***300***	***300***	***300***	***300***
Canada	12 000	12 000	12 100	11 400	11 400	12 200	9 300	8 650	9 710
Chine	***900***	***900***	***900***	***900***	***900***	***900***	***1 000***	***1 000***	***1 000***
Espagne	220	220	225	225	225	205	187	270	800
États-Unis	9 900	9 700	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
France	3 900	3 900	3 900	3 900	3 920	3 920	3 070	2 570	2 570
Gabon	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
Hongrie	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***	***600***
Inde	***200***	***200***	***200***	***200***	***200***	***230***	***200***	***200***	***200***
Japon	9	9	0	0	0	0	0	0	0
Kazakhstan	x	x	x	x	x	x	***3 000***	***3 000***	***3 000***
Mexique	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	3 700	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
Niger	4 600	4 600	3 800	3 800	3 700	3 700	3 400	3 400	3 800
Ouzbékistan	x	x	x	x	x	x	***3 000***	***3 000***	***2 500***
Pakistan	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***
Portugal	170	170	170	170	170	170	50	50	50
Rép. tchèque	x	x	x	x	x	x	x	1 100	1 000
Roumanie	***300***	***300***	***300***	***300***	***300***	***300***	***300***	***300***	***300***
Russie, Fédération de	x	x	x	x	x	x	3 500	3 500	3 500
Suède	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tchécoslovaquie (a)	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550	2 050	x	x
Ukraine	x	x	x	x	x	x	***1 000***	***1 000***	***1 000***
URSS (a) (c)	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	***16 500***	x	x	x
Yougoslavie	102	102	102	102	102	x	x	x	x
Total mondial	**77 331**	**76 526**	**75 572**	**75 072**	**69 767**	**70 675**	**52 702**	**50 685**	**52 075**

Annexe 7.2 (suite 4/4)

CAPACITÉ DE PRODUCTION D'URANIUM DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (1968-2003) (t d'U/an)

Pays	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Afrique du Sud	1 900	1 900	1 900	1 900	1 700	1 700	1 157	1 319	1 270
Allemagne	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RDA (a)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Argentine	150	120	120	120	120	120	120	120	120
Australie	4 200	4 200	5 000	5 500	5 700	8 200	9 400	9 400	9 400
Belgique	45	45	45	45	0	0	0	0	0
Brésil	420	0	0	0	150	340	340	340	340
Bulgarie	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canada	9 840	10 820	12 950	14 250	17 150	11 830	14 300	16 290	14 890
Chine	***1 000***	***1 000***	740	740	740	740	700	700	850
Espagne	800	800	255	255	255	255	255	255	255
États-Unis	10 585	10 670	10 670	10 670	10 670	9 510	9 510	8 000	4 000
France	1 500	1 500	760	600	600	600	0	0	0
Gabon	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	0	0	0	0
Hongrie	***600***	***600***	***600***	***600***	0	0	0	0	0
Inde	***230***	***230***	***220***	***220***	***210***	***210***	***210***	***210***	***230***
Japon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazakhstan	2 300	2 500	1 500	1 600	2 000	2 500	3 000	3 000	3 000
Mexique	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mongolie (b)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibie	3 000	3 000	3 000	3 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Niger	3 500	3 500	3 800	3 800	2 910	2 910	2 910	2 960	3 800
Ouzbékistan	***2 500***	***2 500***	2 050	2 500	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300
Pakistan	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***65***
Portugal	50	50	50	50	170	170	170	170	170
Rép. tchèque	1 000	1 000	680	680	680	680	660	550	450
Roumanie	***300***	***300***	***300***	***300***	***300***	***300***	***100***	***100***	***100***
Russie, Fédération de	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 700	3 700	3 700
Suède	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tchécoslovaquie (a)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ukraine	***1 000***	***1 000***	***1 000***	***1 000***	***1 000***	***1 000***	***1 000***	***1 000***	***1 000***
URSS (a) (c)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Yougoslavie	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Total mondial	**49 950**	**50 765**	**50 670**	**52 860**	**55 685**	**50 895**	**53 862**	**54 444**	**49 940**

Notes :

Les chiffres en ***italiques gras*** sont des données d'une édition du Livre rouge qui étaient des estimations établies par le Secrétariat.

