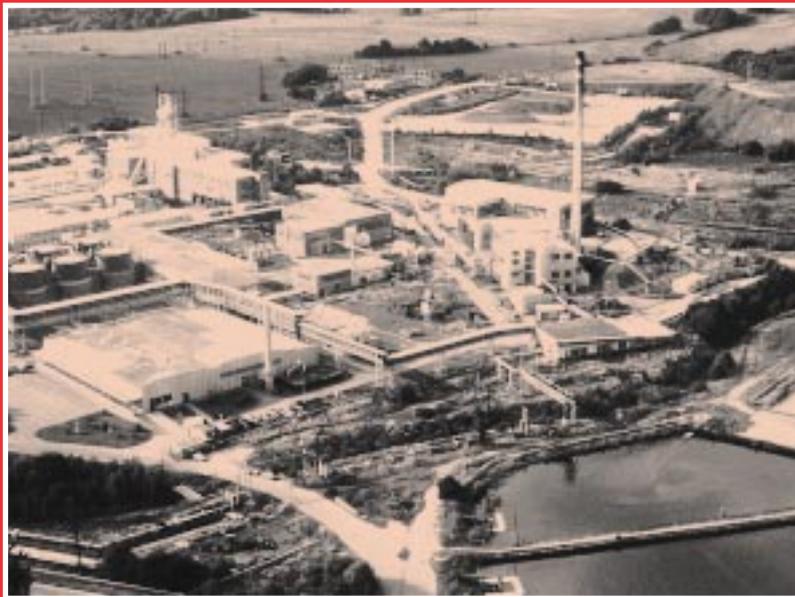


URANIUM

1997 RESSOURCES, PRODUCTION ET DEMANDE



RAPPORT ÉTABLI CONJOINTEMENT PAR
L'AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ET
L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

URANIUM

1997

RESSOURCES, PRODUCTION ET DEMANDE

RAPPORT ÉTABLI CONJOINTEMENT PAR
L'AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ET
L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

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

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

En vertu de l'article 1^{er} de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que les pays non membres, en voie de développement économique;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les pays Membres originaires de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants sont ultérieurement devenus Membres par adhésion aux dates indiquées ci-après : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971), la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), le Mexique (18 mai 1994), la République tchèque (21 décembre 1995), la Hongrie (7 mai 1996), la Pologne (22 novembre 1996) et la Corée (12 décembre 1996). La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE (article 13 de la Convention de l'OCDE).

L'AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (AEN) a été créée le 1^{er} 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 groupe aujourd'hui tous les pays Membres de l'OCDE, à l'exception de la Nouvelle-Zélande et de la Pologne. La Commission des Communautés européennes participe à ses travaux.

L'AEN a pour principal objectif de promouvoir la coopération entre les gouvernements de ses pays participants pour le développement de l'énergie nucléaire en tant que source d'énergie sûre, acceptable du point de vue de l'environnement, et économique.

Pour atteindre cet objectif, l'AEN :

- encourage l'harmonisation des politiques et pratiques réglementaires notamment en ce qui concerne la sûreté des installations nucléaires, la protection de l'homme contre les rayonnements ionisants et la préservation de l'environnement, la gestion des déchets radioactifs, ainsi que la responsabilité civile et l'assurance en matière nucléaire;
- évalue la contribution de l'électronucléaire aux approvisionnements en énergie, en examinant régulièrement les aspects économiques et techniques de la croissance de l'énergie nucléaire et en établissant des prévisions concernant l'offre et la demande de services pour les différentes phases du cycle du combustible nucléaire;
- développe les échanges d'information scientifiques et techniques notamment par l'intermédiaire de services communs;
- met sur pied des programmes internationaux de recherche et développement, et des entreprises communes.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique de Vienne, avec laquelle elle a conclu un Accord de coopération, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine nucléaire.

Also available in English under the title:

URANIUM 1997
RESOURCES, PRODUCTION AND DEMAND – 1998 EDITION

Crédit photo : The Hamr production centre, Czeck Republic – courtesy of Diamo s.p.

© OCDE 1998

Les permissions de reproduction partielle à usage non commercial ou destinée à une formation doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France, Tél. (33-1) 44 07 47 70, Fax (33-1) 46 34 67 19, pour tous les pays à l'exception des États-Unis. Aux États-Unis, l'autorisation doit être obtenue du Copyright Clearance Center, Service Client, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, or CCC Online: <http://www.copyright.com/>. Toute autre demande d'autorisation de reproduction ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée aux Éditions de l'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

PRÉFACE

Depuis le milieu des années soixante, l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ont publié conjointement, avec la collaboration de leurs pays et États Membres, des mises à jour périodiques sur les ressources, la production et la demande dans le domaine de l'uranium, mieux connues sous le nom de « Livre rouge ». La dix-septième édition du Livre rouge remplace l'édition de 1995 et repose sur les informations existantes au 1er janvier 1997.

Depuis 1973, le Livre rouge paraît tous les deux ans. Il présente une analyse approfondie de la situation actuelle de l'offre et de la demande d'uranium, ainsi que des projections jusqu'en 2015. Cette analyse se fonde sur des estimations des ressources en uranium ventilées en plusieurs catégories caractérisées par le degré de certitude de leur existence et leur rentabilité économique, de même que sur des projections relatives à la capacité théorique de production, à la puissance nucléaire installée et aux besoins en combustible des réacteurs. On y trouve également des données statistiques annuelles concernant les dépenses de prospection, la production d'uranium, les effectifs employés dans ce secteur et les niveaux des stocks d'uranium. Outre cette analyse globale, le Livre rouge contient des rapports nationaux détaillés sur les ressources en uranium, les activités de prospection et de production et les politiques relatives à l'uranium.

Cette publication a été établie à partir des données fournies en réponse aux questionnaires soumis par l'AEN à ses pays Membres et par l'AIEA à ceux de ses États Membres qui n'appartiennent pas à l'OCDE. Bien que certains pays aient établi des rapports nationaux exhaustifs qui sont, pour l'essentiel, présentés sous leur forme originale au Chapitre III, d'autres rapports ont été rédigés par chaque agence suivant les réponses aux questionnaires ou d'autres réponses officielles qui lui étaient parvenues. Les deux agences se sont partagées la préparation des autres sections du rapport, les travaux étant exécutés sous la supervision générale du Groupe reconstitué AEN-AIEA sur l'uranium.

Les Chapitres I et II sur l'offre et la demande d'uranium ont été rédigés par des groupes de travail distincts composés de membres du Groupe reconstitué AEN-AIEA sur l'uranium et présidé par ses vice-présidents (voir annexe 1).

Ce rapport expose la situation de l'offre d'uranium dans l'ensemble du monde à partir de l'évaluation et de la compilation des données sur les ressources en uranium et sur la production passée et présente, ainsi que des projets de production future. Ces données, provenant de 59 pays, sont ensuite comparées aux quantités d'uranium susceptibles d'être requises à l'avenir pour les réacteurs. En outre, ce rapport rend compte des niveaux récents des activités de prospection de l'uranium et les analyse. L'édition 1997 présente pour la seconde fois des estimations de ressources récupérables à un niveau de coût de production inférieur ou égal à 40 \$/kg d'uranium.

Certaines informations sur la demande d'uranium à court terme, jusqu'en 2015, ont été communiquées par les autorités nationales. Les projections sur la demande d'uranium à plus long terme, qui reposent sur l'avis d'experts plutôt que sur des indications fournies par les pays, sont examinées du point de vue qualitatif dans le rapport.

Les opinions exprimées dans les Chapitres I et II ne reflètent pas nécessairement le point de vue des pays ou États Membres ou de toute organisation internationale. Ce rapport est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.

REMERCIEMENTS

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN), Paris et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Vienne, remercient tous les organismes (voir Annexe 2) qui ont collaboré à l'établissement de ce rapport en répondant au questionnaire qui leur a été soumis.

Suite à un accord intervenu entre l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire et l'AIEA, le Groupe sur l'uranium de l'AEN a été reconstitué en tant que Groupe conjoint AEN/AIEA sur l'uranium au cours de 1996. Il offre ainsi aux représentants de tous les pays et États Membres des deux organisations s'intéressant aux activités liées à l'uranium la possibilité d'une pleine participation. Il en est résulté un concours accru des États Membres de l'AIEA à l'établissement de la présente édition du Livre rouge.

TABLE DES MATIÈRES

EXPOSÉ DE SYNTHÈSE.....	9
DÉFINITIONS ET TERMINOLOGIE	17
I. OFFRE D'URANIUM	25
A. Ressources en Uranium.....	25
• Ressources classiques connues.....	25
• Introduction de la tranche de coût inférieur ou égal à 40\$/kg d'U	29
• Répartition des ressources connues par catégorie et par tranche de coût	29
• Disponibilité des ressources	31
• Autres ressources connues	31
• Ressources classiques non découvertes	31
• Ressources non classiques et autres produits	33
B. Prospection de l'Uranium	33
• Activités en cours et événements récents.....	37
C. Production d'Uranium.....	41
• État actuel de la production d'uranium	41
• Perspectives de production.....	49
• Techniques de production	52
• Projections relatives à la capacité théorique de production	54
D. Sûreté radiologique et aspects liés à l'environnement	57
II. DEMANDE D'URANIUM.....	62
A. Puissance nucléaire installée et besoins en uranium des réacteurs.....	62
B. Développement prévu de l'énergie nucléaire et besoins en uranium correspondants.....	68
C. Relations entre l'offre et la demande d'uranium.....	72
• Évolution de l'offre et de la demande d'uranium dans l'ex-Union Soviétique et en Europe orientale	77
• Structure du marché.....	79
• Perspectives jusqu'en 2015	88
D. Répercussions des évolutions récentes sur les perspectives à long terme.....	89

III. URANIUM : PROSPECTION, RESSOURCES ET PRODUCTION

CONTRIBUTIONS NATIONALES	95
Afrique du Sud.....	96
Allemagne.....	105
Argentine.....	112
Australie.....	119
Belgique.....	134
Brésil.....	138
Bulgarie.....	145
Canada.....	148
Chili.....	163
Chine.....	165
Colombie.....	176
Corée, République de.....	177
Cuba.....	178
Danemark.....	180
Égypte.....	181
Espagne.....	185
Estonie.....	191
États-Unis.....	193
Finlande.....	208
France.....	212
Gabon.....	219
Grèce.....	225
Hongrie.....	228
Inde.....	234
Indonésie.....	242
Iran, République Islamique de.....	244
Irlande.....	246
Italie.....	247
Japon.....	247
Jordanie.....	250
Kazakhstan.....	252
Lituanie.....	265
Malaisie.....	266
Maroc.....	267
Mexique.....	269
Mongolie.....	271
Namibie.....	280
Niger.....	288
Norvège.....	295
Ouzbékistan.....	296
Pakistan.....	306
Pays-Bas.....	310
Péru.....	311
Philippines.....	313
Portugal.....	314
République slovaque.....	320

République tchèque	322
Roumanie	332
Royaume-Uni.....	339
Russie, Fédération de.....	344
Slovénie.....	353
Suède	356
Suisse.....	358
Thaïlande.....	361
Turquie	362
Ukraine.....	363
Viêt Nam.....	375
Zambie	378
Zimbabwe	380

ANNEXES

1. Membres du Groupe AEN/AIEA sur l'uranium.....	383
2. Liste des organismes ayant contribué au présent rapport.....	388
3. Contexte géologique des gisements d'uranium	392
4. Index des rapports nationaux parus dans les éditions du livre rouge de 1965 à 1997.....	396
5. Équivalents énergétiques de l'uranium et coefficients de conversion de l'énergie.....	402
6. Taux de change	405
7. Groupement de pays et de zones géographiques	407
8. Termes techniques	409

EXPOSÉ DE SYNTHÈSE

Le présent ouvrage, intitulé *Uranium 1997 – Ressources, Production et Demande*, expose les résultats de l'examen de la situation de l'offre et de la demande d'uranium en 1997 dans le monde, fondé sur les contributions officielles de 59 pays, incluant des informations provenant de tous les pays producteurs d'uranium. Ce rapport donne les caractéristiques statistiques de l'industrie mondiale de l'uranium au 1er janvier 1997. Il contient des données sur les activités de prospection, les ressources et la production d'uranium, mettant à jour l'édition de 1995 du Livre rouge. D'importantes informations nouvelles sont fournies sur les pays producteurs d'uranium, notamment sur les plans d'accroissement de la production en Australie, au Canada, aux États-Unis, au Kazakhstan, en Mongolie, en Ouzbékistan et dans la Fédération de Russie. On trouvera aussi dans ce rapport des projections de la puissance nucléaire installée et des besoins en uranium des centrales nucléaires jusqu'en 2015 pour tous les pays qui possèdent un parc nucléaire, ou qui projettent ou sont susceptibles de se doter de tels parcs.

Le marché mondial de l'uranium

Après une quinzaine d'années de baisse des prix sur le marché et de déclin des activités, un amoindrissement des approvisionnements disponibles, joint à une demande croissante des acheteurs, ont entraîné un redressement des prix de l'uranium à partir d'octobre 1994 jusqu'au second semestre de 1996. En août 1996, le prix « non corrigé » s'était accru de 116 pour cent atteignant 39,65 \$/kg d'U (15,25 \$/livre d'U₃O₈), alors que le prix « corrigé » avait augmenté de 75 pour cent pour s'établir à 42,38 \$/kg d'U (16,30 \$/livre d'U₃O₈). Toutefois, après septembre 1996, la tendance à la hausse des prix s'est inversée et les prix non corrigés et corrigés ont fortement chuté, ne se situant plus respectivement qu'à environ 23,92 \$/kg d'U (9,2. \$/livre d'U₃O₈) et à 26,52 \$/kg d'U (10,20 \$/livre d'U₃O₈) au 31 août 1997.

L'augmentation des prix de l'uranium observée d'octobre 1994 jusqu'au milieu de 1996 a été considérée par certains commentateurs comme dénotant l'amorce d'une phase de reprise sur le marché de l'uranium. Toutefois, la rechute des prix spot à partir du second semestre de 1996 laisse penser qu'une situation d'offre excédentaire prédominait encore sur le marché au milieu de 1997.

Alors que le secteur de l'uranium au plan mondial a présenté des signes de renouvellement au cours des quelques dernières années, les événements caractérisant le marché de l'uranium sont symptomatiques de l'incertitude persistante à laquelle sont confrontés tous les producteurs et consommateurs d'uranium. Avec une puissance nucléaire mondiale en expansion et une production d'uranium répondant à moins de 65 pour cent de la demande depuis 1990, les stocks d'uranium ont continué de s'amenuiser à une cadence rapide (atteignant jusqu'à 28 200 t d'U par an). L'incertitude quant aux niveaux des stocks mondiaux d'uranium qui subsistent et au volume des excédents de matières militaires qui seront mis sur le marché, rend difficile de déterminer quand l'offre et la demande parviendront à un meilleur équilibre et quel sera le prix qui s'établira alors entre les nouveaux fournisseurs et les acheteurs d'uranium.

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Au 1er janvier 1997, les ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I), récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U, s'élevaient à environ 4 299 000 t d'U. Par rapport à l'estimation figurant dans la dernière édition du Livre rouge (1995), ce total s'est accru d'environ 448 000 t d'U, soit 12 pour cent. Cette augmentation s'explique, pour une part, par la prise en compte de ressources classées auparavant dans la catégorie des « Autres ressources connues » (Fédération de Russie, Ouzbékistan et Inde, par exemple) et, pour une autre, par des réévaluations des ressources effectuées dans plusieurs pays.

Au 1er janvier 1997, les ressources entrant dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U, représentaient au total 2 340 000 t d'U, soit environ 10 pour cent de plus qu'en 1995. Dans la catégorie des RSE-I, les ressources sont estimées à 745 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U, soit 17 pour cent de plus qu'en 1995. Des augmentations ont été notifiées dans ces deux catégories pour les ressources exploitables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U par le Canada (61 000 et 69 000 t d'U) et par l'Afrique du Sud (14 000 et 10 000 t d'U). De nouvelles informations ont été soumises par la Fédération de Russie (145 000 et 36 500 t d'U) et par l'Ouzbékistan (66 000 et 39 000 t d'U).

Dans la catégorie de RRA, environ 757 990 t d'U ont été indiquées par onze pays comme étant exploitables à des coûts inférieurs ou égaux à 40 \$/kg d'U. Cela représente environ 30 pour cent des RRA entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U. Dans la catégorie des RSE-I, on estime à environ 300 110 t d'U les ressources entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U, soit 36 pour cent environ des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U.

Les RRA récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U se sont accrues, atteignant 3 349 000 t d'U, soit environ 213 000 t d'U (7 pour cent) de plus qu'en 1995. Dans la catégorie des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U, les ressources ont atteint 1 079 000 t d'U, soit environ 179 000 t d'U (20 pour cent) de plus qu'en 1995.

Prospection de l'uranium

Après plus d'une dizaine d'année de ralentissement des activités de prospection, on a relevé une augmentation des dépenses de prospection dans 18 des 26 pays qui indiquent de telles dépenses. Vingt-quatre autres pays ont indiqué qu'en 1995 et 1996, l'uranium n'avait fait l'objet d'aucune prospection. Le volume des activités de prospection demeure encore très faible par rapport à celui du début des années 80.

En 1995, 26 pays au total ont notifié des dépenses de prospection s'élevant au total à 83,6 millions de dollars des États-Unis, en augmentation de 12 pour cent par rapport à 1994 (74,7 millions de dollars des États-Unis). En 1996, 24 pays ont fait état de dépenses de prospection s'élevant au total à environ 85,9 millions de dollars des États-Unis. A titre de comparaison, en 1986, environ 180 millions de dollars des États-Unis ont été dépensés dans 37 pays, non compris les dépenses des anciens pays n'appartenant pas au MEM (Monde à Économie de Marché). À l'heure actuelle, la plupart des activités de prospection (représentant 83 pour cent des dépenses) sont menées en Australie, au Canada, en Egypte, aux États-Unis, en Inde, en Ouzbékistan et dans la Fédération de Russie, et, dans une moindre mesure, en France, au Gabon, en Mongolie et en Roumanie.

Les activités de prospection menées en dehors de leur territoire national par des compagnies allemandes, américaines, canadiennes, coréennes, françaises et japonaises se sont ralenties, passant de 48,8 millions de dollars des États-Unis en 1994 à 21,5 millions de dollars des États-Unis en 1996. Ce recul est principalement imputable à la baisse des dépenses de prospection à l'étranger engagées par la France.

Production d'uranium

La production d'uranium au plan mondial s'est accrue de 5 pour cent, s'élevant à environ 33 200 t d'U en 1995, puis d'environ 9 pour cent pour atteindre 36 200 t d'U en 1996. Après avoir chuté de plus de 36 pour cent depuis 1990, la production avait atteint un minimum de 31 611 t d'U en 1994. Les variations du niveau de production sont inégalement réparties au plan géographique. Dans les pays de l'ex-MEM, des accroissements annuels de plus de 12 pour cent sont intervenus, alors que la production dans le reste du monde a baissé d'environ 18 pour cent de 1994 à 1996. Compte tenu des plans annoncés pour 1997, et des estimations effectuées pour les pays non déclarants, il se peut que la production mondiale augmente pour atteindre de l'ordre de 38 000 à 39 000 tonnes d'U, voire davantage en 1997.

En 1996, on comptait 23 pays producteurs d'uranium, y compris l'Allemagne qui a produit de l'uranium récupéré dans le cadre de son programme de fermeture de réhabilitation des sites après leur fermeture. Les dix principaux producteurs (Afrique du Sud, Australie, Canada, États-Unis, Kazakhstan, Namibie, Niger, Ouzbékistan, Fédération de Russie et Ukraine) ont assuré environ 90 pour cent de la production. Selon les estimations, l'uranium provenant de la Chine, de l'Inde et du Pakistan représente au total environ 2 à 3 pour cent de la quantité produite dans le monde. Cette production a été assurée par environ 63 centres miniers, les concentrés étant produits dans environ 44 installations (usines) de traitement.

L'emploi lié à la production d'uranium, d'après les indications fournies par 21 pays, non compris l'Afrique du Sud, l'Inde, la Mongolie et le Pakistan, est tombé de 59 071 à 52 363 personnes entre 1994 et 1996, soit une baisse de 11 pour cent.

Les techniques classiques d'extraction et de traitement sont demeurées la principale méthode utilisée pour produire de l'uranium, ayant assuré près de 80 pour cent de la production mondiale au cours de la période 1994-1996. La part revenant à l'exploitation en souterrain demeure légèrement supérieure (de 3 à 5 pour cent) à celle de l'exploitation à ciel ouvert. Celle obtenue par les techniques de lixiviation in situ (LIS) s'est maintenue quasi constante à environ 15 pour cent de la production. D'autres méthodes (récupération en tant que sous-produit des phosphates, lixiviation en tas et sur place) assurent environ 6 à 8 pour cent du total. Dans cette estimation, la totalité de la production de l'Afrique du Sud et du centre d'Olympic Dam (Australie) est considérée comme obtenue par des techniques classiques.

Projections relatives à la capacité théorique de production

On trouvera, dans la présente édition du Livre rouge, des projections de la capacité théorique mondiale de production jusqu'en 2015, qui ont été établies sur la base des plans de 25 pays producteurs et/ou potentiellement producteurs. Deux chiffres sont donnés concernant respectivement les centres de production « existants » et « commandés », et les installations « prévues » et « envisagées ». Ces deux séries de projections sont établies sur la base des ressources entrant dans les

catégories des RRA et RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U, et qui sont tributaires de centres de production.

La capacité théorique de production des centres existants et commandés qui, en 1997, est d'environ 42 900 t d'U, atteindra environ 45 600 t d'U en 1998. D'ici à l'an 2000, elle diminuera légèrement se situant à 45 200 t d'U par an. La fermeture de mines existantes (en raison de l'épuisement des ressources) entraînera d'ici à 2005 une chute brutale de la capacité théorique de production des centres existants et commandés qui ne sera plus que de 33 400 t d'U. Cette capacité continuera ensuite de baisser lentement pour se situer à environ 32 100 t d'U en 2015.

Le secteur de la production d'uranium va subir d'importants changements au cours de la période allant de 1997 à 2005. En 1996, avec un taux d'utilisation de la capacité des installations de 85 pour cent, la capacité théorique de production des centres existants et commandés (42 500 t d'U) représentait environ 70 pour cent des besoins de l'année. Ce rapport devrait demeurer à peu près identique jusqu'à la fin de l'an 2000. Avec les fermetures d'installations devant intervenir après l'an 2000, la capacité théorique de production des centres existants et commandés représentera moins de 50 pour cent des besoins projetés en 2005. D'ici à 2015, de 40 à 50 pour cent seulement des besoins seront couverts par la capacité théorique de production des centres existants et commandés.

Vers l'an 2000, les centres prévus et envisagés devraient, selon les projections, représenter environ 14 600 t d'U supplémentaires, portant la capacité théorique totale de production des centres existants, commandés, prévus et envisagés à environ 59 800 t d'U. D'ici à 2005, les centres prévus et envisagés devrait, d'après les projections, représenter environ 28 300 t d'U de capacité théorique de production. La mise en service de l'ensemble de cette capacité théorique d'ici à 2005 permettrait de disposer de 61 600 t d'U par an, ce qui équivaut à environ 90 pour cent des besoins annuels. Les projections montrent que la capacité théorique de production des centres prévus et envisagés doit ensuite continuer de s'accroître, atteignant environ 33 100 t d'U en 2010. La capacité théorique totale des centres existants, commandés, prévus et envisagés serait alors d'environ 66 200 t d'U, équivalant à 86 à 93 pour cent des besoins.

La capacité théorique de production des centres prévus et envisagés diminuera ensuite pour se situer à environ 28 600 t d'U vers 2015, alors que la capacité théorique totale de production des centres existants, commandés, prévus et envisagés sera, d'après les projections, d'environ 60 700 t d'U. Ce volume permettra de couvrir de 73 à 97 pour cent des besoins projetés.

L'évolution de la capacité théorique de production projetée décrite ci-dessus, laisserait des besoins non satisfaits atteignant environ 5 000 t d'U en l'an 2000, de 5 000 à 8 000 t d'U en 2005, de 5 000 à 11 000 t d'U en 2010 et de 2 000 à 22 000 t d'U en 2015. Ces besoins non satisfaits pourraient être couverts par d'autres sources d'approvisionnements, notamment par des prélèvements sur les stocks civils, de l'uranium faiblement enrichi obtenu par mélange à partir d'uranium hautement enrichi, des ventes à partir de stocks gouvernementaux, et des matières retraitées.

Stocks d'uranium

Sur la base d'une enquête mondiale effectuée auprès des compagnies d'électricité et d'autres détenteurs de stocks (gouvernements, producteurs et autres), l'*Uranium Institute* a estimé les stocks mondiaux à 160 000 t d'U à la fin de 1995. Les stocks détenus par la Chine et la Fédération de Russie ne sont pas connus.

L'évolution dans le temps de l'offre et de la demande d'uranium a été dominée par un déséquilibre entre la production et la consommation. Pendant de nombreuses années, la production a dépassé les besoins des réacteurs et des autres utilisations, entraînant l'accumulation d'importants stocks dans le monde.