(a) Données fournies par un État membre à partir de sources autres que le Livre rouge.

(b) Le minerai extrait de la mine de Dornod (capacité nominale de 2 millions de tonnes ou minerai/an, 2 400 t d'U/an, a été traité par le complexe minier et chimique de Priargoun à Krasnokamensk en Russie.

(c) La capacité de production inclut celle des centres de production existant dans les anciennes républiques socialistes soviétiques d'Estonie, du Kazakhstan, du Kirghizistan, de l'Ouzbékistan, de la Fédération de Russie, du Turkménistan et de l'Ukraine.

Annexe 7.3

EMPLOI DANS LES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (1980-2003)

Pays	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Afrique du Sud	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Allemagne (a)	85	80	75	75	27 636	27 893	27 481	26 835	26 450	25 189	15 710	7 488 c
Argentine	700	700	650	650	650	630	630	600	590	500	340	250
Australie	500	500	500	500	480	460	460	460	621	484	1 183	1 189
Belgique	NA	NA	NA	NA	30	5	5	5	5	5	5	5
Brésil	NA	NA	NA	NA	780	724	637	579	564	568	521	463
Bulgarie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Canada	6 100	NA	4 830	5 850	5 810	5 333	5 080	4 825	4 730	4 280	2 495	2 195
Chine	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10 000	9 500
Espagne	252	355	348	347	325	311	349	348	348	309	309	240
États-Unis (b)	19 920	13 680	8 970	5 620	3 600	2 450	2 120	2 000	2 140	1 580	1 335	1 016
France	NA	NA	NA	NA	3 682	3 508	3 247	3 145	3 089	2 786	2 276	1 773
Gabon	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hongrie	NA	NA	NA	NA	7 000	7 454	7 493	7 364	7 090	6 483	4 798	2 240
Inde	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kazakhstan	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Namibie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Niger	NA	NA	NA	NA	3 550 *	3 552	3 541	3 295	3 243	3 203	3 173	2 562
Ouzbékistan	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Portugal	614	598	573	549	535	519	506	487	460	450	231	217
Roumanie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Russie, Fédération de	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Slovénie/Yougoslavie	NA	NA	NA	NA	420 *	420	460	470	490	490	440	200
Tchécoslovaquie/République tchèque	NA	NA	NA	NA	NA	31 700	31 800	32 100	31 600	30 400	12 100	9 300

Pays	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Afrique du Sud	NA	NA	NA	NA	NA	NA	160	160	160	150	150	150
Allemagne (a)	6 093 c	4 895 c	4 613 c	4 400 c	4 200 c	3 980 c	3 615 c	3 149 c	3 115 c	3 004 c	2 691 c	2 444 c
Argentine	220	220	180	120	100	80	80	80	70	62	60	60
Australie	376	405	412	413	464	468	501	565	527	550	502	655
Belgique	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	4	0
Brésil	430	410	408	390	305	280	180	110	48	128	128	140
Bulgarie	13 000	8 000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Canada	1 310	1 320	1 370	1 350	1 155	1 105	1 134	1 076	1 026	973	972	965
Chine	9 500	9 300	9 100	8 000	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 200	8 000	7 700
Espagne	232	186	185	183	178	172	148	135	134	58	56	56
États-Unis (b)	682	380 d	452	535 d	689 d	793 d	911 d	649 d	401 d	245 d	277 d	204 d
France	1 368	824	496	468	441	141	144	NA	NA	NA	NA	NA
Gabon	207	193	263	276	259	150	NA	NA	15	15	15	NA
Hongrie	1 855	1 755	1 766	1 250	1 300	900	0	0	0	0	0	0
Inde	3 780	3 898	3 898	NA	NA	4 000	4 000	4 000	4 000	4 200	4 200	4 200
Kazakhstan	11 800	10 550	8 050	6 850	6 000	5 100	4 800	4 600	4 000	4 000	3 770	3 870
Namibie	1 266	1 240	1 246	1 246	1 189	1 254	1 104	1 009	902	785	782	NA
Niger	2 340	2 118	2 104	2 109	2 070	2 033	2 012	1 830	1 680	1 607	1 558	1 606
Ouzbékistan	NA	NA	6 688	7 378	8 201	8 230	8 165	7 734	7 331	7 300	8 370	8 460
Portugal	94	52	46	52	56	57	61	54	47	30	11	0
Roumanie	NA	NA	6 500	6 000	5 000	4 550	3 300	2 800	2 150	2 000 *	2 000 *	2 000 *
Russie, Fédération de	NA	15 900	14 400	14 000	13 000	12 900	12 800	12 700	12 500	12 325	12 800	12 785
Slovénie/Yougoslavie	150	145	145	140	115	105	NA	NA	79	69	48	45
Tchécoslovaquie/République tchèque	6 600	5 900	5 400	4 500	3 600	3 580	3 410	3 300	2 887	2 641	2 507	2 426

Notes :

NA Non disponible.

* Données tirées d'une édition du Livre rouge, qui étaient des estimations établies par le Secrétariat.

(a) Inclut l'ex-RDA.

(b) Effectifs de 1984 à la fin de 1990 affectés à la prospection, à l'extraction et au traitement du minerai.

(c) Effectifs affectés au démantèlement.

(d) À l'exclusion des effectifs affectés au démantèlement.

Annexe 8.1

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)

(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Pays	1976				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					1 370
Argentine					
Australie					1 750
Belgique					NA
Brésil					
Canada					5 580
Espagne					
États-Unis					73 300
Finlande					
France					NA
Italie					5
Japon					
Lituanie					
Mexique					40
Niger					
Pays-Bas					
Portugal					350
Rép. de Corée					
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[a]	13 011	1 032	6 113		20 156
Slovénie					
Suède					200
Suisse					
Turquie					
Yougoslavie					
Total					**~103 000**

Pays	1977				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					4 080
Argentine					
Australie					1 750
Belgique					
Brésil					
Canada					5 500
Espagne					1 775
États-Unis					84 900
Finlande					
France					
Italie					
Japon					
Lituanie					
Mexique					42
Niger					
Pays-Bas					
Portugal					570
Rép. de Corée					
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[a]	12 018	1 154	6 030		19 202
Slovénie					
Suède					
Suisse					
Turquie					
Yougoslavie					
Total					**117 819**

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)

(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Pays	1979				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					2 950
Argentine					
Australie					
Belgique					
Brésil					
Canada					5 500
Espagne					
États-Unis					108 100
Finlande					
France					
Italie					1 828
Japon					
Lituanie					
Mexique					
Niger					
Pays-Bas					
Portugal					725
Rép. de Corée					1 000
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[a]	13 634	1 191	5 458		20 283
Slovénie					
Suède					200
Suisse					
Turquie					
Yougoslavie					
Total					**140 586**

Pays	1983				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.	6 954	7 210	2 750		16 914
Argentine	50				50
Australie	1 744				1 744
Belgique					
Brésil	50				50
Canada					
Espagne					
États-Unis	77 800	42 600	12 000		132 400
Finlande	600	713			1 313
France					
Italie	2 200	5 150			7 350
Japon					
Lituanie					
Mexique					
Niger					
Pays-Bas	788	885	1 440		3 113
Portugal	631				631
Rép. de Corée	1 520	90			1 610
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[a]	NA	NA	5 000		5 000
Slovénie					
Suède					
Suisse					
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**92 337**	**56 648**	**21 190**		**~170 000**

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)

(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Pays	1986				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.	9 154	6 000	252		15 406
Argentine	300				300
Australie	1 743				1 743
Belgique					1 800 *
Brésil					110 *
Canada					
Espagne					
États-Unis	74 300	54 900	13 000		142 200
Finlande					350 *
France					18 000 *
Italie	800	3 700	520		5 020
Japon					
Lituanie					
Mexique					
Niger					
Pays-Bas	1 600		215		1 815
Portugal	589				
Rép. de Corée	1 300				1 300
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[a]	NA	NA	4 000		4 000
Slovénie					
Suède					
Suisse					
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**89 786**	**64 600**	**17 987**		**~192 000**

Pays	1988				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					16 030
Argentine					
Australie					1 744
Belgique					1 920 *
Brésil					
Canada					
Espagne					
États-Unis	70 000	49 900	15 900		135 800
Finlande	455	445			900
France					14 800 *
Italie	1 672	1 885	145	417	4 119
Japon					10 900 *
Lituanie					
Mexique					
Niger	550				550
Pays-Bas					
Portugal	606				606
Rép. de Corée					
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[a]			6 600		6 600
Slovénie					
Suède					780
Suisse					
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**73 283**	**52 230**	**22 645**	**417**	**194 749**