Depuis 1990, la production mondiale d'uranium a été inférieure aux besoins en uranium, ce qui a notablement réduit les stocks. La différence entre la production mondiale et les besoins des réacteurs s'est accrue passant de 11 000 t d'U en 1991 à environ 28 000 t d'U en 1995. Elle était d'environ 24 300 t d'U en 1996. Au 1er janvier 1997, la différence cumulée sur la période était d'environ 136 000 t d'U. Ce déficit a été pour une large part comblé par des prélèvements opérés sur les stocks mondiaux. Une faible fraction a été couverte grâce au retraitement du combustible déchargé et à la vente d'uranium faiblement enrichi obtenu par mélange à partir de combustible hautement enrichi d'origine russe.

À l'heure actuelle, rien ne laisse penser que cette situation caractérisée par un important écart entre la production et les besoins ait notablement évolué. On s'attend à ce que les besoins en 1997 excèdent la production de plus de 20 000 t d'U. La réalisation des projets prévus analysés dans le présent ouvrage, pourrait sensiblement réduire ce déséquilibre au cours des années à venir.

Autres sources d'approvisionnement

En 1996, des plans et des calendriers plus fermes visant la mise à disposition des excédents d'uranium hautement enrichi du Gouvernement russe et des excédents d'uranium hautement enrichi, d'uranium naturel et d'uranium faiblement enrichi du Gouvernement des États-Unis ont été rendus publics. Selon les échéanciers actuels, environ 180 800 t d'U (470 millions de livres d' U_3O_8) et 100 millions d'unités de travail de séparation isotopique (UTS), devraient provenir de la commercialisation des excédents des stocks des gouvernements américain et russe au cours des 15 à 20 prochaines années. Plus de 11 500 t d'U (30 millions de livres d' U_3O_8) et 6 millions d'UTS provenant de ces sources pourraient être mis sur le marché chaque année dans les cinq ans à venir. Le mélange de 500 tonnes d'uranium hautement enrichi provenant des excédents russes représentera la part la plus importante ; elle équivaut à environ 153 000 t d'U (398 millions de livres d' U_3O_8) et à 92 millions d'UTS. La Loi sur la privatisation de la Société d'enrichissement des États-Unis (*United States Enrichment Corporation – USEC*) a fixé un contingent pour la vente à des utilisateurs finals d'uranium obtenu à partir de l'uranium hautement enrichi d'origine russe : initialement de 769 t d'U (2 millions de livres d' U_3O_8) en 1998, il sera de 5 000 t d'U (13 millions de livres d' U_3O_8) en 2004 et atteindra 7 692 t d'U (20 millions de livres d' U_3O_8) d'ici à 2009. Les matières tirées de l'uranium hautement enrichi représenteront 4 pour cent des besoins des réacteurs américains en 1998, 33 pour cent en 2004, et dépasseront 50 pour cent en 2009. Ces matières représenteront 1 à 11 pour cent des besoins annuels mondiaux au cours de la période considérée.

Le recyclage dans du combustible MOX (à mélange d'oxydes) du plutonium récupéré (et, dans une moindre mesure de l'uranium retraité) est déjà utilisé dans les cycles du combustible civils des réacteurs à eau ordinaire par certains pays. Cette technologie permet d'améliorer le rendement global du cycle du combustible, mais ne modifiera pas de façon spectaculaire la demande mondiale d'uranium à court terme, car les quantités en jeu sont assez faibles. En 1996, environ 1 200 t d'U (équivalent d'uranium naturel) sous forme de combustible MOX et 500 tonnes d'uranium retraité ont été utilisées dans des réacteurs appartenant à des compagnies d'électricité de l'Union Européenne. À l'heure actuelle, il n'y a pas d'autres pays utilisant des quantités notables de combustible MOX. Le

recours à ce type de combustible pourrait s'accroître pour atteindre 3 000 t d'U (équivalent d'uranium naturel) d'ici à 2010.

Le Gouvernement des États-Unis étudie des moyens de disposer de son stock excédentaire de plutonium déclaré s'élevant à 38,2 tonnes. L'une des solutions proposées consiste à recycler ce plutonium sous forme de combustible MOX dans des centrales nucléaires à raison de 2,25 t de Pu par an, soit environ 380 t d'équivalent d'uranium naturel par an, au cours de la période allant de 2005 à 2022. Un programme analogue peut être élaboré afin de disposer des excédents de plutonium détenus par la Fédération de Russie.

Sûreté radiologique et aspects liés à l'environnement

La section sur la sûreté radiologique et les aspects liés à l'environnement de l'extraction et de la production d'uranium figure pour la seconde fois dans cette publication. Elle vise à informer les lecteurs sur la pertinence des mesures de protection de l'environnement prises dans le secteur. Ces questions revêtent une importance de plus en plus grande par suite de deux faits nouveaux : le nombre croissant d'installations de production qui ont récemment été mises hors service ; et l'obligation de plus en plus répandue, pour de nouveaux projets, d'obtenir des autorisations préalables du point de vue des incidences sur l'environnement. En outre, les aspects liés à l'environnement doivent être pris en compte dans le cas des sites de production qui ont été abandonnés à une époque où des prescriptions légales adéquates visant le déclassement et la remise en état n'avaient pas encore été établies. Nombre de ces sites ont été abandonnés sans qu'aucune mesure de sûreté ou de remise en état et de restauration ne soit envisagée. D'importantes activités concernant l'environnement ont été signalées par plusieurs pays, notamment l'Afrique du Sud, l'Allemagne, l'Australie, le Canada, les États-Unis, la France, le Kazakhstan, la Namibie, l'Ouzbékistan et la République tchèque. Les activités concernant l'environnement entreprises en liaison avec de nouveaux projets revêtent une importance croissante, étant donné la nouvelle capacité théorique de production qui sera requise au cours des dix prochaines années et au-delà.

Demande d'uranium

Les besoins annuels mondiaux des centrales nucléaires ont été estimés, en 1996, à environ 60 488 tonnes d'équivalent d'uranium naturel. On escomptait pour 1997 une augmentation d'environ 3 300 t d'U de la demande, qui atteindrait 63 772 t d'U. Ces besoins dépendent de la puissance nucléaire installée ou, plus précisément, de la production d'électricité d'origine nucléaire. Au début de 1997, il y avait 442 tranches électronucléaires en service dans le monde, représentant une puissance installée totale nette de 353 GWe (gigawatts électriques) couplée au réseau. Au total, 36 nouveaux réacteurs sont en construction, qui représentent une puissance installée d'environ 28 GWe. Ces dernières années, l'expansion du parc nucléaire s'est considérablement ralentie. Depuis la parution de la dernière édition du Livre rouge il y a deux ans, la puissance installée ne s'est accrue que d'environ 13 GWe.

L'augmentation des facteurs de disponibilité des centrales nucléaires et/ou de leur niveau de puissance sont susceptibles d'accroître les besoins en uranium de ces centrales. Des améliorations et des modifications apportées à la technologie des réacteurs nucléaires peuvent aussi influencer sur les besoins, mais il est peu probable que ces facteurs aient une incidence notable avant 2015. L'accroissement du taux d'irradiation du combustible, l'abaissement du taux de rejet des usines

d'enrichissement, et le recyclage du plutonium et de l'uranium de retraitement, sont autant de facteurs qui peuvent influencer sur les besoins en uranium des centrales nucléaires.

Projections relatives à la demande d'uranium

La puissance nucléaire installée mondiale devrait s'accroître, passant de 353 GWe en 1996 à des niveaux de l'ordre de 395 à 501 GWe d'ici à 2015. Cela représente une augmentation de 12 à 42 pour cent par rapport au niveau de 1996, soit un taux annuel d'accroissement compris entre 0,6 et 1,9 pour cent entre 1996 et 2005. Alors que les valeurs hautes des fourchettes font apparaître une croissance régulière de la puissance nucléaire installée jusqu'en 2015, les valeurs basses correspondent à une progression continue jusqu'en 2010, la puissance installée atteignant alors 427 GWe, suivie par un recul à 395 GWe en 2015.

Les besoins mondiaux en uranium des centrales nucléaires, qui étaient de 60 488 t d'U en 1996, devraient, selon les projections, s'accroître pour atteindre des niveaux compris entre 62 500 et 82 800 t d'U d'ici à 2015. Ces chiffres correspondent à des taux d'accroissement annuels de 0,2 à 1,7 pour cent. Les besoins cumulés au cours de la période allant de 1997 à 2015 se situeront entre 1 262 000 t d'U et 1 366 000 t d'U.

Les incertitudes sur les projections découlent d'hypothèses différentes concernant les calendriers de construction des centrales nucléaires, les annulations, les nouvelles commandes, et les possibilités de prolongation de la durée de vie des réacteurs. Les modifications des politiques nationales dans le domaine économique et réglementaire, et de la structure du secteur électrique sont également susceptibles d'influer sur la durée de vie des centrales nucléaires, et donc sur les besoins en uranium.

Relations entre l'offre et la demande

En 1996, la production mondiale d'uranium (36 195 t d'U) ne couvrait que 60 pour cent environ des besoins des centrales nucléaires (60 488 t d'U). Dans les pays de l'OCDE, la production en 1996 (21 183 t d'U) ne permettait de satisfaire que 42 pour cent de la demande (50 372 t d'U). Le reliquat de matières nécessaires pour alimenter en combustible les centrales nucléaires provenait principalement de prélèvements sur les stocks. Les achats d'uranium faiblement enrichi obtenu à partir d'uranium hautement enrichi ont porté sur de faibles quantités. Le combustible MOX (1 200 t d'U) et l'uranium retraité (500 t d'U) ont représenté un apport supplémentaire de 1 700 t d'U (équivalent d'uranium naturel).

Les besoins mondiaux en uranium des centrales nucléaires devraient continuer d'augmenter, passant d'environ 60 488 t d'U en 1996 à des niveaux compris entre 62 500 t d'U et 82 800 t d'U d'ici à 2015. La majeure partie de puissance qui sera installée à l'horizon 2015 est déjà en exploitation, en construction ou en projet. Il ne subsiste donc que peu d'incertitudes quant à cette puissance, résultant de possibles variations des délais de construction et de mise en œuvre des plans relatifs à de nouvelles tranches dans quelques pays. Les besoins en uranium à court terme sont prévisibles avec un bon degré de certitude. Des facteurs opérationnels, tels que les facteurs de charge, le recyclage du plutonium et l'utilisation de combustible MOX, ainsi que le taux de combustion peuvent aussi affecter les besoins ; toutefois, ces facteurs ne sont guère susceptibles d'avoir une incidence majeure. Une autre source éventuelle d'incertitude tient à la possibilité d'une mise hors service anticipée de certains réacteurs nucléaires. Il existe une possibilité de réduction de la puissance nucléaire installée dans un petit nombre de pays qui possèdent quelques tranches nucléaires anciennes relativement peu efficaces et où la

restructuration du secteur de l'offre d'électricité peut avoir une incidence sur la durée de vie des centrales nucléaires. Néanmoins, le nombre projeté d'adjonctions de nouvelles tranches nucléaires dans le monde devrait être suffisant pour compenser les éventuelles mises hors service anticipées.

Le côté offre du marché de l'uranium au cours des deux prochaines décennies se caractérise par un niveau plus élevé d'incertitude. Celle-ci est liée principalement aux importants changements qui devraient intervenir concernant les sources de combustible des centrales. La question est de savoir quand ces changements se produiront et quelle sera l'importance relative de chacune des sources d'approvisionnement, et si ces importants changements sont de nature à s'accompagner de périodes de déséquilibre.

Pendant plusieurs années, les besoins ont été couverts par la production, complétée par des déstockages. Depuis 1991, les prélèvements sur les stocks ont fourni entre 20 et 50 pour cent des besoins des centrales non couverts par la production. D'autres sources, notamment le combustible MOX, l'uranium retraité, l'uranium faiblement enrichi obtenu à partir d'uranium hautement enrichi et les ventes de stocks du Gouvernement des États-Unis ont permis de répondre à une fraction de la demande représentant quelques pour cent au cours des dernières années. Il semble maintenant que ces stocks excédentaires sont presque épuisés ; toutefois, le volume des stocks russes n'est pas connu.

Il est par conséquent nécessaire de parvenir à un nouvel équilibre entre l'offre et la demande. Au cours des quelques prochaines années, les approvisionnements à partir des stocks devraient décroître, alors que la contribution relative tant de la production que d'autres sources d'approvisionnements augmentera. La principale source de remplacement devrait être constituée par l'uranium faiblement enrichi obtenu par mélange à partir des 500 tonnes d'uranium hautement enrichi achetées par les États-Unis à la Fédération de Russie. Des quantités supplémentaires seront rendues disponibles à partir des excédents d'uranium hautement enrichi, d'uranium naturel et d'uranium faiblement enrichi. La demande devrait être satisfaite dans de faibles proportions grâce à du combustible MOX et à de l'uranium retraité. Une contribution supplémentaire minimale pourrait venir, au-delà de 2005, de l'utilisation du plutonium déclaré excédentaire aux besoins de défense tant par les États-Unis que par la Fédération de Russie.

La production minière devrait demeurer la source d'approvisionnements couvrant la majeure partie des besoins. À plus long terme, la production d'uranium et les besoins des centrales nucléaires devraient parvenir à mieux s'équilibrer. Un marché plus équilibré entre production et demande pourrait être atteint lorsque les excédents des stocks de matières auront été ramenés aux niveaux souhaités et après que des quantités notables de matières provenant du démantèlement des armes nucléaires auront été mises sur le marché.

À long terme, la croissance de la demande projetée d'uranium pourrait même être plus forte en raison des préoccupations suscitées par la sécurité des approvisionnements à long terme en combustibles fossiles, ainsi que de la prise de conscience accrue du fait que les centrales nucléaires ne contribuent ni aux pluies acides ni au réchauffement de la planète. En particulier, l'importance croissante du débat relatif aux gaz à effet de serre, et au changement climatique qu'ils entraînent, pourrait amener le public à mieux accepter l'électronucléaire en tant que solution de remplacement valable dans le cadre du développement durable à long terme.

DÉFINITIONS ET TERMINOLOGIE

Seuls des changements mineurs ont été apportés à la terminologie et aux définitions AEN/AIEA en matière de ressources depuis les modifications qui ont été introduites dans l'édition de décembre 1983 du Livre rouge. La seule exception notable a été l'introduction, dans l'édition de 1993 du Livre rouge, d'une nouvelle tranche de coût, à savoir celle des ressources récupérables à un coût inférieur ou égal à 40 \$ par kg d'U. Cette tranche de coût a été introduite afin de disposer d'une tranche plus proche des prix en vigueur sur le marché de l'uranium.

ESTIMATIONS RELATIVES AUX RESSOURCES

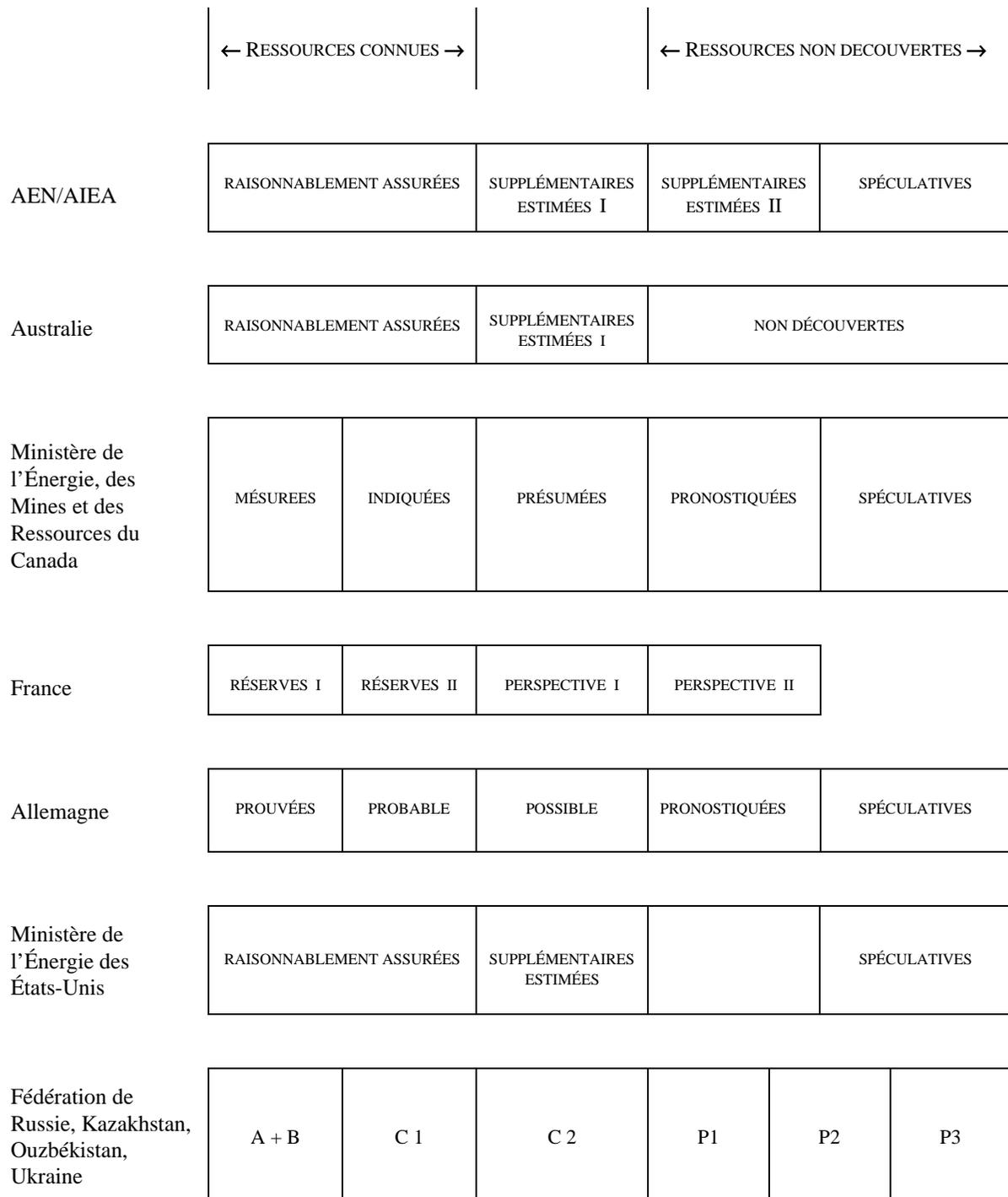
Les estimations des ressources sont divisées en catégories distinctes correspondant à des degrés différents de certitude quant aux quantités indiquées. Les ressources sont en outre subdivisées en tranches sur la base du coût de production. *Toutes les estimations de ressources sont exprimées en tonnes métriques (tonnes) d'uranium (U) récupérable, plutôt qu'en oxyde d'uranium (U_3O_8)*. Les estimations se rapportent aux quantités d'uranium récupérables à partir du minerai exploitable, sauf indication contraire (voir d).

a) Définition des catégories de ressources

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, qui ont été déterminées, permettent de spécifier les quantités susceptibles d'être récupérées, dans les limites de coûts de production données, 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.

Par **Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie I (RSE-I)**, on entend les quantités d'uranium s'ajoutant aux RRA, dont on présume 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 pour lesquels certaines données, notamment les mesures de ces gisements, ainsi que la connaissance des caractéristiques de ces derniers, sont considérées comme ne permettant pas de classer ces ressources dans la catégorie des RRA. Les estimations du tonnage, de la teneur et du coût de la poursuite de la délimitation ainsi que de la récupération se fondent sur l'échantillonnage disponible, de même que sur la connaissance que l'on a des caractéristiques du gisement telles qu'elles ont été déterminées dans les parties les mieux connues de ce dernier ou dans des gisements analogues. Les estimations relatives à cette catégorie sont moins fiables que celles concernant les RRA.

Figure 1. **Corrélations approximatives entre les expressions utilisées dans les principaux systèmes de classification de ressources**



Les termes indiqués sur la figure ne sont pas strictement comparables car les critères utilisés dans les différents systèmes ne sont pas identiques. Des zones de recoupement dans les corrélations sont inévitables, en particulier à mesure que les ressources deviennent moins assurées. Néanmoins, le schéma présente une approximation raisonnable du caractère comparable de ces expressions.

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 des gisements pour lesquels on dispose d'indications surtout indirectes et que l'on estime exister dans des formations ayant des caractéristiques géologiques bien définies ou dans des zones de minéralisation comportant des gisements connus. Les estimations de tonnage, de teneur et de coût de localisation, de délimitation et de récupération se fondent principalement sur la connaissance que l'on a des caractéristiques des gisements connus existant dans les formations géologiques ou zones de minéralisation où ces ressources sont situées, 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, 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. Comme l'appellation le sous-entend, l'existence et l'importance de telles ressources sont spéculatives.

La Figure 1 montre la corrélation entre les catégories de ressources définies ci-dessus et celles utilisées dans les systèmes de classification des ressources en uranium de certains pays.

b) Tranches de coûts

Les tranches de coût utilisées dans ce rapport sont les mêmes que celles spécifiées dans l'édition de 1995 du Livre rouge. Ces tranches de coût sont définies comme suit : inférieur ou égal à 40 \$ par kg d'U ; inférieur ou égal à 80 \$ par kg d'U ; inférieur ou égal à 130 \$ par kg d'U ; et inférieur ou égal à 260 \$ par kg d'U. Dans la présente édition, les coûts sont exprimés en dollars des États-Unis au 1er janvier 1997.

NOTE : Les tranches de coûts ne sont pas conçues pour refléter les fluctuations des conditions du marché.

Pour convertir les coûts exprimés en \$ par livre d' U_3O_8 en \$ par kg d'U, un coefficient de 2,6 a été utilisé (par exemple 40 \$/kg d'U = 15,38 \$ par livre d' U_3O_8 ; 80 \$/kg d'U = 30,77 \$ par livre d' U_3O_8 et 130 \$/kg d'U = 50 \$ par livre d' U_3O_8).

La conversion des autres monnaies en dollars des États-Unis doit être faite en utilisant les taux de change en vigueur au 1er janvier 1997. Toutes les catégories de ressources sont définies en terme de coût de l'uranium récupéré au niveau de l'usine de traitement des minerais.

Pour estimer le coût de production en vue de répartir les ressources entre ces tranches de coûts, on a tenu compte des éléments de coût suivants :

- les coûts directs d'extraction, de transport et de traitement des minerais d'uranium ;
- les coûts des activités connexes liées à l'environnement et à la gestion des déchets ;
- les coûts d'entretien des unités de production qui ne sont pas en service, le cas échéant ;

Figure 2. Schéma de classification AEN/AIEA des ressources récupérables en uranium

Récupérables à des coûts

Degré décroissant d'intérêt économique	compris entre 130 \$ et 260 \$/kg d'U	RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES I	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES II	RESSOURCES SPÉCULATIVES
	compris entre 80 \$ et 130 \$/kg d'U	RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES I	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES II	RESSOURCES SPÉCULATIVES
	compris entre 40 \$ et 80 \$/kg d'U	RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES I	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES II	
	inférieurs ou égaux à 40 \$/kg d'U	RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES I	RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES II	
Degré décroissant de fiabilité des estimations					

- dans le cas des projets en cours, la partie des coûts en capital qui n'est pas encore amortie ;
- le coût en capital relatif à la mise en place de nouvelles unités de production, y compris les coûts financiers, 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 d'aménagement nécessaires pour délimiter de nouveaux gisements afin de parvenir au stade permettant d'en extraire le minerai.

Les coûts déjà amortis n'ont généralement pas été pris en compte.

c) **Relations entre les catégories de ressources**

La Figure 2 illustre les relations existant entre les différentes catégories de ressources. On a porté, en abscisse, le degré de certitude quant à l'existence des tonnages donnés en fonction du niveau des connaissances géologiques et, en ordonnée, le niveau de coût d'exploitation de ces tonnages dans les différentes tranches considérées.

La ligne de tirets entre les RRA, les RSE-I, les RSE-II, et les RS dans la tranche des coûts les plus élevés indique que les distinctions relatives au degré de certitude ne sont pas toujours claires. La zone hachurée signifie que les ressources connues (c'est-à-dire les RRA plus les RSE-I), récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$ par kg d'U, revêtent une importance particulière car elles alimentent la plupart des centres de production EXISTANTS et COMMANDES du monde. Les RRA récupérables aux prix du marché constituent ce que l'on qualifie habituellement de « Réserves ».