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)

(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Pays	1989				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.	10 500	2 918	3 000		16 418
Argentine	400				400
Australie	1 900				1 900
Belgique					1 480 *
Brésil					110 *
Canada					
Espagne					
États-Unis	69 500	30 800	16 900	NA	117 200
Finlande	560	480			1 040
France					18 600 *
Italie	897	2 308	3	134	3 342
Japon					
Lituanie					
Mexique					
Niger					
Pays-Bas	70	18	520	16	624
Portugal	675				675
Rép. de Corée	300		12		312
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[(a)]	NA	NA	2 150	3 300	5 450
Slovénie					
Suède		780			780
Suisse					570 *
Turquie					
Yougoslavie	85	76			
Total	**84 887**	**37 380**	**22 585**	**3 450**	**~169 000**

Pays	1991				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.	12 432	2 500	-	-	14 932
Argentine	260				260
Australie	1 900				1 900
Belgique					1 900 *
Brésil					110 *
Canada					
Espagne					
États-Unis	56 500	29 900	NA	NA	86 400
Finlande	600	465			1 065
France					21 600 *
Italie					
Japon					
Lituanie					
Mexique					
Niger					
Pays-Bas	429	18	825	6	1 278
Portugal	656				656
Rép. de Corée	540	300	5		845
Rép. slovaque					
Rép. tchèque					
Royaume-Uni[(a)]					
Slovénie					
Suède		780			780
Suisse					570 *
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**73 317**	**33 963**	**830**	**6**	**~132 000**

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)

(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Pays	1993				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.	1 610	897	3 324	-	5 831
Argentine	100	-	-	-	100
Australie	1 900				1 900
Belgique					1 900 *
Brésil					110 *
Canada	-	-	-	-	
Espagne					
États-Unis[b]	50 700	20 800	NA	NA	71 500
Finlande	815	1 065			1 880
France					23 700 *
Italie					
Japon					
Lituanie	-	336	-	-	336
Mexique	147	382	261	-	790
Niger					
Pays-Bas	407	12	950	10	1 379
Portugal	631				631
Rép. de Corée	686	518			1 204
Rép. slovaque	800	28			828
Rép. tchèque	1 500	-	-	-	1 500
Royaume-Uni					
Slovénie					
Suède		780			780
Suisse					530 *
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**59 296**	**24 818**	**4 535**	**10**	**~115 000**

Pays	1995				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					
Argentine	100				100
Australie					
Belgique					2 060 *
Brésil	300	270	800		1 370
Canada					
Espagne					
États-Unis[b]	52 474	18 013			70 487
Finlande	800	1 100			1 900
France					26 700 *
Italie					
Japon					
Lituanie					
Mexique					
Niger	123				
Pays-Bas					375
Portugal					
Rép. de Corée					1 850 *
Rép. slovaque		220			
Rép. tchèque					> 2 225
Royaume-Uni					
Slovénie					
Suède	780*				780 *
Suisse					530 *
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**53 797**	**19 603**	**129 600**		**>109 177**

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)

(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Pays	1997				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					
Argentine	188				188
Australie					
Belgique					2 100 *
Brésil					NA
Canada					
Chine, R.P.					
Espagne					
États-Unis					52 910
Finlande	700	1 120			1 850
France					25 800 *
Italie					
Japon					
Lituanie		200 *			200 *
Mexique					170 *
Niger	340				
Pays-Bas					
Portugal					
Rép. de Corée					2 760 *
Rép. slovaque		220			220
Rép. tchèque	> 2 700				> 2 700
Royaume-Uni					
Slovénie					
Suède	780 *				780 *
Suisse					
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**4 708**	**1 540**			**> 89 678**

Pays	1999				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					
Argentine		16			16
Australie					
Belgique					2 100 *
Brésil					
Canada					
Chine, R.P.			2 000 ***		
Espagne					
États-Unis	39 080	23 240	480 000 ***	NA	> 62 320
Finlande	730	1 120			1 850
France			190 000 ***		27 800 *
Italie					
Japon			10 000 ***		
Lituanie					
Mexique					
Niger					
Pays-Bas					
Portugal					
Rép. de Corée			200 ***		2 456 *
Rép. slovaque		108			
Rép. tchèque					> 2 700
Royaume-Uni			30 000 ***		8 400
Russie, Fédération de			460 000 ***		
Slovénie					
Suède					
Suisse					480 *
Turquie					
Yougoslavie					
Total	**39 810**	**24 484**	**1 188 200 *** **		**>108 122**

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)

(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Pays	2001				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud					
Allemagne, F.R.					
Argentine	110				110
Australie					NA
Belgique					2 100 *
Brésil	81	0	0	0	81
Canada					
Chine	NA	NA	560	NA	560
Espagne					
États-Unis	39 480	24 140	134 400	NA	198 020
Finlande					500 *
France					25 700 *
Italie					
Japon	NA	NA	2 800	NA	2 800
Lituanie		120*			120 *
Mexique					
Niger					
Pays-Bas					
Portugal					
Rép. de Corée	800	1 800	0	0	2 600
Rép. slovaque					
Rép. tchèque	> 2 500	0	0	0	> 2 500
Royaume-Uni					
Slovénie					
Suède					
Suisse					375 *
Turquie	2				2
Total	**42 973**	**26 060**	**137 760**		**>235 468**

Pays	2003				
	Uranium naturel	Uranium enrichi	Uranium appauvri	Uranium retraité	Total
Afrique du Sud	0	0	NA	NA	
Allemagne, F.R.	NA	NA	NA	NA	NA
Argentine	110	0	NA	NA	110
Australie	NA	0	NA	NA	NA
Belgique	NA	NA	NA	NA	NA
Brésil	20	NA	NA	NA	> 20
Canada	NA	0	NA	NA	NA
Chine	NA	NA	NA	NA	
Espagne	NA	380	NA	NA	> 380
États-Unis	37 845	20 820	NA	NA	58 665
Finlande	NA	NA	NA	NA	> 290 *
France	NA	NA	NA	NA	25 700 *
Italie	0	0	NA	NA	-
Japon	NA	NA	NA	NA	NA
Lituanie	0	140	NA	NA	140
Mexique	300	0	NA	NA	300
Niger	NA	NA	NA	NA	
Pays-Bas	0	0	NA	NA	
Portugal	286	0	NA	NA	286
Rép. de Corée	1 100	2 100	NA	NA	3 200
Rép. slovaque	0	0	NA	NA	
Rép. tchèque	2 000	NA	NA	NA	> 2 000
Royaume-Uni	NA	NA	NA	NA	NA
Slovénie	0	0	NA	NA	
Suède	NA	NA	NA	NA	NA
Suisse	NA	NA	NA	NA	NA
Turquie	2	0	NA	NA	2
Total	**41 663**	**23 440**	**NA**	**NA**	**~115 000**

Annexe 8.1 (suite 8/8)

STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE (1976-2003)
(tonnes d'équivalent uranium naturel)

Notes :

NA Non disponible.

* Stock estimé (uranium naturel et enrichi), d'après la politique en matière de stocks.

** Estimations des stocks à la fin de l'année par l'Institut de l'Uranium.

*** AEN, *La gestion de l'uranium appauvri*, Paris, 2001.

(a) Données tirées de sources autres qu'une édition du Livre rouge.

(b) Les données afférentes à 1995 proviennent du Service d'information sur l'énergie *(US Energy Information Administration), Uranium Industry Annual,* 1996.

(c) Le total relatif à l'uranium appauvri en 1999 inclut 16 000 t d'U détenues par URENCO en Allemagne, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni.

STOCK D'URANIUM APPAUVRI (À LA FIN DE 1999)

Pays	t d'U
Chine	2 000
États-Unis	480 000
France	190 000
Japon	10 000
Rép. de Corée	200
Royaume-Uni	30 000
Russie, Fédération de	460 000
Urenco (Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni)	16 000
Total	**1 188 200**

Source : « La gestion de l'uranium appauvri » (AEN 2001).