Comme les ressources entrant dans les catégories des RSE-II et des RS sont non découvertes, il n'a pas toujours été possible, à partir des informations disponibles, de les subdiviser en différentes tranches de coûts, ainsi que le montre la ligne horizontale de tirets tracée entre les tranches de coûts.

d) **Ressources récupérables**

Les estimations de ressources sont exprimées en termes de tonnes d'U récupérable, c'est-à-dire des quantités d'uranium récupérable à partir du minerai exploitable, par opposition aux quantités d'uranium contenu dans le minerai exploitable, ou quantités in situ. En conséquence, les pertes en cours d'extraction et les pertes en cours de traitement du minerai ont été toutes deux déduites dans la plupart des cas. Les exceptions à cette règle sont indiquées dans les tableaux. Les ressources in situ sont les ressources récupérables présentes dans le sol, compte non tenu des pertes en cours d'extraction et de traitement.

e) **Types de ressources**

Afin de mieux cerner la situation des ressources en uranium, il est fait référence aux différents types géologiques de gisements contenant les ressources et une distinction est établie entre ressources classiques et ressources non classiques, comme indiquées ci-dessous.

i) Types géologiques de gisements d'uranium

Les principales ressources mondiales en uranium peuvent se répartir, d'après le contexte géologique dans lequel elles se trouvent, en quinze types de gisements, à savoir :

1. gisements liés à des discordances ;
2. gisements renfermés dans des grès ;
3. gisements liés à des conglomérats à galets de quartz ;
4. gisements filoniens ;
5. gisements liés à des complexes bréchiques ;
6. gisements intrusifs ;
7. gisements associés aux phosphates ;
8. gisements en remplissage de cheminées bréchiques ;
9. gisements volcaniques ;
10. gisements superficiels ;
11. gisements métasomatiques ;
12. gisements métamorphiques ;
13. lignites ;
14. gisements de schistes noirs ;
15. autres types de gisements.

On trouvera à l'Annexe 3 une description plus détaillée des types de gisements.

ii) Ressources classiques et non classiques

Les ressources classiques sont celles qui ont, de longue date, fait l'objet d'une production, l'uranium étant obtenu comme produit primaire, co-produit ou sous-produit important (par exemple de l'extraction de l'or). Les six premiers types de gisements géologiques mentionnés ci-dessus, ainsi que certains types appartenant à la catégorie 7, sont considérés comme étant des ressources classiques. Les ressources à très faible teneur, qui ne sont pas actuellement rentables ou à partir desquelles l'uranium est uniquement récupérable en tant que sous-produit d'importance secondaire, sont considérées comme des ressources non classiques (phosphates, monazite, charbon, lignites, schistes noirs, etc.).

TERMINOLOGIE POUR LA PRODUCTION⁽¹⁾

a) Centres de production

Par CENTRE DE PRODUCTION, au sens du présent rapport, on entend une unité de production composée d'une ou de plusieurs installations de traitement de minerais, d'une ou de plusieurs mines connexes, et les ressources qui l'alimentent. Afin de décrire les centres de production, ceux-ci ont été divisés en quatre catégories, à savoir :

(1) Manual on the Projection of Uranium Production Capability, General Guidelines, Collection Rapports techniques, N° 238, AIEA, Vienne, 1984.

- i) Les centres de production EXISTANTS sont ceux actuellement en état de fonctionner ; cette catégorie comprend aussi des installations fermées mais qui pourraient facilement être remises en service ;
- ii) Les centres de production COMMANDÉS sont ceux qui sont en construction ou dont la construction fait l'objet de commandes fermes ;
- iii) Les centres de production PRÉVUS sont ceux pour lesquels des études de faisabilité sont achevées ou en cours, mais pour la construction desquels aucune commande n'a encore été passée. Cette catégorie comprend également les installations fermées dont la remise en service exigerait des dépenses notables ;
- iv) Les centres de production ENVISAGÉS sont ceux qui pourraient être alimentés par des RRA et des RSE-I, c'est-à-dire des « ressources connues », mais pour la construction desquels aucun plan n'a encore été établi.

b) Capacité de production et capacité théorique de production

Le terme CAPACITÉ DE PRODUCTION désigne le niveau de production nominale, fondé sur la conception de l'usine et des installations, au cours d'une période prolongée dans des conditions normales d'exploitation commerciale.

Le terme CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION se rapporte à une estimation du niveau de production qui pourrait être atteint dans la pratique et de façon réaliste, moyennant des circonstances favorables, à partir de l'usine et des installations dans n'importe lequel des centres de production décrits ci-dessus, compte tenu de la nature des ressources qui les alimentent.

Les projections relatives à la capacité théorique de production reposent sur les seules RRA et/ou les RSE-I. L'une des projections est présentée sur la base des ressources récupérables à un coût inférieur ou égal à 80 \$ par kg d'U.

TERMINOLOGIE POUR LA DEMANDE

Les BESOINS DES CENTRALES NUCLÉAIRES se réfèrent aux acquisitions d'uranium et *non* la consommation.

UNITÉS

On a utilisé, dans tous les textes et tableaux, les unités du système métrique. Les ressources et les quantités produites sont exprimées en tonnes métriques (tonnes) d'uranium contenu (U) plutôt que d'oxyde d'uranium (U_3O_8).

$$\begin{aligned}
 1 \text{ tonne courte d}'U_3O_8 &= 0,769 \text{ tonne d}'U \\
 1 \text{ \$ par livre d}'U_3O_8 &= 2,6 \text{ \$ par kg d}'U
 \end{aligned}$$

Les dépenses de prospection sont données en dollars des États-Unis. Les conversions à partir d'autres monnaies ont été effectuées à l'aide de la moyenne des taux de change de l'année où les dépenses ont été encourues.

TERMINOLOGIE GÉOLOGIQUE

a) Indice uranifère

Concentration anormale d'uranium à l'état naturel.

b) Gisement d'uranium

Concentration naturelle de matières minérales à partir de laquelle l'uranium pourrait être exploité à l'heure actuelle ou à l'avenir.

I. OFFRE D'URANIUM

Ce chapitre résume la situation actuelle en ce qui concerne les ressources, la prospection et la production d'uranium dans le monde. En outre, il présente et discute les capacités théoriques de production à l'horizon 2015 dans les pays qui en ont fait état. La dernière section de ce chapitre décrit certains aspects de la sûreté radiologique et de la protection de l'environnement dans le secteur de l'extraction et du traitement de l'uranium.

A. RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues

Les ressources classiques connues comprennent les Ressources Raisonnablement Assurées (RRA) et les Ressources Supplémentaires Estimées–Catégorie I (RSE-I) récupérables à un coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U (≤ 130 \$/kg d'U).

Les Tableaux 1 et 2, qui comportent des estimations relatives respectivement aux RRA et aux RSE-I, ont été subdivisés en deux parties. Les Tableaux 1a et 2a présentent des estimations de ressources datant des cinq dernières années, alors que les Tableaux 1b et 2b comprennent des estimations effectuées antérieurement à cette période. Certains pays notifient des estimations de ressources in situ, non corrigées pour tenir compte des pertes en cours d'extraction et de traitement, qui ne correspondent pas de façon rigoureuse aux définitions standard adoptées par l'AEN/AIEA. Ceci est signalé par une note dans les tableaux.

Au 1er janvier 1997, les ressources classiques connues (RRA et RSE-I) récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U s'élevaient à environ 4 299 000 t d'U (voir Tableaux 1 et 2). Comparé au chiffre indiqué dans la dernière édition du Livre rouge (1995), ce total est en augmentation d'environ 448 000 t d'U. Cette augmentation est due d'une part, à la prise en compte de ressources considérées auparavant comme relevant de la catégorie « Autres ressources connues » (par exemple celles de la Fédération de Russie, de l'Ouzbékistan et de l'Inde) et d'autre part, à la réévaluation par plusieurs pays de leurs ressources respectives.

En outre, la Chine fait état ressources connues s'élevant à plus de 64 000 t d'U, sans indication de tranche de coût.

Au 1er janvier 1997, les ressources connues récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U (≤ 80 \$/kg d'U) s'élevaient à 3 085 000 t d'U, soit environ 324 000 t d'U de plus qu'en 1995. Cette augmentation est due au reclassement de plusieurs « Autres ressources connues » dans les catégories des RRA et des RSE-I et à la réévaluation des ressources dans plusieurs pays.

Tableau 1a. **Ressources Raisonnablement Assurées (milliers de tonnes d'U, au 1er janvier 1997)**
Évaluations effectuées au cours des cinq dernières années

PAYS	Tranches de coût				
	≤ \$40/kgU	\$40-80/kgU	≤ \$80/kgU	\$80-130/kgU	≤ \$130/kgU
Afrique du Sud	110,50	107,80	218,30	51,50	269,80
Allemagne	0	0	0	3,00	3,00
Argentine	n.d.	n.d.	4,62	4,22	8,84
Australie	n.d.	n.d.	622,00	93,00	715,00
Bulgarie (a) **	2,22	5,61	7,83	0	7,83
Canada	conf.	conf.	331,00	0	331,00
Espagne	n.d.	n.d.	4,65	7,51	12,16
États-Unis	n.d.	n.d.	110,00	251,00	361,00
Finlande (a)	0	0	0	1,50	1,50
France	n.d.	n.d.	13,46	8,90	22,36
Gabon	6,03	–	6,03	0	6,03
Grèce *	1,00	–	1,00	–	1,00
Hongrie (a)	0	0,37	0,37	0	0,37
Inde (a)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	52,08
Indonésie (a) *	0	0	0	6,27	6,27
Kazakhstan (a)	323,34	115,88	439,22	162,04	601,26
Mongolie (a) **	10,60	51,00	61,60	0	61,60
Namibie	74,09	82,04	156,12	31,23	187,36
Niger	41,80	28,16	69,96	0	69,96
Ouzbékistan	66,21	0	66,21	17,49	83,70
Pérou (a)	–	–	1,79	0	1,79
Portugal	n.d.	n.d.	7,30	1,60	8,90
République tchèque (b)	0	6,63	6,63	23,59	30,22
Roumanie	–	–	–	–	6,90
Fédération de Russie(a)	66,10	78,90	145,00	–	145,00
Slovénie	0	2,20	2,20	0	2,20
Ukraine (a)	0	45,60	45,60	38,40	84,00
Zimbabwe (a) *	n.d.	n.d.	1,80	n.d.	1,80
Sous total 1a (c)	> 701,89	> 524,19	2 322,70	701,25	3 082,93

Tableau 1b. **Évaluations non effectuées au cours des cinq dernières années ou non indiquées en 1997**

Algérie (a) *	–	–	26,00	0	26,00
Bésil (a)	56,10	105,90	162,00	0	162,00
Centrafricaine, République*	–	–	8,00	8,00	16,00
Danemark *	0	0	0	27,00	27,00
Italie *	–	–	4,80	0	4,80
Japon	–	–	–	6,60	6,60
Mexique (a) *	–	–	0	1,70	1,70
Somalie (a) *	–	–	0	6,60	6,60
Suède	0	0	0	4,00	4,00
Turquie (a)	–	–	9,13	0	9,13
Viêt Nam	n.d.	n.d.	n.d.	1,34	1,34
Zaïre (a) *	–	–	1,80	0	1,80
Sous total 1b (c)	56,10	105,90	211,73	55,24	266,97
Total (c)	> 757,99	> 630,09	2 534,43	756,49	3 349,90
Total corrigé (d)	> 666,00	> 555,00	2 340,00	718,00	3 220,00

– Aucune ressource indiquée. n.d. = Données non disponibles. conf. = Confidentiel.

(a) Ressources in situ.

(b) Ressources exploitables.

(c) Les ressources totales dans les tranches de coût £40 \$/kg d'U et compris entre 40 et 80 \$/kg d'U sont supérieures aux sous-totaux et totaux indiqués dans les tableaux, car certains pays n'indiquent pas d'estimations de ressources, principalement pour des raisons de confidentialité.

(d) Corrigé pour tenir compte des pertes estimées en cours d'extraction et de traitement, non prises en considération dans certaines estimations.

* Données tirées de la précédente édition du Livre rouge.

** Données tirées de la précédente édition du Livre rouge, déduction faite de la production en 1995 et 1996.

Tableau 2a. **Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie I (milliers de t d’U, au 1er janvier 1997)**
Évaluations effectuées au cours des cinq dernières années

PAYS	Tranches de coût				
	≤ \$40/kgU	\$40-80/kgU	≤ \$80/kgU	\$80-130/kgU	≤ \$130/kgU
Afrique du Sud	44,40	21,70	66,10	21,70	87,80
Allemagne	0	0	0	4,00	4,00
Argentine	n.d.	n.d.	0,90	2,21	3,11
Australie	n.d.	n.d.	136,00	44,00	180,00
Bulgarie (a) *	2,20	6,20	8,40	0	8,40
Canada	conf.	conf.	99,00	0	99,00
Espagne	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	8,19
France	n.d.	n.d.	1,21	0,19	1,40
Gabon	1,00	0	1,00	–	1,00
Grèce *	–	–	6,00	0	6,00
Hongrie (a)	0	0	0	15,41	15,41
Inde (a)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	24,25
Indonésie (a) *	–	–	–	1,67	1,67
Kazakhstan (a)	113,20	82,70	195,90	63,40	259,30
Mongolie (a) *	11,00	10,00	21,00	0	21,00
Namibie (a)	70,55	20,27	90,82	16,70	107,52
Niger	1,20	0	1,20	0	1,20
Ouzbékistan	39,36	0	39,36	7,14	46,50
Pérou (a)	–	–	1,86	0	1,86
Portugal (a)	–	–	1,45	0	1,45
République tchèque(b)	0	1,18	1,18	17,78	18,96
Roumanie	–	–	–	–	8,95
Fédération de Russie(a)	17,20	19,30	36,50	–	36,50
Slovénie	–	–	5,00	5,00	10,00
Ukraine (a)	0	17,00	17,00	30,00	47,00
Sous total 2a (b)	> 301,11	> 178,35	729,88	229,20	1 000,47

Tableau 2b. **Évaluations non effectuées au cours des cinq dernières années ou non indiquées en 1997**

Algérie (a) *	–	–	0,70	1,00	1,70
Brésil (a)	n.d.	n.d.	100,20	0	100,20
Danemark *	–	–	0	16,00	16,00
Italie *	–	–	0	1,30	1,30
Mexique (a) *	–	–	0	0,70	0,70
Somalie (a) *	–	–	0	3,40	3,40
Suède	0	0	0	6,00	6,00
Viêt Nam	n.d.	n.d.	0,49	6,25	6,74
Zaire (a) *	–	–	1,70	0	1,70
Sous total 2b (b)			103,09	34,65	137,74
Total (b)	> 300,11	> 178,35	832,97	263,85	1 138,21
Total corrigé (c)	>257,00	> 158,00	745,00	244,00	1 079,00

– Aucune ressource indiquée. n.d. = Données non disponibles. conf. = Confidentiel.

(a) Ressources in situ.

(b) Ressources exploitables.

(c) Les ressources totales dans les tranches de coût £40 \$/kg d’U et compris entre 40 et 80 \$/kg d’U sont supérieurs aux sous-totaux et totaux indiqués dans les tableaux, car certains pays n’indiquent pas d’estimations de ressources, principalement pour des raisons de confidentialité.

(d) Corrigé pour tenir compte des pertes estimées en cours d’extraction et de traitement, non prises en considération dans certaines estimations.

* Données tirées de la précédente édition du Livre rouge.

Figure 3. Répartition des Ressources Raisonnablement Assurées (RAR) entre les pays détenteurs de la plus grande partie des RRA

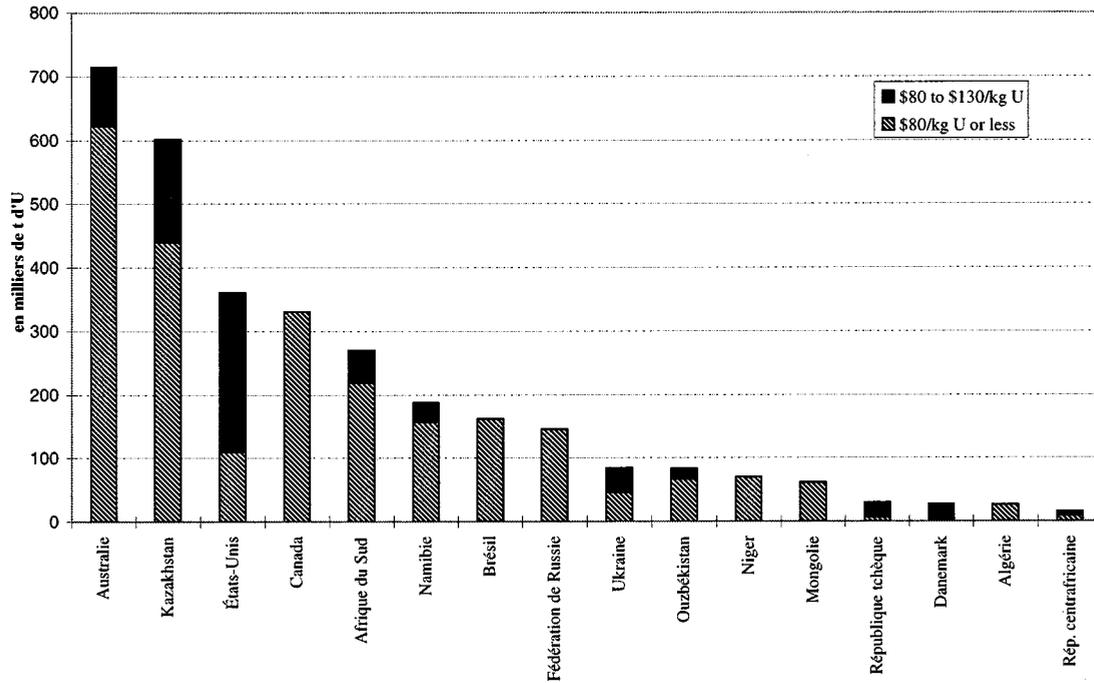
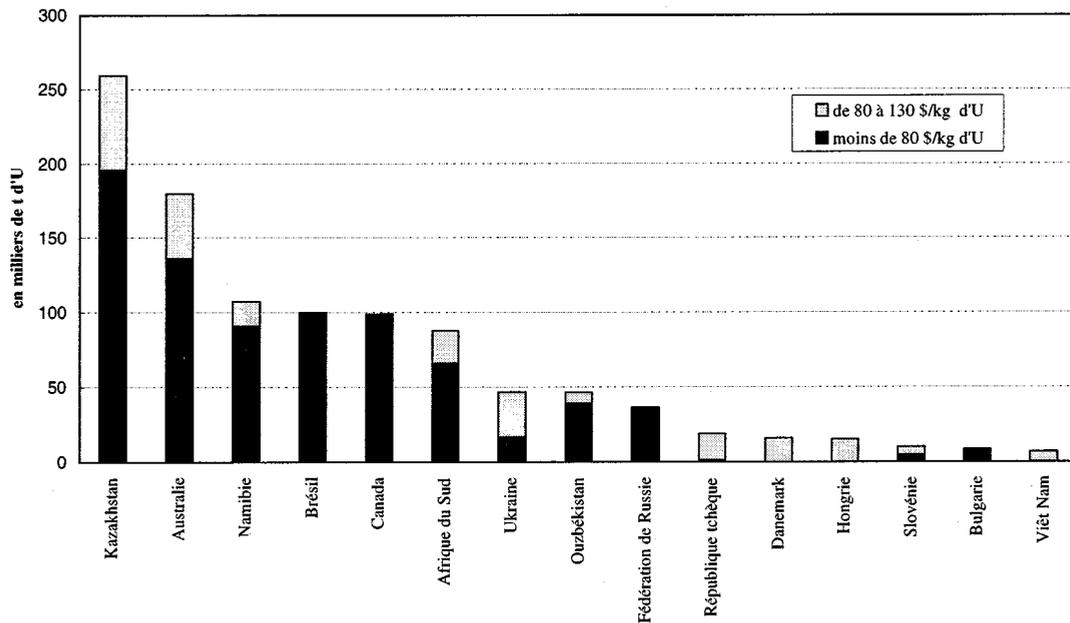


Figure 4. Répartition des Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie I (RSE-1) entre les pays ayant d'importantes ressources



Dans ces deux tranches de coût, la Fédération de Russie et l'Ouzbékistan ont, pour la première fois ventilé leurs ressources en RRA et RSE-I. Le Canada a procédé à une importante révision, en majorant les RRA et les RSE-I récupérables à un coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U, qui sont estimées à 430 000 t d'U contre 300 000 t d'U en 1995, et en reclassant toutes les RRA et RSE-I qui figuraient dans la tranche de coût compris entre 80 et 130 \$/kg d'U. L'Afrique du Sud fait état de ressources connues accrues.

Introduction de la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U

Dans l'édition de 1995 du Livre rouge, quelques pays ont, pour la première fois, fourni des données relatives aux **Ressources connues** entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U (≤ 40 \$/kg d'U). Il s'agit dans la plupart des cas de ressources in situ. Dans le cas de l'édition de 1997, un certain nombre de pays continuent d'indiquer qu'ils ne procèdent pas à l'estimation des ressources récupérables dans cette tranche de coût ou qu'ils ne sont pas en mesure d'en faire état pour des raisons de confidentialité. D'autres pays signalent qu'il n'existe pas sur leur territoire de ressources récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 40 \$/kg d'U.

Les **Ressources connues** notifiées au 1er janvier 1997 dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U s'élèvent à 1 058 100 t d'U, dont 672 500 t d'U sont des ressources in situ. Ce chiffre est à rapprocher du total de 866 000 t d'U communiqué en 1995, dont environ 587 000 t d'U étaient des ressources in situ. L'augmentation est principalement imputable aux ressources notifiées pour la première fois par la Fédération de Russie et l'Ouzbékistan.

En outre, il a été fait état de **Ressources connues** dans la tranche de coût compris entre 40 et 80 \$/kg d'U s'élevant à 808 440 t d'U, dont 558 700 t d'U de ressources in situ, contre 723 000 t d'U en 1995. L'accroissement correspond aux ressources notifiées par la Fédération de Russie et par l'Ouzbékistan, contrebalancées en partie par une diminution enregistrée au Brésil.

Répartition des ressources connues par catégorie et par tranche de coût

Dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U, le total mondial, 3 349 900 t d'U, est supérieur d'environ 213 000 t d'U (7 pour cent) à celui de 1995. Le chiffre global de 3 349 900 t d'U inclut environ 1 171 000 t d'U signalées comme étant des ressources in situ ; aussi, ce total a-t-il été ramené à environ 3 220 000 t d'U, afin de prendre en compte les pertes en cours d'extraction et de traitement. Le total ajusté est en croissance d'environ 269 000 t d'U par rapport à celui de 1995. L'accroissement est dû aux informations nouvelles communiquées par l'Inde, la Fédération de Russie et l'Ouzbékistan, qui indiquaient auparavant leurs ressources dans la catégorie « Autres ressources connues ».

Dans la catégorie des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U, les quantités estimées s'élèvent à environ 1 138 210 t d'U, dont environ 632 000 t d'U constituées par des ressources in situ. Le total ajusté pour tenir comptes des pertes en cours d'extraction et de traitement s'élève à 1 079 000 t d'U, soit environ 179 000 t d'U de plus qu'en 1995. L'augmentation est due aux nouvelles données communiquées par l'Inde, la Fédération de Russie et l'Ouzbékistan.

Dans la catégorie des RRA, il a été fait état de 2 534 430 t d'U environ dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U, dont environ 900 000 t d'U sous forme de ressources in situ. Le total, déduction faite des pertes en cours d'extraction et de traitement, s'élève à 2 340 000 t d'U, soit

216 000 t d'U de plus qu'en 1995. Dans la catégorie des RSE-I, on estime à environ 832 970 t d'U les quantités entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U, dont environ 476 000 t d'U sous forme de ressources in situ. Le total corrigé pour tenir compte des pertes en cours d'extraction et de traitement s'élève à 745 000 t d'U, soit 108 000 t d'U (17 pour cent) de plus qu'en 1995. Dans ces deux catégories, des augmentations ont été notifiées par le Canada (61 000 et 69 000 t d'U) et par l'Afrique du Sud (14 000 et 10 000 t d'U). De nouveaux chiffres ont été fournis par l'Ouzbékistan (66 210 et 39 360 t d'U) et par la Fédération de Russie (145 000 et 36 500 t d'U).

Dans la catégorie des RRA, environ 757 990 t d'U ont été indiquées par 11 pays comme entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U. Ce chiffre représente environ 23 pour cent des RRA dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U, ou 30 pour cent des RRA dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U. Dans la catégorie des RSE-I, on a estimé à environ 300 110 t d'U les quantités entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U, soit environ 26 pour cent des RSE-I dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U, ou environ 36 pour cent des RSE-I dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U. Comme dans les autres tranches de coûts, les chiffres totaux de RRA et RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U ont été ajustés à 666 000 et 257 000 t d'U respectivement pour tenir compte des pertes en cours d'extraction et de traitement.

Les Figures 3 et 4 indiquent la répartition des RRA et des RSE-I entre les pays détenteurs de la plus grande partie de ces deux catégories de ressources. Les principales modifications intervenues dans chaque catégorie et tranche de coûts sont résumées ci-dessous.