Annexe 8.2

POLITIQUES EN MATIÈRE DES STOCKS D'URANIUM D'APRÈS LE LIVRE ROUGE

On trouvera ci-après un exposé succinct des politiques en matière de stocks d'uranium menées par divers pays, telles qu'elles ont été exposées dans l'édition du Livre rouge de l'année indiquée. Il se peut que les politiques spécifiées dans le présent résumé aient été modifiées pour faire face à l'évolution de la façon dont les relations entre l'offre et la demande d'uranium étaient perçues. En particulier, de nombreuses compagnies d'électricité, qui ont maintenu des stocks représentant jusqu'à trois années de consommation, ont réduit cette période de référence à mesure que le secteur des approvisionnements en uranium devenait plus largement diversifié.

Allemagne

1983 : Un stock d'uranium égal aux besoins afférents à deux années d'exploitation environ est détenu par le Gouvernement et sur les sites de centrales nucléaires.

Belgique

1986 : Les compagnies d'électricité maintiennent des stocks d'uranium équivalant à deux années de besoins prévisionnels.

Brésil

1986 : Des stocks nationaux représentant au minimum une année de besoins prévisionnels sont maintenus, cette quantité étant majorée d'une marge de sécurité de 10 %.

Canada

1983 : Le Canada a mis en place dans le passé des programmes nationaux de stockage visant à conserver un noyau de production et d'emploi au cours des périodes pendant lesquelles les marchés étaient déprimés. Le dernier de ces programmes s'est achevé en 1974. Une part de l'uranium accumulé dans le cadre de ces programmes a été vendue sur le marché à l'exportation au début des années 70 et le reste, soit 5 570 t d'U, a été transféré à la société *Eldorado Nuclear Ltd* en mars 1981, afin d'accroître la part des fonds publics dans cette société. Aucun nouveau programme de stockage de l'uranium n'est actuellement envisagé.

1989 : Les trois compagnies d'électricité du Canada exploitant des centrales nucléaires cherchent à maintenir sur le site de ces centrales un stock d'éléments combustibles prêts à l'emploi correspondant à au moins six mois de fonctionnement des réacteurs. Elles stockent en outre, et dans des proportions variables, des éléments combustibles supplémentaires, des matières fissiles en voie d'élaboration et les quantités nécessaires pour alimenter les opérations de raffinage. En tout état de cause, le stock total de matières fissiles ne dépasse pas normalement les besoins pour un an de consommation. Aucun stock national n'existe à l'heure actuelle ni n'est envisagé.

Corée, République de

1986 : La Corée maintient un stock stratégique représentant au moins un an de consommation prévisionnelle des réacteurs. La moitié environ de ce stock est conservée sous forme d'uranium naturel

dans des installations de conversion à l'étranger, le reste étant stocké sous forme d'uranium enrichi dans les installations locales de fabrication du combustible.

1991 : La compagnie KEPCO est tenue de maintenir des stocks d'uranium naturel et d'uranium enrichi équivalant à six mois de besoins prévisionnels des réacteurs.

Espagne

2001 : En 2000, la loi qui régissait les stocks réglementés d'uranium enrichi a été amendée : les stocks stratégiques minimaux, qui jusqu'en 2000 étaient financés par le Gouvernement espagnol et représentaient 1,5 an de consommation, ont été ramenés à l'équivalent de moins d'un an de consommation et sont désormais financés par les compagnies d'électricité espagnoles.

2003 : Des réserves stratégiques d'uranium d'au moins 382 t d'U (450 t d'U_3O_8) sous forme d'uranium enrichi doivent être maintenues conjointement par l'ensemble des entreprises d'électricité qui possèdent des centrales nucléaires. Des réserves complémentaires peuvent aussi être maintenues en fonction des conditions du marché.

États-Unis

1983 : Les États-Unis n'ont pas de politique déterminée en matière de stocks stratégiques nationaux d'uranium. Le stock important qui existe à l'heure actuelle sera utilisé pour satisfaire les besoins afférents aux opérations d'enrichissement à façon effectuées par les usines d'enrichissement d'uranium de l'État, ainsi que pour les autres utilisations officielles, et aussi comme approvisionnement de secours pour l'industrie.

Le gouvernement américain conserve dans ses usines d'enrichissement des stocks d'exploitation destinés à assurer le respect des dates de livraison de l'uranium enrichi. Il faut un stock d'exploitation de 45 jours d'uranium naturel (6 700 t d'U sous forme d'UF_6) pour assurer la régularité du fonctionnement des usines d'enrichissement.