L'**Australie** fait état de RRA s'élevant à 622 000 t d'U (soit 11 000 t d'U de moins qu'en 1995) et à 93 000 t d'U (soit 16 000 t d'U de plus qu'en 1995) dans les tranches de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U et entre 80 \$/kg d'U et 130 \$/kg d'U, respectivement. Dans la catégorie des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U, les ressources de l'Australie ont diminué d'environ 18 000 t d'U. Ces modifications sont dues à des réévaluations et à des diminutions imputables à la production en 1995 et 1996. L'Australie détient la plus grande quantité de RRA au monde tant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U que dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U. Le **Kazakhstan** fait état de RRA s'élevant à 601 260 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U dont 439 220 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U, sous forme de ressources in situ, plaçant ce pays au deuxième rang dans le monde. Le **Canada** a communiqué des estimations révisées de RRA dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U, s'élevant à 331 000 t d'U. Dans ces nouvelles estimations, toutes les RRA dans la tranche de coût compris entre 80 et 130 \$/kg d'U ont été éliminées par suite de la fermeture des mines situées dans le district d'Elliot Lake. Néanmoins, par rapport à 1995, les RRA du Canada se sont accrues de 61 000 t d'U en raison des nouveaux développements en Saskatchewan. De même, les RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U se sont accrues, atteignant 99 000 t d'U, contre 30 000 t d'U en 1995. Les **États-Unis, la Namibie et l'Afrique du Sud** font état de modifications d'importance mineure de leurs RRA. Les RRA du **Niger** dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U se sont accrues de 12 500 t d'U, atteignant environ 70 000 t d'U, alors que les RRA dans la tranche comprise entre 80 et 130 \$/kg d'U ont été supprimées.

Les RRA et RSE-I récupérables à un coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U, indiquées par 11 pays, s'élèvent au total à 1 058 100 t d'U dans les 11 pays qui fournissent des données pour cette tranche de coût. En tête, le **Kazakhstan** fait état de 323 340 t d'U dans la catégorie des RRA et de 113 200 t d'U dans celle des RSE-I. Il s'agit dans les deux cas de ressources in situ. Le Kazakhstan indiquant que presque toutes ces ressources peuvent être récupérées à l'aide de techniques d'extraction par

lixiviation in situ, il n'y a pas lieu de procéder à une correction pour tenir compte des pertes en cours d'extraction. L'**Afrique du Sud** fait état de RRA et de RSE-I s'élevant respectivement à 110 500 et 44 400 t d'U. La **Namibie** fait état de ressources in situ s'élevant à 74 090 t d'U pour les RRA et 70 550 t d'U pour les RSE-I. Le **Niger** indique 41 800 t d'U dans la catégorie des RRA. L'**Ouzbékistan**, qui pour la première fois indique des ressources dans toutes les catégories, fait état, dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U, de RRA et de RSE-I s'élevant respectivement à 66 210 et 39 360 t d'U. De même, la **Fédération de Russie** fournit pour la première fois des chiffres de ressources ventilés en RRA et RSE-I, s'agissant dans les deux cas de ressources in situ.

D'autres pays ont fait état de modifications d'importance mineure principalement imputables à des réévaluations et/ou à la prise en compte des pertes dues à la production.

Disponibilité des ressources

Afin d'estimer la disponibilité des ressources en vue de la production, les pays avaient été invités à indiquer le pourcentage des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 40 \$/kg d'U et à 80 \$/kg d'U, qui sont tributaires de centres de production existants et commandés. Pour des raisons de confidentialité, seuls neuf pays ont fourni ces informations. Ces pays ont fait état de plus de 300 000 t d'U récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 40 \$/kg d'U, et plus de 900 000 t d'U récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U, tributaires de centres de production existants et commandés.

Autres ressources connues

Dans les précédentes éditions du Livre rouge, une catégorie « **Autres ressources connues** » avait été introduite pour permettre de présenter dans un tableau des données sur des ressources notifiées qui ne correspondaient pas de façon rigoureuse aux catégories standard utilisées par l'AEN/AIEA. Ce tableau ne figure dans la présente édition étant donné que les informations soumises (sauf celles de la Chine et de l'Inde) pour cette édition correspondent aux catégories de l'AEN/AIEA et ont donc été incluses dans les Tableaux 1, 2 et 3. Les ressources connues de la Chine sont présentées dans la contribution de la Chine figurant au chapitre 3 du présent rapport et dans un papier présenté en 1997 au « Forum on Uranium Resources Development »¹.

Ressources classiques non découvertes

Les ressources classiques non découvertes comprennent à la fois les Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie II (RSE-II) et les Ressources Spéculatives (RS). Les RSE-II se rapportent à de l'uranium dont on présume la présence dans des formations ayant des caractéristiques géologiques bien définies ou dans des zones de minéralisation renfermant des gisements connus. Les RS correspondent à de l'uranium dont on admet l'existence dans des zones géologiquement favorables mais encore inexplorées. On considère par conséquent que les RSE-II présente un degré de certitude plus élevé que les RS. Ces deux catégories de ressources classiques non découvertes figurent au Tableau 3. Un certain nombre de pays n'ont pas fait état de ressources classiques non découvertes dans leur contribution à l'édition de 1997 du Livre rouge. D'autres pays ont indiqué qu'ils ne procèdent pas à une évaluation systématique des ressources classiques non découvertes.

Tableau 3. Ressources non découvertes (milliers de tonnes d'U, au 1er janvier 1997)

PAYS	Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie II			Ressources Spéculatives		
	Tranches de coût			Tranches de coût		
	≤ 40 \$/kg d'U	≤ 80 \$/kg d'U	≤ 130\$/kg d'U	≤ 130 \$/kg d'U	Tranche de coût indéterminée	TOTAL
Afrique du Sud	28,74	34,90	113,00	n.d.	1 113,50	1 113,50
Allemagne	0	0	0	0	61,50	61,50
Argentine	n.d.	0	1,10	n.d.	n.d.	n.d.
Brésil	0	120,00	120,00	0	500,00	500,00
Bulgarie (a)	2,24	2,24	2,24	16,00	–	16,00
Canada	conf.	(b) 50,00	(b) 150,00	700,00	–	700,00
Chine (a)	n.d.	n.d.	n.d.	–	1 770,00	1 770,00
Chili	–	–	n.d.	–	–	4,00
Colombie (a)	–	–	11,00	217,00	–	217,00
Danemark	–	–	–	50,00	10,00	60,00
Égypte	–	–	–	–	15,00	15,00
États-Unis (c)	n.d.	839,00	1 270,00	858,00	482,00	1 340,00
Gabon	1,61	1,61	1,61	0	0	0
Grèce (a)	0	6,00	6,00	0	0	0
Hongrie	0	0	15,48	0	0	0
Inde	n.d.	n.d.	14,73	n.d.	n.d.	17,00
Iran (e)	n.d.	n.d.	n.d.	25,00	0	25,00
Italie (a)	–	–	–	–	10,00	10,00
Kazakhstan	200,00	290,00	310,00	500,00	0	500,00
Mexique (a)	–	–	2,70	–	10,00	10,00
Mongolie	0	0	0	1 390,00	–	1 390,00
Ouzbékistan (d)	52,51	52,51	72,57	–	101,60	101,60
Pérou	–	6,61	20,00	20,00	6,00	26,00
Portugal (a)	–	1,50	1,50	1,50	n.d.	1,50
République tchèque	0	5,48	8,48	0	179,00	179,00
Roumanie	–	–	1,97	–	–	3,00
Fédération de Russie	–	56,30	104,50	550,00	450,00	1 000,00
Slovénie	–	–	1,06	–	–	–
Ukraine	n.d.	n.d.	10,00	n.d.	231,00	231,00
Venezuela (a)	–	–	–	–	–	163,00
Viêt Nam	n.d.	n.d.	5,70	100,00	130,00	230,00
Zambie	0	0	22,00	0	0	0
Zimbabwe (a)	0	0	0	25,00	0	25,00

* Les ressources non découvertes sont généralement indiquées en tant que ressources in situ.

– Aucune ressource indiquée.

n.d. = Données non disponibles.

conf. = Confidentiel.

(a) Données extraites de la précédente édition du Livre rouge.

(b) Ressources exploitables.

(c) Les États-Unis ne dissocient pas les RSE-I des RSE-II.

(d) Les RSE-II et Ressources Spéculatives sont exprimées en tant que ressources récupérables.

(e) Indiquées comme récupérable à < 100 \$/kg d'U.

Seul un petit nombre de pays a procédé à une nouvelle estimation des **RSE-II** en vue du présent rapport. De nouvelles données ont été soumises par l'Afrique du Sud, la Fédération de Russie, le Gabon, le Kazakhstan, l'Ouzbékistan et l'Ukraine (voir Tableau 3). D'autres pays ont apporté des modifications mineures à leurs estimations antérieures. Les RSE-II du Gabon ont été ramenées à moins de 2 000 t d'U. La Fédération de Russie a notifié un chiffre révisé de 56 300 t d'U pour les RSE-II entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U, et de 104 500 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U. Le Kazakhstan fait état de RSE-II s'élevant à 200 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U et de 90 000 t d'U dans la tranche de coût compris entre 40 \$/kg d'U et 80 \$/kg d'U. L'Ouzbékistan fait état de RSE-II représentant 52 510 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal 40 \$/kg d'U et 72 570 t d'U dans celle inférieure ou égale 130 \$/kg d'U. Il convient de noter que les États-Unis ne dissocient pas les RSE-I des RSE-II. Aux fins du présent rapport, l'ensemble des RSE indiquées par les États-Unis est classé dans la catégorie des RSE-II.

D'après les informations communiquées, les RSE-II s'élèvent à environ 2,3 millions de t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U, dont environ 1,5 million de t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U et environ 285 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U.

Dans la catégorie des **Ressources Spéculatives**, seuls quelques chiffres révisés ont été fournis. Le Gabon n'a pas fait état de RS pour 1997. Pour la première fois, l'Iran a signalé 25 000 t d'U récupérables à un coût inférieur ou égal à 100 \$/kg d'U. La Fédération de Russie a aussi indiqué pour la première fois des SR s'élevant à 550 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U et 450 000 t d'U non affectées à une tranche de coût, soit au total 1 000 000 t d'U. L'Ouzbékistan fait état d'environ 100 000 t d'U non affectées à une tranche de coût.

Les informations concernant les RS sont incomplètes à l'échelle mondiale. Les chiffres totaux pour les pays qui ont fourni des informations s'élèvent à environ 4,5 millions de t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U et 5,7 millions de t d'U non affectées à une tranche de coût.

Ressources non classiques et autres produits

Le présent rapport ne contient pas de chapitre particulier visant les ressources non classiques, car seuls quelques pays ont fourni des informations pertinentes.

B. PROSPECTION DE L'URANIUM

Sur les cinquante pays qui ont fourni des informations sur leurs activités de prospection de l'uranium au plan national, 24 ont indiqué qu'aucune activité de cette nature n'avait été menée en 1995 et 1996, alors que 26 ont fait état de travaux de ce prospection pendant cette période.

Comme les années précédentes, les activités de prospection ont été inégalement réparties d'un point de vue géographique, dans la mesure où elles dépendent des besoins en uranium de chaque pays, ainsi que de la probabilité d'y découvrir des gisements présentant un intérêt économique.

Après plus de dix années de recul continu des activités de prospection, en 1995 et 1996, une reprise de ces activités a été signalée dans quelques pays, tandis que dans les autres le recul s'est

poursuivi. Le niveau des activités totales de prospection demeure très inférieur à celui du début des années 80, comme le montrent les données quantitatives sur les sondages exécutés (nombre de trous forés et leur longueur) et le montant des dépenses de prospection exprimé en monnaie nationale.¹

En 1995, 26 pays au total ont notifié des dépenses de prospection s'élevant à 83,6 millions de dollars des États-Unis, soit près de 12 pour cent de plus qu'en 1994 (74,7 millions de dollars des États-Unis). En 1996, 24 pays ont fait état de dépenses de prospection représentant environ 85,9 millions de dollars des États-Unis, alors qu'en 1992, 29 pays avaient dépensé au total environ 118,7 millions de dollars des États-Unis (Tableau 4) et, en 1986, environ 180 millions de dollars des États-Unis avaient été consacrés à la prospection, compte non tenu des dépenses des pays n'appartenant pas au Monde à Economie de Marché (MEM).

À l'heure actuelle, les activités de prospection sont menées pour la plupart au Canada, en Australie, aux États-Unis et dans la Fédération de Russie et, dans une moindre mesure, en Mongolie et en Ouzbékistan. Dans la période 1994-1996, la Fédération de Russie fait état de dépenses de prospection variant de 4,0 à 5,6 millions de dollars des États-Unis. La Malaisie et la Thaïlande, dont les projets de prospection sont limités, ont légèrement accru leurs dépenses en 1995, mais ont interrompu ces activités en 1996. L'Indonésie a fait état de la poursuite des travaux avec un budget modéré. La Chine signale que, face à une demande accrue d'uranium, la prospection se poursuit à l'appui de la politique d'auto-provisionnement de la nation. Toutefois, il n'est pas fourni de précisions à ce propos. L'Égypte a maintenu ses efforts de prospection au même niveau en 1994 et 1995, leur consacrant 3,2 millions de dollars des États-Unis, et les a accrus de 100 pour cent en 1996. Des dépenses de prospection ont été engagées en France, en Roumanie, au Gabon et au Niger, mais elles sont pour la plupart liées à la délimitation de gisements déjà découverts, plutôt qu'à l'étude de nouvelles zones. Un important accroissement des dépenses de prospection est indiqué par l'Inde. La Namibie fait état de dépenses en 1995 liées à la réévaluation des ressources du pays. Cependant, aucune activité de prospection n'a été menée en 1996. L'Espagne a mis fin à ses travaux de prospection après 1994. Des activités de prospection se poursuivent à un niveau réduit au Kazakhstan et dans la République tchèque.

Le maintien à un faible niveau des activités de prospection de l'uranium est imputable à plusieurs facteurs. L'instabilité de la situation sur le marché de l'uranium ces dernières années en est la principale cause. Le niveau relativement faible des prix, les tendances contradictoires sur le marché, et l'incertitude politique quant à la mise sur le marché des stocks gouvernementaux et des matières issues des armements nucléaires, sont autant de facteurs qui contribuent à rendre la planification difficile. L'urgence d'une intensification de la prospection se trouve aussi atténuée par l'abondance relative des ressources connues.

Des entreprises allemandes, canadiennes, coréennes, américaines, françaises et japonaises poursuivent des travaux de prospection hors de leurs frontières nationales (Tableau 5). Cependant, le niveau global des dépenses de prospection à l'étranger a baissé, passant de 48,8 millions de dollars des États-Unis en 1994 à 21,5 millions de dollars des États-Unis en 1996 (Figure 5). Cette baisse est due au fléchissement notable des dépenses engagées par la France à l'étranger, qui ont chuté de 31 millions de dollars des États-Unis en 1994 à 6,8 millions de dollars des États-Unis en 1996.

1. Depuis 1994, les dépenses de prospection de l'uranium indiquées dans ce rapport comprennent le coût des études de faisabilité, mais excluent les coûts liés aux travaux de mise en production des mines.

Table 4. Dépenses de prospection de l'uranium sur le territoire national engagées par le secteur privé et le secteur public dans les pays indiqués

(milliers de dollars des États-Unis au cours de l'année considérée)

PAYS	Avant-1990	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Prévisions 1997
Afrique du Sud	108 993	n.d.							
Allemagne	117 965	26 800	0	0	0	0	0	0	0
Argentine	44 304	340	588	1 330	1 242	700	950	700	1 100
Australie	400 820	11 835	10 803	10 273	5 790	4 904	5 942	11 842	n.d.
Bangladesh	453	n.d.							
Belgique	1 685	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivie	9 368	–	n.d.						
Botswana	640	–	n.d.						
Brésil	189 920	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgarie	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	0	0
Canada	865 857	39 381	39 252	38 417	31 825	26 087	32 353	28 467	n.d.
Chili	7 809	82	99	117	115	94	218	143	156
Colombie	23 935	–	–	–	–	0	0	0	0
Corée, Rép. de	4 607	38	25	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Costa Rica	361	–	–	–	–	–	–	–	–
Cuba	n.d.	n.d.	n.d.	236	230	228	142	86	50
Danemark	4 350	–	–	–	–	0	0	0	0
Égypte	20 541	4 373	3 614	4 505	6 647	3 245	3 264	6 528	n.d.
Équateur	2 055	n.d.							
Espagne	125 786	2 485	3 552	4 119	2 872	891	0	0	0
États-Unis	2590 900	19 200	19 700	16 000	12 000	4 329	6 009	10 054	n.d.
Finlande	14 777	0	0	0	0	0	0	0	0
France	805 755	32 472	23 725	14 984	9 963	6 217	2 882	1 152	1 105
Gabon	85 261	n.d.	n.d.	2 011	1 839	1 050	939	1 338	343
Ghana	90	n.d.							
Grèce	14 815	658	395	389	403	154	148	273	290
Guatémala	610	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hongrie	3 700	0	0	0	0	0	0	0	0
Inde	150 107	15 420	13 230	9 010	9 519	9 363	9 536	7 394	8 048
Indonésie	8 844	368	886	1 230	1 523	648	574	643	540
Irlande	6 800	–	–	–	–	0	0	0	0
Italie	75 060	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Jamaïque	30	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Japon	8 640	0	0	0	0	0	0	0	0
Jordanie	283	108	42	36	13	10	30	100	100
Kazakhstan	xxxx	xxxx	xxxx	2 500	2 525	1 290	113	242	276
Lesotho	21	n.d.							
Lituanie	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 4. Dépenses de prospection de l'uranium sur le territoire national engagées par le secteur privé et le secteur public dans les pays indiqués (suite)

(milliers de dollars des États-Unis au cours de l'année considérée)

PAYS	Avant-1990	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Prévisions 1997
Madagascar	5 243	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Malaisie	8 032	246	281	310	368	399	163	239	n.d.
Mali	51 637	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Maroc	2 752	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mexique	24 910	0	0	0	0	0	0	0	0
Mongolie	n.d.	n.d.	n.d.	48	60	700	1 650	2 560	3 135
Namibie	15 522	n.d.	n.d.	364	0	0	2 044	0	0
Niger	196 340	1 432	1 128	1 343	440	1 481	1 665	427	1 653
Nigéria	6 950	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Norvège	3 180	–	–	–	–	0	0	0	0
Ouzbékistan	xxxx	xxxx	xxxx	n.d.	n.d.	472	6 197	7 026	8 671
Pérou	4 092	60	36	9	0	4	0	0	0
Paraguay	25 510	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pays-Bas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philippines	3 347	10	10	10	10	30	30	30	50
Portugal	15 577	736	289	277	135	106	130	119	n.d.
Rép. centrafricaine	20 000	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rép. slovaque	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	0	0	0	0	0
Rép. tchèque	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	579	468	282	201	245
Roumanie	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2 998	2 448	1 861	2 423
Royaume-Uni	2 600	–	–	–	–	0	0	0	0
Russie, Féd. de	xxxx	xxxx	xxxx	9 710	2 828	4 197	5 581	4 271	11 307
Slovénie	xxxx	xxxx	0	n.d.	0	0	0	0	0
Somalie	1 000	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sri Lanka	33	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Suède	46 870	0	0	0	0	0	0	0	0
Suisse	3 868	–	–	–	–	0	0	0	0
Syrie	800	89	179	0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tchécoslovaquie	302 990	7 370	1 540	660	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Thaïlande	10 359	63	63	63	138	116	119	0	0
Turquie	20 504	77	–	–	–	0	0	0	0
Ukraine	xxxx	xxxx	xxxx	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
URSS	n.d.	187 520	60 000	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Uruguay	231	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Viêt Nam	–	462	353	252	324	137	161	209	226
Yougoslavie	970	36	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zambie	81	32	57	21	n.d.	4 380	n.d.	n.d.	n.d.
Zimbabwe	5 139	719	526	518	0	0	0	0	0
TOTAL (a)	6 473 679	352 412	180 373	118 742	91 388	74 697	83 570	85 908	

(a) Seules données disponibles.

n.d. Données non disponibles.

– Aucune dépense notifiée.

xxxx Entité nationale n'existant pas alors ou redéfinie au plan politique.

Tableau 5. Dépenses de prospection de l'uranium engagées à l'étranger par les différents pays indiqués

(en milliers de dollars des États-Unis au cours de l'année considérée)

PAYS	Avant 1990	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Prévisions 1997
Allemagne (RFA)	372 800	6 766	4 853	2 898	3 107	2 646	2 951	3 111	4 358
Belgique	4 500	0	0	0	0	0	0	0	0
Canada	–	–	–	–	–	1 449	1 471	3 650	4 044
Corée, Rép. de	21 317	158	177	260	225	175	178	373	895
Espagne	20 400	0	0	0	0	0	0	0	0
États-Unis	228 770	0	0	0	0	R	n.d.	n.d.	n.d.
France	565 863	5 726	11 076	19 438	32 619	30 959	10 245	6 808	11 619
Italie	n.d.	n.d.	200	–	–	–	–	–	–
Japon	307 791	10 990	11 210	12 010	11 620	12 923	14 771	7 533	4 801
Royaume-Uni	50 009	8 300	1 900	899	155	0	0	0	0
Suisse	26 906	600	540	482	502	627	0	0	0
TOTAL	1 225 556	25 774	25 103	33 089	45 121	46 133	26 665	18 363	21 360

– Pas de dépenses communiquées.

n.d. Données non disponibles.

R Données non communiquées afin d'éviter la divulgation d'informations propres à une société identifiable.

Activités en cours et événements récents

Les travaux de prospection en cours sont principalement axés sur des objectifs susceptibles de renfermer des gisements exploitables à faible coût, tels que des gisements à forte teneur liés à des discordances (au Canada et en Australie, par exemple) et des gisements renfermés dans des grès qui se prêtent à une exploitation minière par lixiviation in situ (LIS). En **Amérique du Nord**, des activités de prospection sont menées au Canada et aux États-Unis. Au **Canada**, elles se concentrent sur des objectifs propices à la présence de gisements à forte teneur liés à des discordances, situés surtout dans le bassin d'Athabasca. Les dépenses engagées en 1995 (44 millions de dollars canadiens) ont légèrement augmenté par rapport à celles de 1994 (36 millions de dollars canadiens). En 1996, environ 39 millions de dollars canadiens ont été dépensés, dont la moitié pour des travaux de prospection de base. Ces dépenses sont en grande partie affectées à des travaux avancés d'exploration souterraine et d'évaluation des gisements, menés sur les sites de projets tels que ceux de McArthur River et Cigar Lake, de même que pour des activités de maintenance et de surveillance sur le site de projets en attente d'autorisation de mise en production. Des travaux détaillés de prospection ont aussi été exécutés dans la zone de Kiggavik et dans la partie située à l'extrême ouest et nord-est du bassin de Thelon dans les Territoires du Nord-Ouest. Quelques activités de recherche géologique et de prospection de base ont été menées dans la partie occidentale du bassin d'Athabasca, en Alberta, et dans la zone magmatique de Great Bear (Territoires du Nord-Ouest). Les dépenses de prospection de base en Saskatchewan se sont accrues, atteignant 17 millions de dollars canadiens en 1996, contre 12,5 millions de dollars canadiens en 1995 et 11 millions de dollars canadiens en 1994. Globalement, la longueur des forages a représenté environ 75 000 m en 1995 et 79 000 m en 1996. Le nombre des sociétés menant des activités qui était de 20 en 1994 est tombé à 15 en 1995 et à une douzaine en 1996. Cependant, le nombre des projets de prospection en cours en 1996 était de 38, contre 27 en 1994. Aux **États-Unis**, les dépenses de prospection, qui étaient tombées à leur plus bas niveau historique de 4,3 millions de dollars des États-Unis en 1994, sont remontées à 6 millions de dollars des États-Unis en 1995 et à 10,1 millions de dollars des États-Unis en 1996. La part des dépenses consacrées aux sondages superficiels s'est accrue, passant d'environ 30 pour cent à 70 pour cent, en raison pour une part des coûts croissants des forages, mais aussi d'une augmentation de la longueur

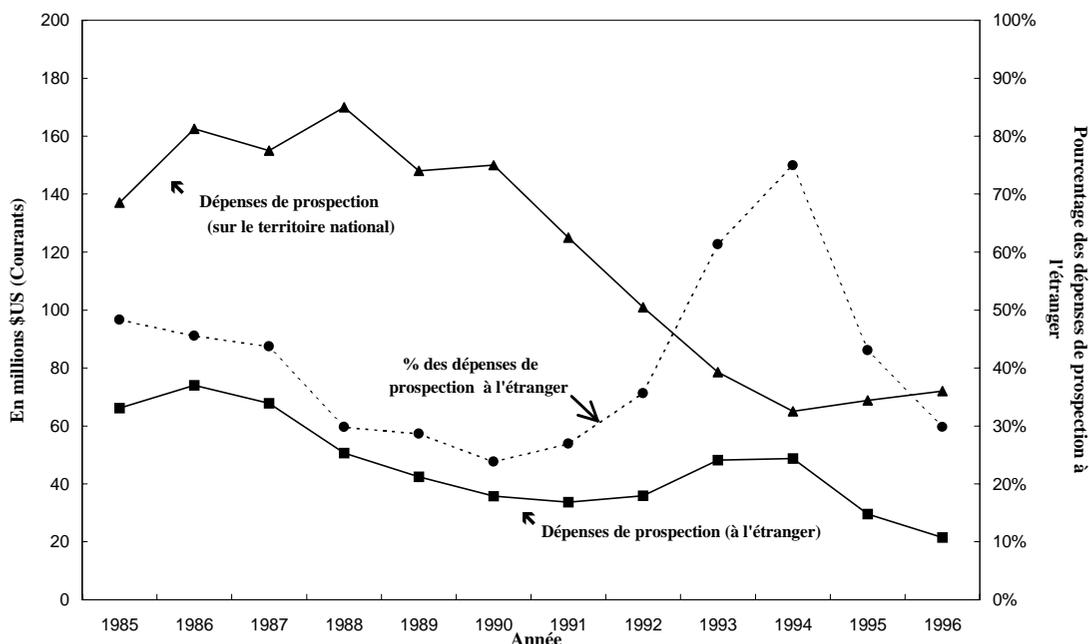
des sondages superficiels exécutés : 200 000 m en 1994, 411 000 m en 1995 et 915 000 m en 1996. Les activités de prospection se sont poursuivies au Wyoming et, dans une moindre mesure, en Arizona, au Colorado, au Nebraska et au Texas. Elles ont surtout été axées sur les gisements renfermés dans des grès.

En **Amérique centrale et du Sud**, des activités de prospection ont été poursuivies en **Argentine**, concernant le gisement de grès de Cerro Solo en Patagonie, et l'indice de Las Termas. Ce dernier est constitué par une minéralisation de type filonien renfermée dans des roches métamorphiques au voisinage d'une intrusion granitique. Des sondages superficiels représentant 16 300 m forés au cours de la période 1995-1996 ont conduit à un accroissement des ressources. Il est projeté de réaliser environ 4 500 m de sondages en 1997. Des études portant sur d'autres unités géologiques ont été exécutées en Argentine en vue d'en estimer le potentiel uranifère non découvert. Aucune activité de prospection n'a été menée au **Brésil**. Cependant, on a procédé à une étude de faisabilité sur le gisement de Lagoa Real en 1995-1996. Les travaux de prospection au **Chili** ont été axés sur la région de la Cordillera de la Costa, où l'uranium est associé à des indices de terres rares.

En **Europe occidentale et en Scandinavie**, les activités de prospection ont continué à diminuer. En **France**, les activités de prospection se sont ralenties au cours de la période 1994-1996, les dépenses tombant d'environ 35 millions de FF à 6 millions de FF. Les travaux ont surtout été axés sur la zone située autour de la mine du Bernardan dans la partie septentrionale du Massif Central. Au cours de cette période, les sondages ont chuté, passant de 83 400 m environ à 24 400 m par an. La Cogéma a poursuivi d'importants travaux de prospection dans des pays étrangers par l'intermédiaire de ses filiales, concentrant ses efforts sur le Canada et, dans une moindre mesure, sur l'Australie, les États-Unis, le Niger et le Gabon. Néanmoins les dépenses à l'étranger ont baissé, passant d'environ 174 millions de FF en 1994 à 35 millions de FF en 1996. En **Allemagne**, il n'a été mené aucune activité de prospection. Les compagnies minières allemandes ont continué à prospecter à l'étranger, principalement au Canada. Les dépenses engagées à cet effet ont été de 4 millions de DM en 1994, de 4,1 millions de DM en 1995 et de 4 millions de DM en 1996. L'**Espagne** a exécuté un programme de sondages de traçage strictement lié au gisement de Fe dans la Province de Salamanque. Ce programme s'est achevé à la fin de 1996.

En **Europe centrale et orientale**, les activités de prospection se ralentissent. Dans la **République tchèque** les dépenses de prospection ont baissé passant de 13,0 millions de couronnes tchèques (CK) en 1994 à 7,4 et 5,5 millions de CK respectivement en 1995 et 1996. En 1995 et 1996, il n'a pas été mené de travaux sur le terrain. Les activités se sont concentrées sur la mise au point d'une base de données de prospection par compilation et traitement des données recueillies précédemment. Ces travaux se sont poursuivis en 1997. La **Fédération de Russie** indique que l'entreprise d'État « Geologorazvedka » mène des activités de prospection, les dépenses consacrées à ces dernières, qui étaient de 7,57 milliards de roubles en 1994, ayant atteint 21,4 milliards de roubles en 1996. Ces dépenses vont en priorité à la prospection des gisements renfermés dans des grès qui se prêtent à une exploitation par lixiviation in situ. La Fédération de Russie projette d'accroître les dépenses de prospection afin de les porter à plus de 62,3 milliards de roubles en 1997. La **Roumanie** poursuit des travaux de prospection portant sur des gisements existants, auxquels elle a consacré 4,7 et 5,4 milliards de lei respectivement en 1995 et 1996. La **Turquie** mène un programme limité de prospection dans des roches sédimentaires dans le nord-ouest de l'Anatolie. Un levé aéroporté devait être achevé en 1997. En **Ukraine**, l'entreprise géologique d'État « Kirovgeology » procède à des travaux de prospection, notamment à une cartographie géologique, géophysique et géochimique, ainsi qu'à d'importants sondages. Ces activités sont axées sur la partie méridionale du pays, région dans laquelle le bouclier cristallin est recouvert de roches sédimentaires.

Figure 5. **Évolution des dépenses de prospection de l'uranium dans le cas de certains pays (à l'exclusion de la Chine, de Cuba, des NEI et de l'Europe orientale)**



Note : Les États-Unis n'ont pas fait état de dépenses à l'étranger en 1994, 1995 et 1996.

En **Afrique**, l'**Égypte** a mené des activités de prospection dans trois zones du Désert arabique. Elle a consacré chaque année à ces travaux de 11 à 22 millions de livres égyptiennes. Au **Gabon**, la COMUF poursuit des activités de prospection, auxquelles elle consacre de 591 à 696 millions de francs CFA. Ces dépenses sont consacrées principalement à des sondages autour du gisement d'Okelobondo et dans la zone de Lekedi-Sud. La **Namibie** indique que le secteur privé ne mène à l'heure actuelle qu'un seul projet de prospection. Les résultats de ce projet et les dépenses y afférentes sont confidentiels. En 1995, par l'intermédiaire du Fonds SYSMIN de l'Union Européenne, il a été consacré environ 7,7 millions de dollars namibiens à l'exécution d'un levé radiométrique et magnétique aéroporté à haute résolution sur la majeure partie de la partie du centre-ouest de la Namibie. Au **Niger**, les activités de prospection de l'uranium menées par deux compagnies minières se sont poursuivies au même niveau en 1994 et 1995 (les dépenses engagées étant respectivement de 8,34 millions de FF et de 8,14 millions de FF). Ces dépenses ont fortement chuté en 1996, n'étant plus que de 2,22 millions de FF. Les activités ont principalement été axées sur des sondages superficiels visant à confirmer la délimitation des gisements d'uranium. La **Zambie** a signalé un ralentissement de la prospection de l'uranium. Elle ne fait état d'aucune dépense dans ce secteur après 1994. Aucune activité de prospection n'a été menée au **Zimbabwe** depuis 1992.

La prospection de l'uranium au **Moyen-Orient, en Asie centrale et méridionale** est encore activement menée dans quelques pays. L'**Inde** poursuit un important programme de prospection, auquel elle a consacré chaque année de 251 à 298 millions de roupies entre 1994 et 1996. À l'heure actuelle, les activités sont axées sur les grès datant du Crétacé dans la région de Meghalaya, où le gisement de Domiasiat a été découvert, et dans l'État d'Andhra Pradesh où un gisement lié à une discordance a été mis à jour dans le bassin de Cuddapah près de la zone de Lambapur. D'autres activités se concentrent dans les États de Madhya Pradesh, d'Uttar Pradesh, de Bihar, d'Orissa et du Rajasthan. La **Jordanie** a poursuivi les activités de reconnaissance en vue de découvrir des indices

d'uranium. Les dépenses en 1995 et 1996 ont été de l'ordre de 30 000 à 100 000 dollars des États-Unis. Depuis plusieurs années, le **Kazakhstan** a notablement ralenti ses efforts de prospection dans la mesure où la production des prochaines années s'appuiera sur ses importantes ressources déjà découvertes. En 1995-1996, les principales activités ont été menées par « Stepgeologiya » dans la partie septentrionale du pays, l'objectif étant des gisements liés à des discordances. En **Ouzbékistan**, la prospection de l'uranium est menée par le Combinat minier et métallurgique de Navoi (CMMN) et par l'entreprise d'État chargée de la géologie « Kyzyltepageologia ». Les activités de sondage se sont ralenties en raison de conditions géologiques complexes, mais les dépenses de prospection continuent de s'accroître, passant de 17,9 millions de Sums environ en 1994 à 25,4 millions de Sums en 1996. La **Malaisie** a continué ses activités de prospection portant sur les granites de la Péninsule au moyen de levés géochimiques et d'études au sol faisant suite à une spectrométrie aéroportée. Les dépenses ont baissé, passant de 1 080 000 ringgits de Malaisie (MYR) en 1994 à 400 000 MYR en 1995 et à 598 000 MYR en 1996.

En **Asie du Sud-Est**, les activités de prospection se sont maintenues à un faible niveau. L'**Indonésie** indique que les dépenses de prospection engagées par son Centre pour la mise en valeur des minéraux nucléaires se sont élevées à 573 800 dollars des États-Unis en 1995 pour atteindre 643 400 dollars des États-Unis en 1996. Les activités se sont poursuivies par des travaux limités de sondage et de cartographie, axés sur la région de Kalimantan. En 1995-1996, l'Institut de recherche nucléaire des **Philippines** a poursuivi la prospection de reconnaissance et mené un programme géochimique semi-détaillé dans la partie septentrionale de l'île de Palawan. Les dépenses annuelles se sont élevées à 30 000 dollars des États-Unis. Deux zones favorables comportant des indices d'uranium liés à des granites et à des roches métamorphiques ont été localisées. Après avoir achevé l'évaluation du bassin gréseux de Nong Son au cours des années précédentes, le **Viêt Nam** axe maintenant ses activités de prospection sur les zones de Tabhing et de An Diem. Les dépenses ont légèrement progressé, passant de 136 000 dollars des États-Unis en 1994 à 161 000 dollars des États-Unis en 1995, et à 209 000 dollars des États-Unis en 1996.

Dans la zone du **Pacifique**, les activités de prospection se sont intensifiées. En **Australie**, les dépenses de prospection, après être tombées à leur plus bas niveau historique de 6,67 millions de dollars australiens (\$) en 1994, sont passées à 8,26 et 14,92 millions de \$A respectivement en 1995 et 1996. Au cours de la même période, les sondages superficiels ont augmenté, passant de 12 375 m à 19 293 m. Cette progression est due, pour une part, à l'abandon de la politique des « trois mines » menée par le gouvernement précédent et, pour une autre, à de meilleures perspectives sur le marché. En 1996, 13 projets de prospection étaient en cours contre 17 en 1995 et 8 en 1994. Les activités de prospection ont porté principalement sur trois zones : la province de Paterson (Australie occidentale), la Terre d'Arnhem (Territoire du Nord) et la zone de Westmoreland dans le Queensland. Dans la province de Paterson, la présence de minéralisations liées à une discordance, analogue à celles du corps minéralisé de Kintyre, est probable. Dans la Terre d'Arnhem, on a poursuivi des travaux de prospection axés sur les gisements liés à des discordances dans des métasédiments datant du Paléoprotérozoïque, situés sous une épaisse couverture de grès de Kombolgie. Au Queensland, les travaux de prospection relatifs à des gisements de type gréseux se sont poursuivis dans les sédiments du Bassin de McArthur.

En **Asie de l'Est**, où un important développement de l'énergie nucléaire est attendu au cours des dix prochaines années, la prospection de l'uranium se poursuit. La **Chine** a concentré ses efforts de prospection sur les gisements renfermés dans des grès, se prêtant à une exploitation par lixiviation in situ, qui se trouvent dans le bassin de Yili, dans la région autonome du Xingiang, et dans le bassin de Erlian, dans la région autonome de Mongolie intérieure. En Chine méridionale, des activités de

prospection en vue de trouver des gisements renfermés dans des roches granitiques et volcaniques se sont ralenties. Le **Japon** ne mène pas de programme de prospection sur son territoire national ; cependant, PNC (Société pour le développement des réacteurs de puissance et des combustibles nucléaires) poursuit des activités à l'étranger, principalement au Canada et en Australie, mais aussi en Chine et au Zimbabwe. En 1995 et 1996, les dépenses à l'étranger se sont élevées respectivement à 1 226 et 806 millions de yen. Dans la République de **Corée**, aucune activité de prospection de l'uranium n'est poursuivie sur le territoire national. Toutefois, des sociétés coréennes participent à des co-entreprises au Canada (Cigar Lake, Dawn Lake, Baker Lake) et aux États-Unis (Crow Butte). Les dépenses ont été respectivement de 175 000, 178 000 et 373 000 dollars des États-Unis en 1994, 1995 et 1996. La **Mongolie** a ouvert les activités minières visant l'uranium aux co-entreprises avec des sociétés minières étrangères. Les travaux de prospection sont menés par trois sociétés : « Uran », une société d'État mongole, « Gurvansaikhan, une co-entreprise avec des partenaires russes et américains, et « Koge-Gobi », une co-entreprise franco-mongole. Ces sociétés mènent des activités de prospection dans différentes parties du territoire mongol. Les dépenses de prospection sont en augmentation, étant passées de 700 000 dollars des États-Unis en 1994, à 1,65 million de dollars des États-Unis en 1995, pour atteindre 2,56 millions de dollars des États-Unis en 1996. Ces dépenses ont pour la plupart été engagées par le secteur privé.

C. PRODUCTION D'URANIUM

Après être tombée à 31 611 t d'U en 1994, la production mondiale d'uranium s'est redressée, atteignant environ 33 154 t d'U en 1995 et 36 195 t d'U en 1996 (Tableau 6). Cette production a été assurée par 63 mines et 44 installations de traitement. Ce chiffre inclut la mine et l'usine de Stanleigh dans l'Ontario (Canada), qui ont été définitivement fermées en 1996. Les modifications intervenues dans le niveau de la production sont inégalement réparties. Dans l'ancien Monde à Economie de Marché (MEM), des accroissements annuels de plus de 12 pour cent ont été enregistrés, alors que pour le reste du monde le recul a été d'environ 18 pour cent sur les deux années considérées.

État actuel de la production d'uranium

Le faible accroissement de la production mondiale d'uranium en 1995 et 1996, venant après plus de dix années de baisses, est principalement dû aux augmentations intervenues en Australie, au Canada, aux États-Unis et dans la Fédération de Russie. De meilleures conditions sur le marché en 1996 contribuent à expliquer cette évolution. Ces augmentations ont plus que contrebalancé la poursuite des baisses dans certains pays, notamment en France, en Hongrie, en Afrique du Sud, au Kazakhstan et en Ouzbékistan. Dans les pays de l'OCDE, la progression entre 1995 et 1996 a dépassé 13 pour cent, étant imputable à l'Australie (+ 1 263 t d'U), au Canada (+ 1 233 t d'U) et aux États-Unis (+ 107 t d'U). La France a été le pays Membre de l'OCDE qui a enregistré la plus forte baisse (- 86 t d'U). Au cours de cette période, tant la puissance nucléaire installée mondiale que les besoins en uranium se sont accrus. En 1995 et 1996, le niveau de production a représenté respectivement environ 54 et 60 pour cent des besoins mondiaux en uranium. L'approvisionnement complémentaire (non couvert par la production) des réacteurs est assuré à partir des stocks existants.

Tableau 6. Évolution de la production d'uranium
(tonnes métriques d'U)

PAYS	Avant 1990	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Total à la fin de	
									1996	Prévisions 1997
Afrique du Sud	137 568	2 460	1 712	1 669	1 699	1 671	1 421	1 436	149 636	1 450
Allemagne	699	2 972	1 207	232	116	47	35	39	5 347	30
Argentine	2 033	9	18	123	126	80	65	28	2 482	40
Australie	44 503	3 530	3 776	2 334	2 256	2 208	3 712	4 975	67 294	n.d.
Belgique (a)	377	39	38	36	34	40	25	28	617	0
Brésil	789	5	0	0	24	106	106	0	1 030	0
Bulgarie	15 755	405	240	150	100	70	0	0	16 720	0
Canada (b)	231 506	8 729	8 160	9 297	9 155	9 647	10 473	11 706	298 673	n.d.
Chine (c)	n.d.	800	800	955	780	480	500	560	n.d.	600
Espagne	3 176	213	196	187	184	256	255	255	4 722	255
Estonie	65	0	0	0	0	0	0	0	65	0
États-Unis	330 640	3 420	3 060	2 170	1 180	1 289	2 324	2 431	346 514	n.d.
Finlande	30	0	0	0	0	0	0	0	30	0
France	60 707	2 841	2 477	2 149	1 730	1 053	1 016	930	72 903	761
Gabon	20 299	709	678	589	556	650	652	568	24 701	587
Hongrie	15 439	524	415	430	380	413	210	200	18 011	200
Inde	5 200 (c)	230 (c)	200 (c)	150	148	155	155 (c)	250 (c)	6 488	250 (c)
Japon	87	0	0	0	0	0	0	0	87	0
Kazakhstan (e)	xxxx	xxxx	xxxx	2 802	2 700	2 240	1 630	1 210	82 582	1 500
Mexique	49	0	0	0	0	0	0	0	49	0
Mongolie	94	89	101	105	54	72	20	0	535	0
Namibie	45 679	3 211	2 450	1 660	1 679	1 895	2 016	2 447	61 037	3 000
Niger	47 809	2 839	2 963	2 965	2 914	2 975	2 974	3 321	68 760	3 400
Ouzbékistan (g)	xxxx	xxxx	xxxx	2 680 (d)	2 600 (d)	2 015	1 644	1 459	86 422	2 050
Pakistan (c)	570	30	30	23	23	23	23	23	745	23
Portugal	3 400	111	28	28	32	24	18	15	3 656	17
République tchèque	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	950	541	600	604	2 695	609
RDA	213 380	xxxx	213 380	0						
RFTS	96 786	2 142	1 778	1 539	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	102 245	xxxx
Roumanie	16 360	210	160	120	120 (c)	120	120	105	17 315	106
Russie, Fédération de (f)	xxxx	xxxx	xxxx	2 640 (d)	2 697	2 541	2 160	2 605	103 983	2 800 (c)
Slovénie	xxxx	xxxx	0	2	0	0	0	0	2	0
Suède	200	0	0	0	0	0	0	0	200	0
Ukraine	xxxx	xxxx	xxxx	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	5 000	1 000
URSS	n.d.	14 000 (c)	13 500	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	n.d.	xxxx
Yougoslavie	327	53	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	380	xxxx
Zaïre	25 600 (c)	0	0	0	0	0	0	0	25 600	0
TOTAL OCDE	447 937	11 520	8 845	9 431	7 732	6 802	7 211	7 489	593 432	****
TOTAL MONDE	****	49 571	43 987	36 035	33 237	31 611	33 154	36 195	****	****

n.d. Données non disponibles.

xxxx Entité nationale n'existant pas alors ou redéfinie au plan politique.

**** Pas d'estimation en raison d'informations insuffisantes.

(a) L'uranium est obtenu localement comme sous-produit à partir de phosphates importés.

(d) Estimation établie par l'Institut de l'uranium.

(b) Production primaire. Cameco a en outre récupéré à Elliot Lake respectivement 73 t d'U, 31 t d'U, 50 t d'U, 44 t d'U, 40 t d'U, 30 t d'U, 53 t d'U, 55 t d'U et 48 t d'U dans des sous-produits de raffinage et de conversion en 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995 et 1996.

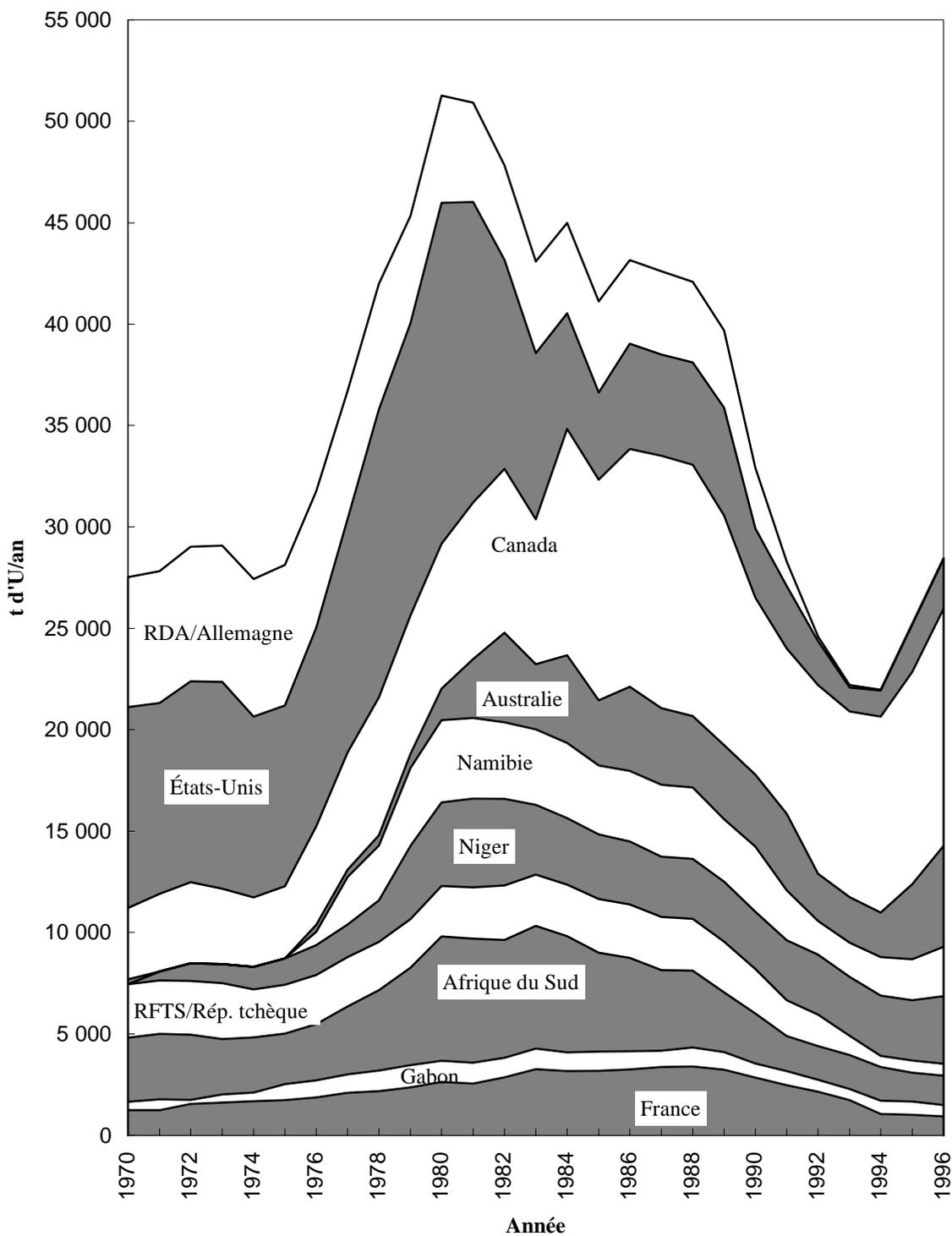
(e) Kazakhstan avant 1992 : 72 000 t d'U

(f) Fédération de Russie avant 1993 : 93 980 t d'U

(c) Estimation établie par le Secrétariat.

(g) Ouzbékistan avant 1994 : 82 763 t d'U

Figure 6. Évolution de la production d'uranium dans certains pays



Note : Chaque année, les productions des différents pays sont cumulées sur le graphique.

En **Amérique du Nord**, la production d'uranium qui s'est accrue de 10,5 pour cent de 1995 à 1996, représente près de 40 pour cent du total mondial en 1996. Le **Canada** est demeuré le premier producteur au monde. Sa production en 1996 a été supérieure d'environ 12 pour cent (11 706 t d'U) à ce qu'elle avait été en 1995. Les exportations canadiennes se sont accrues d'environ 35 pour cent par rapport à 1995. La mine de Stanleigh (dernière mine en Ontario) a fermé en 1996. Cette perte de production est largement contrebalancée par une importante augmentation de la production à partir des mines situées en Saskatchewan. À l'origine de cette augmentation, se trouve l'exploitation à pleine capacité de l'usine de Cluff Lake, qui fonctionnait auparavant sur la base d'une semaine sur deux, et l'usine de Rabbit Lake de Cameco/Uranerz qui traite désormais le minerai provenant des zones de Eagle Point ainsi que de Collins Bay D et Collins Bay A. Les sociétés Cameco et Uranerz exploitent aussi le plus grand centre de production du Canada, celui de Key Lake, avec une production en 1996 de 5 429 t d'U. L'emploi dans les centres de production canadiens a fléchi de 1 350 à 1 155 personnes. La production canadienne en 1996 était détenue pour 52 pour cent par des sociétés privées nationales, pour 27 pour cent par des sociétés privées étrangères, pour 5 pour cent par des organismes publics nationaux et pour 16 pour cent par des organismes publics étrangers. Aux **États-Unis**, la production qui s'est accrue en 1996 de 5 pour cent par rapport à 1995, provenait de cinq installations de lixiviation in situ, de deux installations de récupération de l'uranium en tant que sous-produit du traitement des phosphates et d'une usine de traitement classique. Cette usine, qui a fonctionné aux États-Unis de 1995 jusqu'au début de 1996, a traité du minerai stocké avant 1993. En 1996, 689 personnes étaient employées dans la production d'uranium, 429 personnes supplémentaires travaillant à la remise en état des sites. La production américaine en 1996 était détenue pour 49 pour cent par des sociétés privées nationales, pour 36 pour cent par des organismes publics étrangers, et pour 16 pour cent par des sociétés privées étrangères.