Un stock d'exploitation de 90 jours d'uranium enrichi (représentant l'équivalent de 11 500 t d'uranium naturel) est nécessaire pour permettre d'assurer aux clients des services d'enrichissement que leurs livraisons pourront être effectuées aux dates prévues par le contrat.

Le stock d'uranium enrichi pourrait être utilisé comme source d'approvisionnement de secours pour l'industrie nucléaire. L'utilisation commerciale, en cas d'urgence, de matières provenant des stocks du Gouvernement américain devrait normalement s'effectuer sous forme de prêt plutôt que de vente directe.

1986 : Les États-Unis n'ont pas de politique déterminée en matière de stocks stratégiques nationaux d'uranium. Toutefois le Gouvernement maintiendra un stock d'exploitation de 45 jours pour ses usines d'enrichissement (environ 3 000 t d'U) et un stock d'exploitation de 120 jours d'uranium enrichi pour les clients des services d'enrichissement (environ 7 000 à 8 000 t d'uranium naturel). Il est prévu de réduire les stocks excédentaires d'uranium enrichi au cours des trois années suivantes.

1993 : Aux termes de la loi sur la politique énergétique *(Energy Policy Act)* de 1992, une réserve stratégique nationale d'uranium a été créée sous le contrôle du Ministre de l'énergie *(Secretary of Energy)*. Il s'agit des stocks d'uranium naturel ou d'équivalent uranium actuellement détenus par les États-Unis pour la défense nationale. Pour une durée de six ans à compter de l'entrée en vigueur de la loi sur la politique énergétique de 1992, cette réserve ne pourra servir qu'à des fins de recherches militaires ou publiques. De même, le stock de résidus d'enrichissement du Ministère de l'énergie ne pourra être utilisé qu'à des fins militaires et ce pour une période de six années après l'adoption de la loi.

Compagnies d'électricité : Les compagnies d'électricité ne signalent pas toutes une politique de maintien d'un certain niveau de stocks pour couvrir les besoins futurs des centrales. À la fin de 1992, les réserves des producteurs d'électricité s'élevaient à environ 35 200 t d'uranium naturel ou enrichi, ce qui correspond à plus de deux années de fonctionnement des réacteurs.

Finlande

1986 : Les compagnies d'électricité maintiennent des stocks d'uranium représentant plus d'une année de besoins prévisionnels. Le gouvernement ne maintient pas de stocks.

1989 : Les compagnies d'électricité conservent des stocks d'uranium représentant plus d'une année de besoins prévisionnels. La compagnie d'électricité TVO possède en outre à l'étranger de l'uranium à divers stade de traitement. Le gouvernement ne maintient pas de stocks.

2003 : Les compagnies d'électricité exploitant des centrales nucléaires maintiennent des réserves d'éléments combustibles représentant entre sept mois et un an de fonctionnement.

France

1986 : Électricité de France possède un stock de sécurité dont le niveau est fixé à l'équivalent de trois ans de consommation pour faire face à d'éventuelles ruptures d'approvisionnement.

Japon

1989 : Les compagnies d'électricité japonaises maintiennent des stocks équivalant à plusieurs années de besoins prévisionnels en uranium, principalement dans les usines de fabrication et sur les sites des centrales nucléaires.

Lituanie

1997 : La compagnie d'électricité maintient en général un stock de combustible enrichi représentant six mois d'exploitation.

2003 : La politique est de maintenir des stocks suffisants pour couvrir trois mois d'exploitation de la centrale nucléaire.

Mexique

1991 : La compagnie nationale de l'électricité *(Comision Federal de Electricidad – CFE)* a pour ligne de conduite de maintenir des stocks équivalant à deux années de consommation prévisionnelle des réacteurs.

1997 : La politique suivie consiste à maintenir des stocks d'uranium naturel correspondant à un ou deux rechargements dans les installations d'enrichissement. Il était de règle de ne pas avoir de stocks d'uranium enrichi ou de combustible fabriqué.

Pays-Bas

1989 : La politique suivie consiste à maintenir des stocks d'uranium correspondant à approximativement cinq années de consommation future des réacteurs.