La production de l'**Amérique centrale et du Sud** a été assurée par la seule **Argentine**, le Brésil ayant mis en réserve sa capacité de production en 1996 ; elle a représenté moins de 0,1 pour cent de la production mondiale en 1996. La mise en réserve de la mine brésilienne de Poços de Caldas en 1996 a entraîné une baisse de 85 pour cent de la production de la région. Au **Brésil**, la production pourrait reprendre dans un proche avenir si, comme cela est prévu, l'usine de traitement de Lagoa Real entrait en service en 1998. Dans la région, l'emploi dans le secteur de l'uranium a fléchi, passant entre 1994 et 1996 de 180 à 100 personnes en Argentine et de 408 à 305 personnes au Brésil. Dans les deux pays, la production appartient à des organismes publics nationaux.

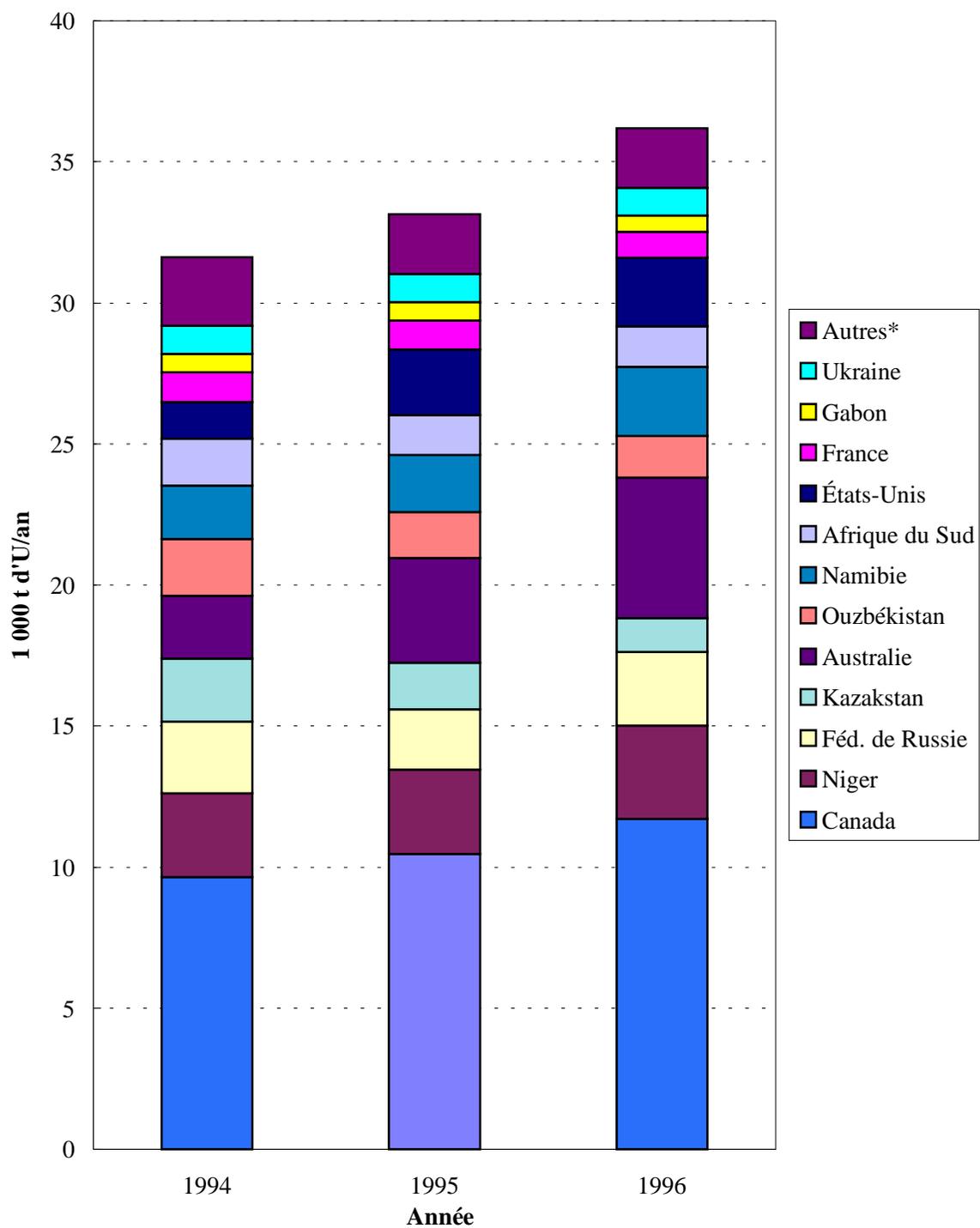
Dans la région de l'**Europe occidentale et de la Scandinavie**, la production a reculé de 6,1 pour cent entre 1995 et 1996 (tombant à environ 1 267 t d'U), principalement à cause de la baisse intervenue en **France**. La production de cette région, qui représente 3,5 pour cent dans la production mondiale, ne couvre que 6,5 pour cent des besoins régionaux. Le fléchissement de la production française devrait se poursuivre en 1997, en raison de la fermeture de la mine de Lodève. La production appartient pour 89 pour cent à des organismes publics nationaux et pour 11 pour cent à des sociétés privées nationales. Les effectifs ont été réduits à 441 personnes en 1996, alors qu'ils étaient de 496 personnes en 1994. La production dans les autres pays est demeurée à peu près stable. En **Belgique**, la production d'uranium obtenu en tant que sous-produit à partir de phosphates importés, a été réduite à un niveau de l'ordre de 25 t d'U par an. Ces matières appartiennent à une société privée. Les effectifs de personnel affectés à la production d'uranium en Belgique sont de 5 personnes. En **Allemagne**, la quantité d'uranium obtenue à partir du déclassement de l'exploitation minière souterraine par lixiviation de Königstein a été de 35 et 39 t d'U respectivement en 1995 et 1996, contre 47 t d'U en 1994. Les effectifs dans le secteur de l'uranium en Allemagne sont tous affectés à la dépollution et à la remise en état des sites des installations de production. Ils continuent de baisser et ont été ramenés à 4 200 personnes en 1996, contre 4 400 personnes en 1995 et 4 613 personnes en

1994. Ces activités sont menées par la compagnie Wismut qui appartient à l'État, mais fonctionne comme une entreprise privée. En **Espagne**, l'exploitation classique et par lixiviation en tas sur le site de l'usine de Fe se poursuit. L'emploi a légèrement baissé, n'étant plus que de 178 personnes en 1996, alors qu'il était de 185 personnes en 1994. La production appartient à 100 pour cent à la société privée ENUSA (détenue à 60 pour cent par la *Sociedad Estatal de Participaciones Industriales* (SEPI) et à 40 pour cent par le Centre de recherche pour l'énergie, l'environnement et la technologie (*Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas* – CIEMAT). Au **Portugal**, la production annuelle d'uranium a été de 18 t d'U en 1995 et de 15 t d'U en 1996.

La production dans la zone de l'**Europe centrale et orientale** s'est accrue de 10 pour cent entre 1995 et 1996, passant de 4 125 à 4 553 t d'U. En **Bulgarie**, suite à une décision gouvernementale, la production est maintenant totalement arrêtée. Le programme de dépollution et de remise en état se poursuit. La production de la **République tchèque**, qui a été de 600 t d'U en 1995 et 1996, a été assurée par la mine souterraine de Rozna et par la mine de Stráz exploitée par lixiviation in situ. En 1996, a démarré la phase de dépollution des eaux souterraines à Stráz. Les effectifs employés, qui étaient de 5 400 personnes en 1994, ont été ramenés à 3 600 personnes en 1996. La production est assurée par l'entreprise d'État DIAMO. En **Hongrie**, la production d'uranium a continué de baisser, passant de 400 t d'U en 1994 à 200 t d'U en 1995 et 1996. Le gouvernement projette de fermer la mine et l'usine de traitement de Mecsek d'ici à la fin de 1997. L'emploi a été ramené de 1 766 personnes en 1994 à 1 144 personnes en 1996. La société Mecsekuran Ltd., qui exploite le seul centre de production d'uranium existant en Hongrie, est une entreprise privée nationale. La production de la **Roumanie** s'est élevée à 120 t d'U en 1995 et à 105 t d'U en 1996, provenant de trois mines souterraines. La production dans la **Fédération de Russie** a augmenté de 21 pour cent entre 1995 et 1996, passant de 2 160 à 2 605 t d'U. Cette production provient principalement de mines souterraines situées près de Krasnokamensk alors qu'environ 22 pour cent ont été obtenus par lixiviation en tas et en gradins, et quelques pour cent ont été extraits d'une mine à ciel ouvert qui est progressivement abandonnée. La production devrait atteindre 2 800 t d'U en 1997. L'emploi est en recul, étant passé de 14 400 personnes en 1994 à 14 000 en 1995 et à 13 000 en 1996. L'**Ukraine** a produit 1 000 t d'U en 1996. Les mines (exploitées en souterrain) et les centres de traitement sont dans une phase de reconstruction. La capacité nominale de production de l'usine est de 1 000 t d'U par an et pourrait, si nécessaire être doublée à l'avenir.

Quant aux pays d'Afrique, l'Afrique de Sud, le Gabon, la Namibie et le Niger ont conjointement contribué pour environ 22 pour cent à la production mondiale totale en 1996. Cette région a porté sa production à 7 772 t d'U, soit un accroissement d'environ 10 pour cent par rapport à 1995. La production du Gabon en 1996 (568 t d'U) a baissé de 13 pour cent par rapport à 1995. La COMUF, qui est l'exploitant des mines et de l'usine de traitement, appartient pour 25 pour cent à l'État gabonais, pour 7 pour cent à des organismes privés gabonais et pour 68 pour cent à des compagnies minières contrôlées par des gouvernements étrangers. Le centre de traitement de Mounana a reçu du minerai provenant principalement de la mine souterraine d'Okelobondo. La mine à ciel ouvert de Mikouloungou entrera en exploitation après 1997. Les effectifs, qui ont été à peu près stables depuis 1994, baisseront en 1997. L'épuisement des corps minéralisés devrait intervenir en 1999, ce qui mettra fin à la production d'uranium au Gabon. La mine de Rössing en Namibie a connu la plus forte augmentation de production de la région, passant de 2 016 t d'U en 1995 à 2 447 t d'U en 1996 et il est prévu d'atteindre environ 3 000 t d'U en 1997. L'emploi est demeuré relativement stable ces dernières années, avec des effectifs d'environ 1 200 personnes. La mine est exploitée par Rössing Uranium Ltd., société qui appartient à raison de 60,8 pour cent à RTZ, de 3,4 pour cent à l'État namibien, de 10,0 pour cent à la société Industrial Development Corp. SA, et de 25,8 pour cent à

Figure 7. Production mondiale d'uranium en 1994, 1994 et 1996



* « Autres » couvre les producteurs restants. Les valeurs relatives à la Chine, à l'Inde et au Pakistan incluses dans « Autres » sont des estimations.

d'autres intérêts publics et privés étrangers. Le **Niger** est le premier producteur africain d'uranium en 1996, avec 3 321 t d'U ; au plan mondial, ce pays se classe au troisième rang derrière le Canada et l'Australie. De 1992 à 1995, la production s'est maintenue au même niveau (2 975 t d'U). Elle a été portée à 3 321 t d'U en 1996. Les deux centres de production du Niger, à savoir Arlit et Akouta, assurent respectivement environ un tiers et deux tiers de la production totale. Afin de rendre le secteur de l'uranium du Niger plus concurrentiel, un programme de restructuration a progressivement été mis en oeuvre depuis 1990. Il en est résulté une baisse continue du niveau de l'emploi, qui est passé de 3 173 personnes en 1990 à 2 104 personnes en 1994. Alors que la production a augmenté en 1996, les effectifs ont continué de diminuer, n'étant plus que de 2 077 personnes. La production du Niger appartient pour 33,1 pour cent à des organismes publics nationaux, pour 22,8 pour cent à des sociétés privées étrangères et pour 44,1 pour cent à des intérêts publics étrangers. En 1996, la production de l'**Afrique de Sud**, pratiquement identique à celle de 1995, s'est élevée à 1 436 t d'U. Elle est obtenue en totalité sous forme de sous-produit de l'extraction de l'or et du cuivre. Le principal organisme de commercialisation relevant de la « *Chamber of Mines* », la compagnie NUFCOR, reçoit des concentrés uranifères sous forme de boue provenant de quatre installations de traitement de l'uranium rattachées aux mines d'or à Vaals Reef (deux usines), à Hartebeestfontein (une usine) et à Western Areas (une usine), pour purification, séchage et conditionnement. Le reste de la production provient du gisement de Palabora, où l'on exploite plusieurs minéraux.

La zone du **Moyen Orient** ainsi que de l'**Asie centrale et méridionale** a enregistré une forte baisse (14,8 pour cent) de la production. Celle-ci est due aux réductions intervenues au Kazakhstan et en Ouzbékistan, les deux principaux pays producteurs qui faisaient auparavant partie de l'URSS. La production du **Kazakhstan**, qui était de 2 240 t d'U en 1994, était tombée à 1 630 t d'U en 1995 pour n'être plus que de 1 210 t d'U en 1996. La capacité totale de production est de 4 000 t d'U par an. En 1995, le centre de production de Tselinny, qui traitait le minerai provenant du district de Kokchetav au Kazakhstan septentrional a été mis en sommeil, dans l'attente d'une décision concernant son exploitation par un partenaire étranger. Trois installations de lixiviation in situ étaient en exploitation en 1995 dans la partie centre-sud du pays et deux nouvelles ont été mises en service en 1996. Ces nouvelles exploitations par LIS permettront d'augmenter la production, le niveau prévu en 1997 étant 1 500 t d'U. En 1994, la part de la production par LIS représentait 70 pour cent, 30 pour cent provenant de mines souterraines. En 1995, la production par LIS s'élevait 90 pour cent et elle a atteint 100 pour cent en 1996. Toute la production appartient à la Société d'État du Kazakhstan pour l'ingénierie et l'industrie (KATEP). Les effectifs dans ce secteur, qui étaient de 8 050 personnes en 1994, sont tombés à 6 850 personnes en 1995, et à 6 000 personnes en 1996. La production en **Ouzbékistan** a connu une évolution analogue. Elle a baissé, passant de 2 015 t d'U en 1994 à 1 644 t d'U en 1995 et à 1 459 t d'U en 1996. Cette baisse a été due à des réductions de l'exploitation classique (fermeture de mines souterraine et à ciel ouvert) alors que la production par LIS s'est maintenue à un niveau constant. En 1994, la mine à ciel ouvert d'Outchkoudouk et la mine souterraine de Sougraly, ainsi que l'installation de lixiviation in situ ont été fermées. La production en 1997 devrait se redresser à plus de 2 000 t d'U, faisant uniquement appel à des techniques de lixiviation in situ. L'emploi s'est accru, passant de 6 788 personnes en 1994 à 8 200 personnes en 1996. La production appartient au Combinat minier et métallurgique de Navoi (CMMN). On ne dispose pas d'informations détaillées concernant la production de l'**Inde** et du **Pakistan**, qui est estimée respectivement à 250 t d'U et 23 t d'U en 1996. Une partie de la production du Pakistan est obtenue à l'aide de techniques de LIS par voie alcaline.

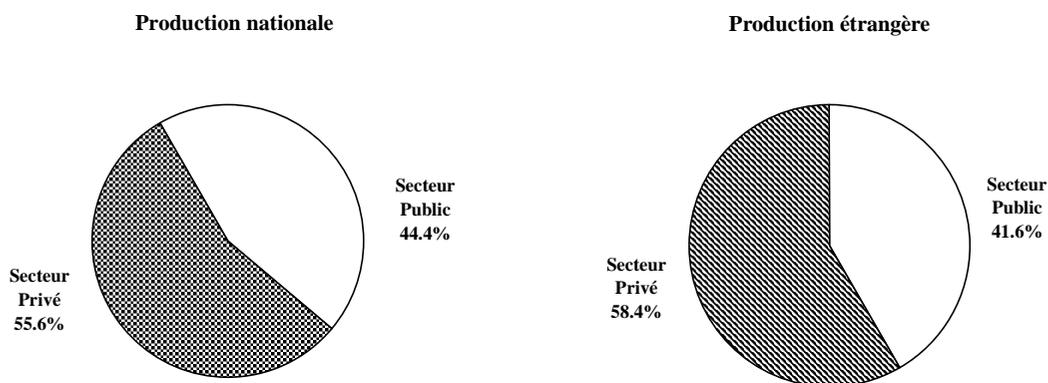
Dans la zone du **Pacifique**, le seul pays producteur est l'**Australie**. Cette dernière a augmenté sa production en 1996 de 34 pour cent, la portant à 4 975 t d'U. La production provient de la mine à ciel ouvert de Ranger appartenant à « Energy Resources of Australia Ltd » (ERA) (3 509 t d'U) et de la

mine souterraine d'Olympic Dam exploitée pour le cuivre, l'uranium, l'or et l'argent par Western Mining Corporation (WMC) (1 466 t d'U). L'accroissement est principalement imputable à la reprise, en 1996, du traitement sur une base annuelle des minerais de la mine de Ranger. Il résulte aussi d'une augmentation de la capacité du centre d'Olympic Dam. La production australienne devrait continuer de s'accroître au cours des quelques prochaines années, avec le développement des capacités des usines de traitement à Ranger (afin de traiter le minerai provenant du corps minéralisé de Jabiluka) et à Olympic Dam. Le projet de lixiviation in situ de Beverley en Australie méridionale, pourrait commencer à produire vers l'an 2000, mais la décision concernant le projet de Kintyre a été différée. L'emploi dans le secteur de la production d'uranium s'est légèrement redressé passant de 412 à 464 personnes au cours entre 1994 et 1996. La production de l'Australie appartient pour 82 pour cent à des sociétés privées nationales, 14 pour cent à des sociétés privées étrangères et 4 pour cent à des organismes publics étrangers.

En **Asie de l'Est**, il existe des mines d'uranium en Mongolie et en Chine. Jusqu'en 1995, la **Mongolie** a produit de l'uranium à partir du gisement de Mardai. Le minerai était traité dans l'usine russe de Krasnokamensk. Il a été mis fin en 1995 à l'accord de traitement passé avec la Fédération de Russie et la mine de Mardai a cessé d'être exploitée. La production totale de la **Chine** n'est pas notifiée. Elle est estimée à environ 500 à 600 t d'U par an. Trois des cinq usines de traitement sont données comme ayant produit 260 t d'U en 1996.

La Figure 8 et le Tableau 7 présentent la structure de la propriété de la production mondiale d'uranium, qui a été assurée dans 23 pays. On notera certains changements par rapport à 1994. En 1996, 36,9 pour cent de la production mondiale appartenaient à des sociétés privées nationales, 29,5 pour cent à des organismes publics nationaux, 19,6 pour cent à sociétés privées étrangères et 14 pour cent à des organismes publics étrangers. À titre de comparaison, en 1994, 36,1 pour cent de la production mondiale appartenaient à des sociétés privées nationales, 34,9 pour cent à des organismes publics nationaux, 20,8 pour cent à des sociétés privées étrangères et 8,2 pour cent à des organismes publics étrangers. Ces modifications sont principalement dues à une réévaluation de la structure de la propriété dans certains pays et à de nouvelles informations communiquées en vue du présent rapport.

Figure 8. Structure de la propriété dans le secteur de la production d'uranium



Les changements intervenus dans les niveaux de l'emploi entre 1994 et 1996 dans les centres de production existants de 21 pays (à l'exclusion de l'Inde, de la Mongolie, du Pakistan et de l'Afrique du Sud, qui n'ont pas fourni de données), sont indiqués au Tableau 8. Pour ces pays (à l'exclusion de l'Allemagne et de la Slovénie), qui représentent 95 pour cent de la production mondiale, les effectifs sont tombés de 59 071 personnes en 1994 à 52 363 personnes en 1996, soit une baisse de 11 pour cent. En Allemagne et en Slovénie, toutes les activités sont liées à la fermeture des installations ainsi qu'aux travaux de récupération et de remise en état.

Perspectives de production

Un accroissement de la production mondiale d'uranium est escompté en 1997. Compte tenu des plans annoncés pour 1997, ainsi que des estimations relatives aux pays non déclarants (notamment l'Australie, le Canada et les États-Unis où des accroissements sont attendus), il se peut que la production mondiale augmente pour atteindre de l'ordre de 38 000 à 39 000 t d'U, voire davantage. Les estimations laissent penser que la production dans la zone de l'OCDE sera probablement de nouveau en expansion, dans le prolongement de la tendance observée depuis 1993. En dehors de la zone de l'OCDE, on peut s'attendre à une stabilisation.

Les projections de la capacité théorique de production analysées dans la présente section, se fondent sur des projets prévus et envisagés dont il a été fait état officiellement. Les projets dans une phase de planification précoce et/ou qui ne sont pas notifiés officiellement ne sont pas inclus. L'**Amérique de Nord** est une zone où, selon toute vraisemblance, interviendront à l'avenir des accroissements de la production. Au **Canada**, plusieurs nouveaux projets miniers ont fait l'objet d'une étude dans le cadre du Processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (PEEE) et une approbation a été obtenue pour la plupart d'entre eux. Ces nouveaux projets prolongeront la durée de vie des centres de production existants, s'agissant par exemple du prolongement du gisement de Cluff Lake Dominique-Janine, de l'agrandissement des gisements d'Eagle Point et de Collins Bay A et D et du projet de McArthur River dont le minerai sera traité dans l'usine de Key Lake. La mise en service du centre de production de McClean Lake était programmée pour le milieu de 1997, mais le démarrage a été reporté en 1998. Si l'approbation est obtenue, le minerai provenant des mines de Cigar Lake et de Midwest sera traité à McClean Lake après l'an 2000. Quant au projet de Kiggavik dans les Territoires du Nord-Ouest, projet moins avancé, l'étude de faisabilité est en cours et il est peu probable que la production y démarre avant 2005. Si ces autres projets entrent en service comme prévu, la capacité annuelle de production d'uranium du Canada pourrait atteindre 15 000 t d'U. Aux **États-Unis**, il serait possible de porter la production annuelle d'uranium à environ 1 500 ou 1 600 t d'U, si les nouveaux projets prévus de lixiviation in situ sont réalisés et/ou si les actuelles exploitations par LIS augmentent leur niveau de production.

En **Amérique centrale et du Sud**, le très faible niveau de production d'environ 50 t d'U/an devrait se maintenir jusqu'à ce que le Brésil reprenne sa production au nouveau centre de Lagoa Real, dont le démarrage est programmé en 1998.

En **Europe occidentale**, aucun nouveau projet de production n'est envisagé dans l'avenir immédiat. Il est probable que le niveau actuel d'environ 1 200 t d'U par an sera légèrement réduit au cours des années à venir avec la fermeture du centre de production de Lodève en France. La récupération d'uranium lors de travaux de remise en état en **Allemagne** sera du même ordre qu'en 1996. La production d'uranium en **Espagne** et au **Portugal** devrait se maintenir au même niveau que ces dernières années.

En **Europe centrale et orientale**, la production future devrait se redresser sur la base principalement des plans annoncés par la Fédération de Russie. La **République tchèque** a fait savoir qu'elle projette de maintenir sa production au niveau actuel de 600 t d'U. L'exploitation minière cessera en **Hongrie** en 1997 et la mine souterraine de Mecsek sera fermée. La **Roumanie** pourrait éventuellement accroître sa production en la portant à environ 170 t d'U par an afin de satisfaire la demande nationale. La **Fédération de Russie** projette de développer sa production à court terme. À plus long terme, elle envisage d'aménager trois nouvelles grandes installations de lixiviation in situ afin d'accroître de 6 000 t d'U sa capacité annuelle de production d'ici à 2010. On s'attend à ce que l'**Ukraine** maintienne son niveau actuel de production estimé à 1 000 t d'U/an jusqu'à ce qu'elle ait mis à niveau sa capacité de traitement.

En **Afrique**, la **Namibie** pourrait accroître sa production si les conditions du marché le justifiaient. La pleine capacité de 4 000 t d'U par an pourrait être atteinte à bref délai. Comme la production de l'**Afrique du Sud** est obtenue en sous-produit de l'or (et du cuivre), la production d'uranium n'est guère susceptible de connaître un important accroissement si ce n'est en conjonction avec des conditions favorables sur le marché tant de l'uranium que de l'or. Aucun nouveau projet n'est envisagé au **Niger**. Cependant, ce pays possède les ressources nécessaires pour maintenir son niveau actuel de production jusqu'à la fin de 2015. Au **Gabon**, toute production devrait cesser en 1999, à moins que l'on ne réussisse à ouvrir de nouvelles mines.

Au **Moyen Orient** ainsi qu'en **Asie centrale et méridionale**, l'**Inde** et le **Pakistan** maintiendront probablement leur production à des niveaux correspondant à la demande nationale. La capacité de l'Inde représente 230 t d'U par an. Après avoir subi des amputations ces dernières années, la production au **Kazakhstan** et en **Ouzbékistan** devrait, selon les plans, être portée respectivement à 1 500 t d'U et à 2 050 t d'U en 1997. Ces pays projettent d'accroître encore leur production à l'avenir face à de meilleures perspectives sur le marché.

Dans la zone du Pacifique, la production de l'Australie s'est accrue pour atteindre environ 5 000 t d'U par an et pourrait de nouveau augmenter dans un proche avenir. L'ERA a obtenu du gouvernement l'autorisation de porter la capacité de l'usine de traitement de Ranger à 5 100 t d'U par an. Cette société est autorisée à exploiter le corps minéralisé Ranger 3 et a soumis une proposition visant la mise en valeur du gisement de Jabiluka situé à proximité. L'agrandissement prévu du centre de production d'Olympic Dam, qui doit atteindre 3 900 t d'U/an en 2001, a été accéléré et sera achevé en 1999. L'abandon par le Gouvernement australien de la « politique des trois mines » en mars 1996 a rendu possible l'aménagement de nouveaux centres de production. La société Canning Resources a différé la décision d'exploiter les corps minéralisés de Kintyre situés en Australie occidentale. La société Heathgate Ltd., une société privée américaine, étudie la possibilité d'exploiter le corps minéralisé de Beverley en Australie méridionale à l'aide de méthodes de lixiviation in situ. En outre, en 1996, la Cogéma a entrepris une nouvelle étude de faisabilité visant le gisement de Koongarra.

En **Asie de l'Est**, la **Chine** indique qu'elle continuera à produire de quoi satisfaire sa demande intérieure et de remplir les contrats d'exportation existants.

Tableau 7. Structure de la propriété de la production d'uranium en 1996

PAYS	Compagnies minières nationales				Compagnies minières étrangères				TOTAL
	du secteur public		du secteur privé		du secteur public		du secteur privé		
	t d'U/an	%	t d'U/an	%	t d'U/an	%	t d'U/an	%	
Afrique du Sud	0	0	1 436	100	0	0	0	0	1 436
Allemagne	39	100	0	0	0	0	0	0	39
Argentine	28	100	0	0	0	0	0	0	28
Australie	0	0	4 094	82	183	4	698	14	4 975
Belgique	0	0	28	100	0	0	0	0	28
Canada	629	5	6 017	52	1 926	16	3 134	26	11 706
Chine *	560	100	0	0	0	0	0	0	560
Espagne	0	0	255	100	0	0	0	0	255
États-Unis	0	0	1 180	48.5	865	35.6	386	15.9	2 431
France	830	89	100	11	0	0	0	0	930
Gabon	142	25	40	7	386	68	0	0	568
Hongrie	0	0	200	100	0	0	0	0	200
Inde *	250	100	0	0	0	0	0	0	250
Kazakhstan	1 210	100	0	0	0	0	0	0	1 210
Namibie	83	3	0	0	235	10	2 129	87	2 447
Niger	1 099	33	0	0	1 465	44	757	23	3 321
Ouzbékistan	1 459	100	0	0	0	0	0	0	1 459
Pakistan *	23	100	0	0	0	0	0	0	23
Portugal	0	0	15	100	0	0	0	0	15
République tchèque	604	100	0	0	0	0	0	0	604
Roumanie	105	100	0	0	0	0	0	0	105
Russie, Fédération de	2 605	100	0	0	0	0	0	0	2 605
Ukraine	1 000	100	0	0	0	0	0	0	1 000
TOTAL	10 666	29.5	13 365	36.9	5 060	14.0	7 104	19.6	36 195

* Estimation du Secrétariat.

Tableau 8. **Effectifs des centres de production existants des pays indiqués**
(Personnes-ans)

PAYS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Prévisions 1997
Allemagne	15 710 (c)	7 488 (d)	6 093 (d)	4 895 (d)	4 613 (d)	4 400 (d)	4 200 (d)	4 000 (d)
Argentine	340	250	220	220	180	120	100	80
Australie	1 183 (a)	1 189 (a)	376 (a)	405 (a)	412	413	464	494
Belgique	5	5	5	5	5	5	5	5
Brésil	521	463	430	410	408	390	305	305
Bulgarie	n.d.	n.d.	13 000	8 000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Canada (b)	2 495	2 195	1 310	1 320	1 370	1 350	1 155	1 200
Chine	10 000	9 500	9 500	9 300	9 100	8 000	8 500	8 500
Espagne	309	240	232	186	185	183	178	176
États-Unis	1 335	1 016	682	380	452 (e)	535 (e)	689 (e)	n.d.
France	2 276	1 773	1 368	824	496	468	441	n.d.
Gabon	n.d.	n.d.	207	193	263	276	259	150
Hongrie	4 798	2 240	1 855	1 755	1 766	1 250	1 144	1 100
Inde	n.d.	n.d.	3 780	3 898	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Kazakhstan	xxxx	xxxx	11 800	10 550	8 050	6 850	6 000	5 350
Namibie	n.d.	n.d.	1 266	1 240	1 246	1 246	1 189	1 300
Niger	3 173	2 562	2 340	2 118	2 104	2 109	2 077	2 001
Ouzbékistan	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6 688	7 378	8 201	8 200
Portugal	231	217	94	52	46	52	56	n.d.
République tchèque	xxxx	xxxx	xxxx	5 900	5 400	4 500	3 600	3 000
Roumanie	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	6 500	6 000	5 000	4 550
Russie, Fédération de	xxxx	xxxx	xxxx	15 900	14 400	14 000	13 000	n.d.
Slovénie (d)	xxxx	200	150	145	145	140	115	105
Tchécoslovaquie/RFTS	12 100	9 300	6 600	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Yougoslavie	440	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
TOTAL	****	****	****	****	63829	59665	56678	****

n.d. Données non disponibles. xxxx Entité nationale n'existant pas alors, ou redéfinie au plan politique.

**** Pas d'estimation en raison d'informations insuffisantes.

(a) Le centre d'Olympic Dam ne fait pas la distinction entre les effectifs affectés à la production de cuivre, d'uranium, d'argent et d'or. Les effectifs affectés à la production d'uranium ont été estimés.

(b) Données à la fin de l'année considérée, relatives aux seuls effectifs employés sur les sites des mines.

(c) Les données comprennent l'ex-RDA.

(d) Effectifs employés à des activités de déclassement et de remise en état.

(e) Ne comprend pas les 491 personne-ans en 1993, les 528 personnes-ans en 1994, les 573 personnes-ans en 1995 et les 429 personnes-ans en 1996 affectées à des travaux de remise en état liés aux activités de prospection, d'extraction, de préparation et de traitement de l'uranium.

Techniques de production

Pour produire de l'uranium, on a recours à des techniques d'extraction et de traitement du minerai tant classiques que non classiques. Les techniques non classiques comprennent la technologie de la lixiviation in situ (LIS), la récupération sous forme de sous-produit des phosphates et la lixiviation en tas. (Dans le présent rapport la récupération de l'uranium liée à la production d'or et de cuivre figure dans les techniques classiques de production.)

La production par des techniques classiques couvre l'extraction de minerai à partir de mines exploitées à ciel ouvert et en souterrain. L'exploitation par LIS utilise des solutions soit acides, soit alcalines pour extraire l'uranium. Ces solutions sont injectées dans la zone minéralisée par des puits foncés à partir de la surface et elles sont récupérées à partir de ces puits. La technologie LIS est la seule utilisée pour extraire l'uranium de gisements renfermés dans des grès qui se prêtent à ce

traitement. Dans le présent rapport, les « Autres technologies », couvrent la production obtenue comme sous-produit des phosphates, la lixiviation en tas et en place (en gradins). Par lixiviation en place, on entend la lixiviation du minerai abattu sans le retirer d'une mine souterraine, alors que la lixiviation en tas est réalisée une fois que le minerai est extrait d'une mine classique et acheminé à l'installation de lixiviation située en surface.

Le Tableau 9 présente la répartition de la production selon les quatre types de technologies ou sources de matières au cours de la période allant de 1994 à 1996.

Tableau 9. Répartition en pourcentage de la production mondiale par source/technologie

SOURCE/TECHNOLOGIE	1994	1995	1996
À ciel ouvert	38%	37%	39%
En souterrain	41%	43%	40%
LIS	14%	14%	13%
Autres *	7%	6%	8%

* sous-produit des phosphates, lixiviation en tas et en place et récupération à partir des eaux d'exhaure.

Comme on peut le constater, les techniques classiques d'extraction et de traitement sont demeurées la méthode prédominante utilisée pour produire de l'uranium. L'exploitation minière classique a permis d'assurer près de 80 pour cent de la production d'uranium de 1994 à 1996. La part revenant aux mines souterraines demeure légèrement supérieure à celle des mines à ciel ouvert. La fraction produite par les techniques de LIS s'est maintenue quasi constante à environ 15 pour cent de la production mondiale totale. D'autres méthodes (sous-produit des phosphates, lixiviation en tas et en place) représentent environ 6 à 8 pour cent de ce total.

À l'échelle mondiale, la récupération de l'uranium comme sous-produit au cours du traitement des phosphates, revêt une importance secondaire. Au 1er janvier 1997, seules trois installations de production d'uranium récupéré comme sous-produit des phosphates, représentant globalement une capacité théorique de production totale de 495 t d'U, étaient signalées comme étant en exploitation. Il s'agissait de deux installations aux États-Unis et d'une en Belgique, ayant respectivement une capacité théorique de production de 450 et 45 t d'U. Globalement, cette capacité théorique de production équivaut à environ 1,4 pour cent de la production en 1996. La majeure partie de la production restante entrant dans la catégorie « Autres », a été obtenue par lixiviation en tas et en place.

Les modifications intervenues dans les différentes régions en termes de sources de production au cours de la période 1994-1996 ont eu tendance à se compenser. Par exemple, alors que la production à l'aide des techniques de LIS a reculé dans les NEI et en Europe orientale, aux États-Unis cette production s'est accrue. La quantité estimée d'uranium produit par LIS aux États-Unis a augmenté d'environ 85 pour cent, passant d'environ 900 t d'U en 1994, soit 20 pour cent de la production mondiale par LIS, à près de 1 675 t d'U en 1996, soit 35 pour cent de la production mondiale par LIS. Étant donné que les producteurs américains n'utilisent que la technique de lixiviation par voie alcaline, la part relative d'uranium produit à l'aide de solutions alcalines s'est accrue notablement, alors que la quantité d'uranium produit à l'aide de la lixiviation par voie acide a baissé.

Le recours aux techniques classiques de production devrait s'accroître, l'exploitation souterraine étant particulièrement privilégiée. On s'attend à ce que les projets existants soient exploités à pleine capacité ou presque, ou à ce qu'ils fassent l'objet d'agrandissements. Les techniques de LIS

pourraient conserver leur part relative de la production si de nouveaux projets prévus sont mis en exploitation.

Le faible niveau des prix prévalant sur le marché ces dernières années a impliqué, dans la plupart des cas, que seuls les gisements se prêtant à une production concurrentielle à faible coût sont exploités et/ou aménagés en vue d'une production future. La production d'uranium bon marché à partir de nouveaux projets devrait provenir principalement de gisements à forte teneur liés à des discordances, et de gisements renfermés dans des grès se prêtant à une exploitation par des techniques de LIS. L'Australie et le Canada sont les seuls pays possédant des ressources connues du type lié à des discordances. Au Canada, six projets conçus en vue d'exploiter ce type de gisement se situent à divers stades de planification, d'examen du point de vue de l'environnement et d'aménagement, ou sont déjà opérationnels.

Cinq des six nouveaux projets canadiens (Cigar Lake, Eagle Point-Collins Bay, McArthur River, Midwest et McClean Lake) utilisent ou utiliseront des techniques d'extraction en souterrain. Ces mines sont les premières au Canada, après Cluff Lake, à exploiter des gisements à forte teneur du type lié à des discordances par des techniques d'extraction en souterrain.

Suite au changement de politique des pouvoirs publics intervenu en mars 1996, le développement de nouveaux projets de production d'uranium au cours des prochaines années est probable en Australie. Trois nouveaux gisements liés à des discordances pourraient être mis en valeur dans un proche avenir, Jabiluka étant le seul à être exploité en souterrain. Les deux autres (Ranger 3 et Kintyre) seront exploités à ciel ouvert. Il est indiqué également que le gisement de Beverley en Australie méridionale pourrait être exploité par lixiviation acide in situ. Ce serait le premier projet de taille commerciale utilisant ce procédé dans le monde occidental.

Parmi les pays utilisant les techniques de LIS figurent la Chine, les États-Unis, le Kazakhstan, l'Ouzbékistan et la République tchèque. Le Pakistan et le Portugal exploitent aussi de petits projets de LIS. De nouveaux projets sont prévus en Australie, en Mongolie et dans la Fédération de Russie, et des plans d'accroissement de la production par LIS existent aux États-Unis, au Kazakhstan et en Ouzbékistan. La Bulgarie a fermé ses mines exploitées par LIS en 1994.

On n'a pas connaissance à l'heure actuelle de plans pour accroître la production d'uranium en tant que sous-produit des phosphates. La récupération d'uranium par lixiviation en tas est pratiquée en Chine, en Espagne, au Portugal et dans la Fédération de Russie. La lixiviation en gradins (en place) est utilisée en Chine et dans la Fédération de Russie. La production relevant de la catégorie « Autres » ne semble pas susceptible de progresser aussi vite que celle par des méthodes classiques et par LIS, car il n'a pas été fait état de plans relatifs à d'importants projets nouveaux dans cette catégorie.

Projections relatives à la capacité théorique de production

Afin de pouvoir établir plus aisément une projection de la disponibilité de l'uranium à l'avenir, les pays Membres ont été invités à fournir deux projections de leur capacité théorique de production jusqu'en 2015. La première se fonde sur les centres de production Existants et Commandés, et la seconde prend en compte les centres de production Prévus et Envisagés. Alors que quelques pays (Afrique du Sud, Brésil, Gabon, Kazakhstan, Mongolie, Niger et Ouzbékistan) ont indiqué leur capacité théorique de production sur la base de leurs RRA et RSE-I récupérables à un coût inférieur ou égal à 40 \$/kg d'U, plusieurs pays n'ont pas fourni d'indications correspondant à cette tranche de coût. Les deux projections figurant dans le présent rapport sont donc établies sur la base des RRA et

Tableau 10. Capacité théorique mondiale de production d'uranium jusqu'en 2015 (en tonnes métriques d'U/an)

PAYS	1997		1998		2000		2005		2010		2015	
	A-II	B-II										
Afrique du Sud (c) (d) (g)	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900
Argentine	120	120	120	120	120	120	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Australie	5 000	5 000	5 500	5 500	8 100	10 800	8 100	10 800	8 100	10 800	8 100	10 800
Belgique (a) (b)	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brésil	0	0	0	300	500	500	0	1 360	0	1 360	0	1 360
Canada	12 950	12 950	14 250	16 250	8 500	17 900	0	13 500	0	13 500	0	11 200
Chine (b) (f)	740	740	740	840	740	1 040	740	1 040	740	2 400	740	3 200
États-Unis	4 230	4 230	4 932	5 220	5 816	7 489	3 662	8 835	2 354	6 335	462	1 231
France	760	760	500	500	0	0	0	0	0	0	0	0
Gabon (c)	587	587	540	540	540	540	0	0	0	0	0	0
Hongrie	0	200	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Inde (a) (b) (f)	220	220	220	220	220	246	220	286	220	391	220	508
Kazakhstan (c)	1 500	1 500	1 600	1 600	2 000	2 000	2 800	3 000	3 800	4 000	4 800	5 000
Mongolie (c)	150	150	150	250	150	500	150	1 100	150 (b)	1 100 (b)	150 (b)	1 100 (b)
Namibie	3 000	3 000	3 000	3 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000 (b)	4 000 (b)
Niger (c)	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800	3 800
Ouzbékistan (c)	2 050	2 050	2 500	2 500	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Pakistan (b) (f)	30	30	30	30	30	65	30	65	30	65	30	50
Portugal	50	50	50	200	50	200	50	200	50	200	50 (b)	200 (b)
République tchèque	680	680	680	680	680	680	110	110	60	60	50	50
Roumanie (a) (b) (f)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	400	300	500
Russie, Féd. de (h)	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	6 000	3 500	10 000	3 500	10 000
Ukraine (b) (f)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	2 000	1 000	2 790	1 000	2 790
Zimbabwe (e)	0	0	0	0	0	0	0	350	0	50	0	0
TOTAL	42 867	43 067	45 567	48 535	45 201	59 835	33 362	61 646	33 004	66 151	32 102	60 689

A-II : Capacité théorique de production des centres existants et commandés fondée sur des ressources récupérables dans la catégorie des RRA et des RSE-I.

B-II : Capacité théorique de production des centres existants, commandés, prévus et envisagés fondée sur des ressources récupérables entrant dans la catégorie des RRA et des RSE-I.

n.d. Données non disponibles.

(a) À partir de ressources récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U.

(b) Estimations établies par le Secrétariat.

(c) À partir de ressources récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 40 \$/kg d'U.

(d) AEN/OCDE-AIEA, "1993 - Uranium : Ressources, Production et Demande", OCDE, Paris, 1994.

(e) AEN/OCDE-AIEA, "1991 - Uranium : Ressources, Production et Demande", OCDE, Paris, 1992.

(f) Les projections relatives à la Chine, à l'Inde, au Pakistan, à la Roumanie et à l'Ukraine sont fondées sur l'intention annoncée de ces pays de produire à hauteur de leurs besoins nationaux.

La Chine projette aussi de satisfaire les contrats d'exportation en cours.

(g) L'Afrique du Sud signale que la production d'uranium pourrait baisser à 1 000 t d'U/an vers l'an 2 000 si les prix sur le marché ne se redressent pas.

(h) La Fédération de Russie fait état d'une capacité théorique de production actuelle de 3 500 t d'U, avec une expansion prévue à 10 000 t d'U/an d'ici à 2010. Pour les autres années il s'agit d'estimations du Secrétariat.

des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U, et qui sont tributaires des centres de production.

Au total, 18 pays ont fourni des projections de leur capacité théorique de production à partir de ressources exploitables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U. Parmi les pays producteurs d'uranium, qui n'ont pas fourni de projections, figurent : la Chine, l'Inde, le Pakistan, la Roumanie et l'Ukraine. Toutefois, ces pays ont fait savoir qu'ils avaient l'intention de couvrir les besoins de leur parc nucléaire national. Afin d'établir les projections figurant dans le présent rapport, on a pris en compte, dans le cas de ces pays, la capacité théorique correspondant à la projection des besoins des réacteurs pour l'hypothèse basse figurant au Tableau 12. Cependant, il n'est pas assuré que tous ces pays possèdent des RRA et des RSE-I suffisantes pour satisfaire leurs besoins jusqu'en 2015.

Le Tableau 10 présente les projections relatives aux centres de production Existants et Commandés (colonnes A) et aux centres de production Existants, Commandés, Prévus et Envisagés (colonnes B) jusqu'en 2015 pour tous les pays producteurs d'uranium.

En 1997, la capacité théorique de production des centres Existants et Commandés, indiquée par certains pays, est d'environ 42 900 t d'U par an. À titre de comparaison, la production d'uranium en 1996 de ces pays a été de 36 195 t d'U, soit environ 84 pour cent de cette capacité.

En 1998, la capacité théorique de production des centres Existants et Commandés passera à environ 45 600 t d'U par an. Les centres Prévus et Envisagés pourraient représenter une capacité supplémentaire de 3 000 t d'U (7 pour cent), portant le total à environ 48 500 t d'U. D'ici à l'an 2000, la production des centres Existants et Commandés devrait décroître légèrement, n'étant plus que de 45 200 t d'U par an. Environ 37 pour cent de cette capacité, soit 16 600 t d'U, se trouvent dans deux pays – le Canada (19 pour cent) et l'Australie (18 pour cent). Une fraction supplémentaire de 53 pour cent du total se trouve en Afrique de Sud, aux États-Unis, au Kazakhstan, en Namibie et au Niger, dans la Fédération de Russie et en Ouzbékistan. Les centres Prévus et Envisagés devraient représenter environ 14 600 t d'U supplémentaires, pour un total d'environ 59 800 t d'U.

Après l'an 2000, la fermeture de mines existantes, à cause de l'épuisement des ressources, entraînera une chute brutale (26 pour cent) de la capacité théorique de production des centres Existants et Commandés, qui ne sera plus que de 33 400 t d'U vers 2005. Cette capacité continuera ensuite de décroître lentement pour s'établir à environ 32 100 t d'U en 2015.

Le secteur de la production d'uranium connaîtra une transformation considérable au cours de la période 1997 à 2005. En 1996, la capacité théorique de production des centres Existants et Commandés était de 42 500 t d'U, représentant environ 70 pour cent des besoins de l'année. Le taux d'utilisation de cette capacité théorique ayant été de 85 pour cent, la production a couvert environ 52 pour cent des besoins. La capacité théorique de production des centres Existants et Commandés se maintiendra à 70 pour cent des besoins projetés jusqu'en 2000 mais tombera à moins de 50 pour cent de ces besoins vers 2005 en raison de la fermeture prévue de certains centres après l'an 2000. Une baisse continue de la capacité théorique de production des centres Existants et Commandés étant prévue jusqu'en 2015, ces centres ne couvriront plus que 40 à 50 pour cent des besoins projetés en 2015.

Les capacité théorique des centres de production Prévus et Envisagés devrait s'élever à 28 300 t d'U vers 2005. Cette capacité additionnelle porterait à 61 600 t d'U par an la capacité théorique totale de production d'uranium, soit environ 90 pour cent des besoins annuels en 2005. En 2010, la capacité théorique des centres de production Prévus et Envisagés devrait atteindre à environ 33 100 t d'U. À

cette date, la capacité théorique totale de production des centres Existants, Commandés, Prévus et Envisagés atteindrait donc environ 66 200 t d'U, soit de 86 à 93 pour cent des besoins (correspondant respectivement aux hypothèses haute et basse de capacité nucléaire installée).

La capacité théorique de production des centres Prévus et Envisagés diminuera ensuite pour n'être que d'environ 28 600 t d'U vers 2015. La capacité théorique totale de production des centres Existants, Commandés, Prévus et Envisagés devrait être d'environ 60 700 t d'U en 2015, représentant de 73 à 97 pour cent des besoins projetés (correspondant respectivement aux hypothèses haute et basse de capacité nucléaire installée).

L'évolution de la capacité théorique de production décrite dans le présent rapport (y compris celle des centres Prévus et Envisagés), laisserait des besoins non satisfaits représentant environ 5 000 t d'U en l'an 2000, de 5 000 à 8 000 t d'U en 2005, de 5 000 à 11 000 t d'U en 2010 et de 2 000 à 22 000 t d'U en 2015. Des approvisionnements supplémentaires seront nécessaires pour faire face au déficit de production mis en lumière par ces projections. Une contribution notable proviendra probablement d'autres sources d'approvisionnement possibles, comme le retraitement du combustible, les prélèvements sur les stocks excédentaires, ainsi que l'uranium faiblement enrichi obtenu à partir du mélange de l'uranium hautement enrichi provenant des ogives nucléaires et des réserves des gouvernements. À long terme, cependant, la principale contribution viendra de la mise en valeur de nouvelles mines et usines d'uranium.

D. SÛRETÉ RADIOLOGIQUE ET ASPECTS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT

La section consacrée à la sûreté radiologique et aux aspects liés à l'environnement de l'extraction minière et de la production d'uranium a été introduite pour la première fois dans l'édition de 1995 du Livre Rouge. Son objectif est d'informer les lecteurs sur la pertinence des mesures relatives à la protection de l'environnement dans ces secteurs d'activité en réponse à la sensibilisation croissante du public aux questions liées à l'environnement. Cette section donne des indications sur niveau croissant des activités liées à la protection de l'environnement menées par les compagnies minières dans le secteur de l'uranium. Elle offre aussi un aperçu de l'incidence potentielle des considérations de sûreté radiologique et de protection de l'environnement sur les installations existantes de production d'uranium, sur les capacités théoriques futures, et sur la conception et le calendrier de mise en place de nouvelles installations de production. Cet aspect prend une importance croissante par suite de deux faits nouveaux : en premier lieu, le nombre croissant d'installations de production qui ont récemment été mises hors service et, en second lieu, l'exigence de plus en plus fréquente d'études d'impact sur l'environnement préalablement à l'obtention d'autorisations de la mise en service d'installations de production. En outre, les aspects liés à l'environnement doivent être pris en considération dans le cas de sites de production qui ont été abandonnés à une époque où les dispositions légales régissant le déclassement et la remise en état n'étaient pas suffisantes. Nombre de ces sites ont été abandonnés sans que de quelconques mesures de sûreté, de remise en état ou de restauration aient été prises en considération. On trouvera ci-après un aperçu des principales questions d'environnement qui se sont posées dans le passé et se posent encore en liaison avec l'exploitation minière et la production d'uranium. Un rapport plus exhaustif sur les questions d'environnement liées à l'extraction et au traitement du minerai d'uranium doit être publié en 1998 par l'AEN/OCDE et par l'AIEA sur la base des informations détaillées fournies par les pays Membres des deux Agences.