1997 : Les stocks d'uranium naturel avaient été écoulés au 31 décembre 1995 et, depuis lors, les Pays-Bas n'ont plus de stock.

République tchèque

2003 : Des stocks sous forme d'uranium naturel sont détenus par le gouvernement et par la DIAMO s.p. (société productrice). La compagnie d'électricité (CEZ, a.s.) ne détient pas de stocks stratégiques sous forme d'uranium naturel. Sa politique générale est de conserver l'uranium sous forme de combustible déjà fabriqué et de maintenir des quantités optimales d'uranium en cours de traitement, afin de répondre à peu près à ses besoins annuels.

Royaume-Uni

1983 : La politique du Royaume-Uni consiste à conserver des stocks permettant de couvrir les besoins en uranium pendant deux ans, à condition que la diversification des approvisionnements ait pu être assurée de façon satisfaisante. En outre, il est de règle de détenir une faible proportion de ces stocks sous forme d'uranium enrichi.

2003 : Les pratiques en matière de stocks au Royaume-Uni sont du ressort des divers organismes concernés. Les données précises sur le niveau des stocks sont confidentielles pour des raisons commerciales.

Suède

1986 : Les stocks devraient permettre aux réacteurs de fonctionner pendant 22 mois sans approvisionnement supplémentaire.

1998 : Le Parlement de Suède a décidé en 1998 de remplacer par un mécanisme de notification l'obligation antérieure des compagnies d'électricité de conserver un stock d'uranium enrichi correspondant à une production d'électricité de 35 TWh.

Suisse

1989 : La politique des sociétés exploitant des centrales nucléaires est de maintenir une à deux années d'approvisionnements sous forme d'assemblages combustibles neufs.

1991 : La Suisse prescrit de stocker des assemblages combustibles permettant de couvrir les besoins pour une année.

Yougoslavie

1989 : Le niveau des stocks requis par les compagnies d'électricité est de 10,6 tonnes d'uranium enrichi (4,3 % de ^{235}U).

OECD PUBLICATIONS, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
PRINTED IN FRANCE
(66 2006 09 2P) ISBN 978-92-64-02808-1 – No. 55270 2007



Ressources, production et demande de l'uranium : un bilan de quarante ans

La première parution du « Livre rouge », préparé conjointement par l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), remonte à 1965 et, depuis lors, il s'est imposé à travers le monde comme un ouvrage de référence sur l'uranium. En 40 ans d'existence, le Livre rouge a accumulé une impressionnante moisson de données officielles fournies par les gouvernements.

La « Rétrospective du Livre rouge » a été entreprise pour collecter, rassembler, analyser et publier toutes les informations clés recueillies dans les 20 éditions du Livre rouge parues entre 1965 et 2004. Par ailleurs, c'était l'occasion de compléter certaines informations afin de présenter un état des lieux aussi achevé et exhaustif que possible. Au final, la Rétrospective du Livre rouge dresse un tableau évolutif complet du secteur de l'uranium à l'échelle mondiale dans les domaines suivants : prospection, ressources, production, besoins liés aux réacteurs, inventaires et prix. On y examine dans le détail le chemin parcouru par les grands pays producteurs d'uranium, notamment l'Allemagne (y compris l'ex-République démocratique allemande), l'Australie, le Canada, les États-Unis, la Fédération de Russie (y compris l'ex-Union des républiques socialistes soviétiques) et la France. Ainsi peut-on, pour la première fois, obtenir une vision globale de la production et de la demande annuelles et cumulées d'uranium depuis l'avènement de l'ère atomique. Outre les données chronologiques et les documents connexes, on trouvera dans la Rétrospective du Livre rouge des analyses d'experts qui jettent une lumière nouvelle sur certaines dimensions importantes du secteur comme : le coût des découvertes, les ratios entre ressources et production, et le délai qui sépare la découverte de la production, entre autres.

En conclusion, la Rétrospective du Livre rouge met à la disposition du public une somme d'informations sans équivalent sur le secteur de l'uranium, depuis la naissance de l'énergie nucléaire civile jusqu'à l'aube du 21ème siècle.

(66 2006 09 2 P) € 90.00
ISBN 978-92-64-02808-1

www.oecd.org