Amérique du Nord. Au **Canada**, les six nouveaux projets de mines d'uranium en Saskatchewan ont été ou sont soumis à l'examen d'une commission indépendante, conformément au Décret fédéral sur les lignes directrices du processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (PEEE). En 1995, les énoncés des incidences environnementales relatifs aux projets de Cigar Lake et de McArthur River, ainsi que la version modifiée concernant le projet en co-entreprise de Midwest, ont été soumis pour examen. Les audiences publiques concernant les projets de Cigar Lake et de McArthur River ont débuté en septembre 1996. En août 1996, la société Cogéma Resources Inc., exploitant du projet de McClean Lake précédemment approuvé, a informé la Commission mixte fédérale-provinciale d'évaluation des incidences sur l'environnement qu'elle modifierait son plan d'évacuation des résidus de la mine JEB ; ce site acceptera aussi les résidus provenant des projets de Cigar Lake et de Midwest. La Commission a estimé qu'il fallait davantage d'informations sur les modalités techniques qui seraient mises en oeuvre pour stocker les résidus de ces projets. Elle a ensuite examiné ces informations additionnelles au cours d'audiences publiques supplémentaires nécessaires avant qu'elle ne puisse soumettre ses recommandations aux autorités publiques. L'examen du projet de McArthur River a été achevé à la fin de 1996 et la Commission a fait rapport aux pouvoirs publics vers la fin de février 1997. Elle a recommandé d'autoriser la poursuite du projet sous réserve d'un certain nombre de conditions, et, en mai 1997, les autorités tant fédérales que provinciales ont donné leur accord autorisant la poursuite du projet sous réserve de la délivrance des permis requis. En ce qui concerne le déclassé des installations de stockage des résidus à Elliot Lake, la Commission d'évaluation des incidences sur l'environnement a soumis en juin 1996 ses recommandations, qui souscrivaient aux propositions de Rio Algom et de Denison, au Ministère fédéral de l'Environnement. La réponse fédérale, rendue publique en avril 1997, a approuvé la plupart des recommandations de la Commission.

Aux **États-Unis**, sur 26 usines de traitement classique ayant reçu une autorisation d'exploitation commerciale, une seule était en service en 1995. Cinq usines étaient en réserve, les autres se trouvant à divers stades de déclassé. Conformément à une disposition législative de 1992, il incombe au Ministère de l'Énergie [*Department of Energy – DOE*] de rembourser aux titulaires d'autorisations relatives à des sites de traitement de l'uranium et du thorium en service, les coûts des mesures correctives imputables aux résidus de production de concentrés d'uranium et de thorium vendu au Gouvernement des États-Unis. Le DOE est habilité à rembourser jusqu'à 5,50 \$ par tonne courte de résidus secs résultant de la production de concentrés vendu au Gouvernement fédéral. En 1996, le remboursement total susceptible d'être effectué par le DOE a été porté de 270 millions de dollars à 350 millions de dollars, et le remboursement maximal pouvant être versé à un même titulaire d'autorisation a été porté de 40 à 65 millions de dollars. Le rapport intitulé « *Decommissioning of US Uranium Production Facilities* » (Déclassé des installations de production d'uranium aux États-Unis) [DOE-EIA-0592, fév. 1995] présente une étude portant sur 25 sites classiques et 17 sites non classiques aux États-Unis. Il indique que les coûts moyens de déclassé des usines sont de 14,1 millions de dollars, dont plus de la moitié est destinée à la remise en état des zones occupées par les résidus. Le coût moyen, dans le cas des installations non classiques, est de 7 millions de dollars, dont environ 40 pour cent sont consacrés à la restauration de la qualité des eaux souterraines. Ces coûts, qui influent sur les coûts de la production d'uranium, sont normalement amortis pendant la durée de vie de l'exploitation et viennent s'ajouter au prix de vente des concentrés.

Amérique centrale et du Sud. En **Argentine**, le déclassé de l'usine de Malargüe a débuté et la CNEA dépensera environ 12 millions de dollars des États-Unis pour commencer la remise en état du site. Les travaux et les études sont désormais axés sur la zone du centre minier de Los Gigantes. Au **Brésil**, la mine et les installations de traitement de Poços de Caldas, qui sont maintenant fermées, font l'objet d'une surveillance et d'un contrôle exercés par la compagnie minière

nationale. Dans un rayon de 20 km autour du complexe, toutes les données nécessaires sont recueillies à intervalles réguliers. Le déclassement de la mine commencera en 1998.

Europe occidentale et Scandinavie. En **Finlande**, l'ancienne petite mine d'uranium de Paukkajanvaara, fermée en 1962, a fait l'objet d'une surveillance jusqu'en 1974 et a finalement été recouverte de terre végétale en 1993. En **France**, toutes les excavations de matières renfermant des substances radioactives susceptibles d'être dangereuses sont strictement réglementées par les textes juridiques en vigueur qui sont devenus plus contraignant ces dernières années. La réglementation impose le déclassement et la réhabilitation des mines et usines de traitement fermés ainsi que des décharges de déchets et des installations de retenue des résidus, de manière à réduire au minimum les rejets de substances potentiellement nocives et à respecter les normes. Le déclassement et la remise en état des sites miniers de Vendée sont achevés et ces sites sont sous surveillance. Le déclassement du site de la mine de Bessines est en cours. Depuis qu'il a été mis fin à la production commerciale d'uranium en **Allemagne** en 1990, d'importants programmes ont été consacrés au déclassement des mines, des usines et des installations adjacentes. Les énormes espaces occupés antérieurement par les mines à ciel ouvert et en souterrain et les grands volumes de stériles et de déblais de résidus exigent d'importants investissements financiers de la part des pouvoirs publics, qui y consacrent chaque année, de 700 à 800 millions de DM. Les dépenses totales de déclassement et de remise en état intégrale qui s'étaleront sur une période de 15 ans devraient s'élever à 13 milliards de DM et couvriront. En **Espagne**, le déclassement du centre de production de La Haba, dans la province de Badajoz, a été achevé en 1997. Un programme de surveillance de cinq ans est instauré afin de vérifier l'application des critères imposés à l'exploitant par le Conseil espagnol de la sécurité nucléaire (CSN). Dans la zone de la mine de Fe, dans la province de Salamanque, des projets de déclassement de l'ancienne usine de traitement de Elefante et des anciennes installations de lixiviation en tas ont été soumis et sont en attente d'autorisation du CSN. Un plan a été soumis pour la remise en état des sites de 22 anciennes mines situées en Andalousie et en Castille et, pour la majeure partie, dans la communauté autonome de l'Estramadure. Le gouvernement autonome de l'Estramadure a approuvé ce projet, en mars 1997, pour les mines le concernant et les travaux ont commencé dans cette région. En **Suède**, la mine de Ranstad a été remise en état au début des années 90 à l'aide des techniques les plus modernes. La mine à ciel ouvert a été transformée en lac et la zone occupée par les résidus a été recouverte de plusieurs couches de protection afin d'empêcher la production d'eaux acides. Cette zone fait l'objet d'une surveillance permanente. Au **Portugal**, l'ENU exerce une surveillance sur plusieurs paramètres environnementaux, tels que la qualité de l'air, les effluents miniers (eaux d'exhaure des mines souterraines et de drainage superficiel), et elle recueille des échantillons de données relatives au sol, aux sédiments et à la végétation en vue d'analyses plus poussées dans le cadre du déclassement des mines d'Urgeiriça, de Castelejo et de Cunha Baixa.

Europe centrale et orientale. La **République tchèque** inventorie les problèmes environnementaux résultant des installations de production d'uranium abandonnées. Au nombre de celles-ci se trouvent les sites de Jachymov et de Horni Slavkov, qui ont donné lieu à des activités minières au cours des années 40 et 50. Un important programme de protection de l'environnement est mené par la DIAMO dans le cas des sites miniers en exploitation et des installations récemment fermées. Ce programme comporte la surveillance des émissions dans l'atmosphère et dans l'hydrosphère, de même que l'évaluation de l'incidence de la contamination du sol. D'importantes activités sont liées à l'altération du cadre naturel imputable à l'exploitation des mines d'uranium : remblayage des mines en souterrain et à ciel ouvert, remise en état et restauration du couvert végétal des décharges de déchets, dépollution des bassins de retenue des résidus, et surtout assainissement des champs d'épandage de Stráz exploités par LIS et des aquifères cénomaniens et turoniens connexes. Cette opération a débuté en octobre 1996. La surveillance et le contrôle des rejets d'eaux d'exhaure

sont opérationnels sur la plupart des sites des anciennes mines. En **Hongrie**, la société Mecsekuran Ltd. a établi, en 1996, un plan en vue du déclassement de l'industrie de l'uranium dans la région de Mecsek. Ce plan comporte une méthodologie et des calendriers pour la fermeture des mines et usines de traitement, ainsi que les mesures à prendre afin de restaurer et d'assainir l'environnement dans cette zone. Après la fermeture de l'installation de production de Zirovski vrh en **Slovénie**, des mesures de protection de l'environnement ont été mises en place. Il s'agit en particulier d'activités visant à : garantir la stabilité géomécanique de la mine ; assurer la protection des eaux de surface et des eaux souterraines ; remettre en état l'usine et entreprendre des aménagements en vue de son utilisation à d'autres fins ; restaurer les sites des décharges de déchets et des bassins de retenue des résidus ; et protéger l'environnement contre la contamination radioactive (émanations de radon, par exemple). Jusqu'à présent, il n'a été procédé au déclassement d'aucune installation de production d'uranium en **Ukraine** ; cependant le gouvernement ukrainien a désormais mis en place un programme d'État en vue d'améliorer la radioprotection dans ces installations. Ce programme couvre tous les problèmes environnementaux dans les mines et usines d'uranium d'Ukraine. Les risques potentiels que présentent les stériles et les minerais pauvres, qui sont stockés à proximité des mines, sont reconnus tout comme la nécessité de gérer les résidus de traitement.

Afrique. Au **Gabon**, il est actuellement procédé à une étude dont l'objectif est la restauration des sites miniers à proximité de Mounana et la gestion à long terme des résidus de traitement, une fois que les activités d'extraction auront pris fin. En **Namibie**, toute demande de concession minière doit obligatoirement donner lieu à l'exécution d'une étude des incidences sur l'environnement. Tout dommage à l'environnement qui serait imputable à des activités minières doit être évité. Les compagnies minières sont tenues de remettre en état le terrain après exploitation. La société « Rössing Uranium Mines » a adopté les normes internationales en vigueur pour l'exploitation des mines d'uranium. A l'heure actuelle, un examen est en cours afin de mettre au point des objectifs et des valeurs limites en matière d'environnement propres au site de Rössing sur la base d'une évaluation des risques. Dans le cas de la mine de Rössing, située dans le désert du Namib, la principale considération, du point de vue de l'environnement, est la gestion de l'eau. Le système utilisé dans le cas de cette mine, a pour objectif de réduire la consommation d'eau et d'atténuer au maximum la contamination des eaux souterraines. Une nouvelle méthode de dépôt des résidus permet de réduire les pertes d'eau par évaporation. L'acidité des eaux d'exhaure est réduite par neutralisation. Les recommandations figurant dans la Publication 60 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) de 1990, de même que le principe ALARA (« niveau le plus bas que l'on peut raisonnablement atteindre ») sont appliqués afin de réduire la radioexposition. En **Afrique du Sud**, le Conseil de la sûreté nucléaire [*Council for Nuclear Safety*] est l'organisme réglementaire chargé de mettre en oeuvre la législation en matière d'environnement applicable dans le cas de la production d'uranium. Parmi les questions liées à l'exploitation des mines d'or et d'uranium du Witwatersrand figurent la pollution par la poussière, la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines, ainsi que la radioactivité résiduelle. La législation stricte en matière d'environnement prescrit que les anciens terrains miniers et les zones où se trouvaient des installations de production d'uranium fassent l'objet de contrôles et soient décontaminés avant réutilisation.

Moyen Orient, Asie centrale et méridionale. Au **Kazakhstan**, l'exploitation des gisements d'uranium de type rubané s'accompagne d'une contamination radioactive des horizons aquifères qui peut s'étendre sur une longueur de 150 km et une largeur de 15 à 20 km. Ces zones ne doivent pas être utilisées pour l'approvisionnement en eau. La production d'uranium au cours des 40 années écoulées a entraîné l'accumulation de déblais de déchets stériles et de résidus de traitement faiblement radioactifs représentant environ 200 millions de tonnes. La menace que cela peut faire peser sur l'environnement étant reconnue, des programmes de restauration de l'environnement sont

en cours de planification. Les déchets radioactifs se trouvant sur les sites abandonnés, qui n'ont fait l'objet d'aucune remise en état faute d'un organisme responsable, sont de nature à causer des problèmes. En **Ouzbékistan**, la présence de gîtes uranifères de type rubané dans les aquifères entraîne de très forte concentrations d'uranium et de plusieurs autres métaux dans les eaux souterraines dans des zones dénuées d'activités minières. En surface, les principaux problèmes liés à la production d'uranium sont les poussières radioactives et les émanations de radon dans l'environnement. Des mesures sont actuellement prises en vue de prévenir ces problèmes, d'isoler les déchets et de traiter les eaux résiduaires.

Zone du Pacifique. En **Australie**, le gouvernement, qui contrôle l'exploitation des mines d'uranium dans le Territoire du Nord, est chargé de réglementer les activités minières et de superviser les programmes de protection de l'environnement dans la région d'Alligator Rivers où se trouvent la mine de Ranger et l'ancienne mine de Nabarlek. La mine de Nabarlek a cessé de produire en 1988 et la remise en état du site a été achevée en 1995. Ce site fait l'objet d'une surveillance du point de vue de l'environnement. Le Bureau de l'Expert à l'environnement (*Office of the Supervising Scientist - OSS*), qui supervise l'exploitation des mines d'uranium dans la région d'Alligator Rivers a régulièrement attesté du niveau élevé de protection de l'environnement atteint dans cette région, observant que l'extraction du minerai d'uranium avait eu une incidence négligeable sur l'environnement alentour. En ce qui concerne la proposition de l'ERA de mettre en valeur le gisement de Jabiluka, une déclaration finale d'incidences sur l'environnement (DIE) a été soumise en mai 1997. En ce qui concerne Olympic Dam, la société Western Mining Corp. (WMC), qui exploite la mine, a soumis en 1996 une proposition visant à porter sa production de cuivre à 200 000 t par an (contre 150 000 t actuellement) et sa production d'uranium à 4 600 t par an d' U_3O_8 , soit 3 900 t d'U (contre 3 700 t d' U_3O_8 , soit 3 140 t d'U, actuellement). Une évaluation, du point de vue de l'environnement, du projet d'agrandissement est actuellement exécutée conjointement par le Gouvernement australien et les autorités de l'État d'Australie méridionale et une DIE devait être diffusée par la WMC pour commentaires de la part du public en mai 1997. En outre, les propositions visant l'aménagement de nouvelles mines d'uranium en Australie méridionale à Beverley et en Australie occidentale à Kintyre seront soumises à deux procédures conjointes de DIE du Gouvernement australien et des autorités des États concernés.

Asie de l'Est. La **Chine** a entrepris de déclasser 6 mines d'uranium et 3 usines depuis 1986. La plupart des opérations de déclassement sont en cours, principalement pour le traitement des résidus des mines et des installations de production. En 1993, le gouvernement a publié des réglementations techniques applicable à la gestion de l'environnement et au déclassement des installations minières et de traitement de l'uranium.

REFERENCES

1. Chen, Zhaobao, *The Current Status of Uranium Resources Development in China and its Future*, (L'état actuel de la mise en valeur des ressources en uranium de la Chine et son avenir) présenté au Forum sur la mise en valeur des ressources en uranium, Société pour le développement des réacteurs de puissance et des combustibles nucléaires (PNC) et Forum des industries atomiques du Japon (JAIF), 10 mars 1997, Tokyo.

II. DEMANDE D'URANIUM

Ce chapitre contient une brève description de l'état actuel et de la croissance prévue de la puissance électronucléaire mondiale et des besoins en uranium des centrales nucléaires. On y trouvera, en outre, une analyse des relations entre la demande et l'offre d'uranium suivie d'une description des évolutions importantes du marché mondial de l'uranium. Deux problèmes ayant une incidence notable sur l'offre sont approfondis. Il s'agit de l'élimination des stocks militaires excédentaires de la Fédération de Russie et des États-Unis et des restrictions appliquées par les États-Unis et l'Union européenne sur les ventes d'uranium produit par les NEI. La dernière section de ce chapitre sera consacrée aux répercussions que pourraient avoir les événements récents sur les perspectives à long terme.

A. PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE ET BESOINS EN URANIUM DES RÉACTEURS⁽¹⁾

Monde (353 GWe nets). La puissance électronucléaire mondiale a pour ainsi dire doublé au cours des dix dernières années, et la production cumulée d'électricité nucléaire dépasse à présent 29 600 TWh. Les centrales nucléaires couvrent environ 6 pour cent de la consommation mondiale d'énergie et quelque 17 pour cent de celle d'électricité. Au début de 1995, les 442 tranches nucléaires en service dans le monde représentaient une puissance nette de 353 GWe (gigawatts électriques nets) couplée au réseau (voir Tableau 11 et Figures 9 et 10). En outre, 36 réacteurs, d'une puissance totale d'environ 28 GWe, sont en chantier. Néanmoins, le développement de l'énergie nucléaire s'est considérablement ralenti ces dernières années. En effet, la puissance électronucléaire installée n'a augmenté que de 13 GWe depuis l'édition du Livre rouge de 1995. Les réacteurs à eau sous pression se taillent la part du lion, puisqu'ils sont largement deux fois plus nombreux que les réacteurs à eau bouillante, qui viennent au second rang.

En 1995, quatre nouveaux réacteurs représentant 3,3 GWe au total ont été couplés au réseau, et aucun réacteur n'a été mis en chantier. La même année, la Roumanie a reporté sine die la construction de trois réacteurs. En 1996, la France, le Japon, la Roumanie et les États-Unis ont connecté au réseau cinq nouveaux réacteurs d'une puissance totale de 5,7 GWe, tandis que la Chine et le Japon mettaient en chantier trois réacteurs de 2 GWe et que la construction d'un réacteur était suspendue en Ukraine. En 1997, cinq réacteurs supplémentaires, représentant une puissance totale de 5,82 GWe, devraient être couplés au réseau.

(1) Certaines des données statistiques présentées dans les sections suivantes sont tirées de *Nuclear Power Reactors in the World*, Reference Data Series N°2, avril 1997, AIEA, Vienne, Autriche.

**Tableau 11. Puissance nucléaire installée (*) jusqu'en 2015
(Mwe nets)**

COUNTRY	1996	1997	2000	2005		2010		2015	
				Low	High	Low	High	Low	High
Afrique du Sud	1 842	1 842	1 842	1 842	1 842	1 842	1 842	1 842	1 842
Allemagne	22 400	22 400	22 400	22 000	22 000	21 400 a)	21 400 a)	20 200 a)	23 600 a)
Argentine	940	940	940	600 a)	1 627 a)	1 292 a)	1 292 a)	1 292 a)	1 292 a)
Arménie	376 c)	376 a)	376 a)	0 a)	376 a)	0 a)	376 a)	0 a)	376 a)
Bélarus	0	0 a)	600 a)	0 a)	600 a)				
Belgique	5 693	5 713	5 713	5 713	5 713	5 713	5 713	5 713	5 713
Brésil	626	626	1 871	1 871	1 871	3 110	3 110	1 871 a)	3 110 a)
Bulgarie	3 538 c)	3 538 a)	2 722 a)	2 314 a)	3 675 a)	1 906 a)	3 812 a)	1 906 a)	3 812 a)
Canada	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	15 000	15 000	13 000	13 000
Chine (d)	2 100	2 100	3 300	7 000	9 000	17 000	21 000	22 000	27 000
Corée, Rép.	9 600	10 300	13 700	18 700	18 700	26 300	26 300	26 300 a)	30 714 a)
Corée, RPD	0	0 a)	0 a)	0 a)	950 a)	1 900 a)	1 900 a)	1 900 a)	1 900 a)
Croatie	0	0 a)	600 a)	0 a)	600 a)				
Cuba	0	0 a)	0 a)	0 a)	408 a)	0 a)	408 a)	0 a)	408 a)
Égypte	0	0 a)	1 200 a)						
Espagne	7 130	7 320	7 580	7 715	7 715	7 765	7 765	7 765	7 765
États-Unis	100 600	100 600	100 500	100 500	100 500	93 500	100 500	63 700	100 500
Féd. de Russie	19 843	19 843	22 668 a)	21 676 a)	23 226 a)	23 326 a)	26 226 a)	22 443 a)	26 143 a)
Finlande	2 310	2 310	2 650	2 650	2 650	2 650	2 650	2 650	2 650
France	60 000	63 000	64 400	64 400	64 400	64 400	64 400	64 400	64 400
Hongrie	1 760	1 760	1 760	1 760 a)	1 760 a)	1 729 a)	2 329 a)	1 299 a)	2 929 a)
Inde	1 695 c)	1 695 a)	1 897 a)	2 203 a)	2 953 a)	3 013 a)	5 463 a)	3 913 a)	6 813 a)
Indonésie	0	0 a)	1 500 a)	0 a)	4 200 a)				
Iran	0	0 a)	0 a)	950 a)	950 a)	950 a)	2 150 a)	950 a)	2 150 a)
Japon	42 712	45 248	45 600	54 138 a)	54 384 a)	70 500	70 500	70 500 a)	78 925 a)
Kazakhstan	70	70	70	2 070	2 070	6 870	6 870	6 870 a)	6 870 a)
Lituanie	2 760	2 760	2 760	2 760 a)	2 760 a)	2 760 a)	2 760 a)	1 185 a)	2 760 a)
Maroc	0	0	0	0	0	0	0	0	600 a)
Mexique	1 308	1 308	1 370	1 370	1 370	1 370	2 370	1 370	3 370
Pakistan	125 c)	125 a)	425 a)	425 a)	725 a)	425 a)	725 a)	300 a)	2 600 a)
Pays-Bas	507	449	449	0 a)					
Philippines	0	0	0	0	0	0 a)	1 800 a)	0 a)	1 800 a)
Pologne	0	0 a)	1 200 a)						
République slovaque	1 588	1 588	2 364	1 592	3 140	1 592	3 140	1 592	2 368
République tchèque	1 632	1 632	2 604	3 516	3 516	3 516	3 516	3 516	3 516
Roumanie	650	650	650	1 950	1 950	2 560	3 250	3 250	3 250
Royaume-Uni	12 800 b)	12 800 b)	12 100 b)	9 300 b)	9 300 b)	7 000 b)	7 000 b)	7 000 a)	9 785 a)
Slovénie	632 c)	632 a)							
Suède	10 000	10 000	9 400	8 800	8 800	8 800 a)	9 440 a)	6 918 a)	9 440 a)
Suisse	3 055	3 117	3 179	3 179	3 179	3 179	3 179	3 179	3 179
Thaïlande	0	0 a)	1 000 a)	0 a)	2 000 a)				
Turquie	0	0	0	1 000	1 000	2 000	2 000	2 000 a)	3 400 a)
Ukraine	13 880	13 880	15 880	15 880	15 880	15 880	15 880	15 880 a)	18 161 a)
Viet Nam	0	0	0	0	0	0	1 000 a)	0	2 000 a)
TOTAL OCDE	154 221	160 709	168 728	181 525	182 555	206 086	209 660	203 962	232 865
TOTAL MONDE	353 056	359 506	372 686	391 890	402 406	427 264	461 282	394 720	500 957

(*) Puissance installée à la fin de l'année.

(a) Estimation du Secrétariat de l'AIEA.

(b) OCDE/AEN, *Données sur l'énergie nucléaire*, Paris, 1997.

(c) AIEA, "Nuclear Reactors in the World", RDS No.2, Vienne, 1997.

(d) Les données suivantes sur le Taipei chinois sont incluses dans le total monde mais non dans les totaux pour la Chine : 4 884 MWe jusqu'en 2000, 7 384 MWe jusqu'en 2015 (hypothèse basse), et 7 384, 9 884 et 12 384 (hypothèse haute) jusqu'en 2005, 2010 et 2015, respectivement.

Les besoins en uranium de la planète pour 1996 étaient estimés à quelque 60 488 tonnes d'équivalent d'uranium naturel (voir Tableau 12 et Figure 11). Une augmentation de 3 300 tonnes est prévue pour 1997.

Si la puissance électronucléaire et les besoins en uranium progressent régulièrement chaque année dans le monde, les taux de croissance varient considérablement d'une région à l'autre.

OCDE (297,5 GWe au 1er janvier 1997). Les pays Membres de l'OCDE détiennent plus de 80 pour cent de la puissance électronucléaire mondiale. Elle est passée de 283,2 GWe à près de 297,5 GWe entre 1994 et 1996. Cette augmentation d'environ 14,3 GWe correspond à un taux de croissance annuel de 2,5 pour cent depuis l'édition de 1995 du Livre rouge. Quatorze réacteurs sont actuellement en construction dans ces pays. Les besoins en uranium des réacteurs s'élevaient, pour l'année 1996, à 50 372 tonnes et devraient passer à 53 146 tonnes en 1997, soit une progression de 5,5 pour cent environ.

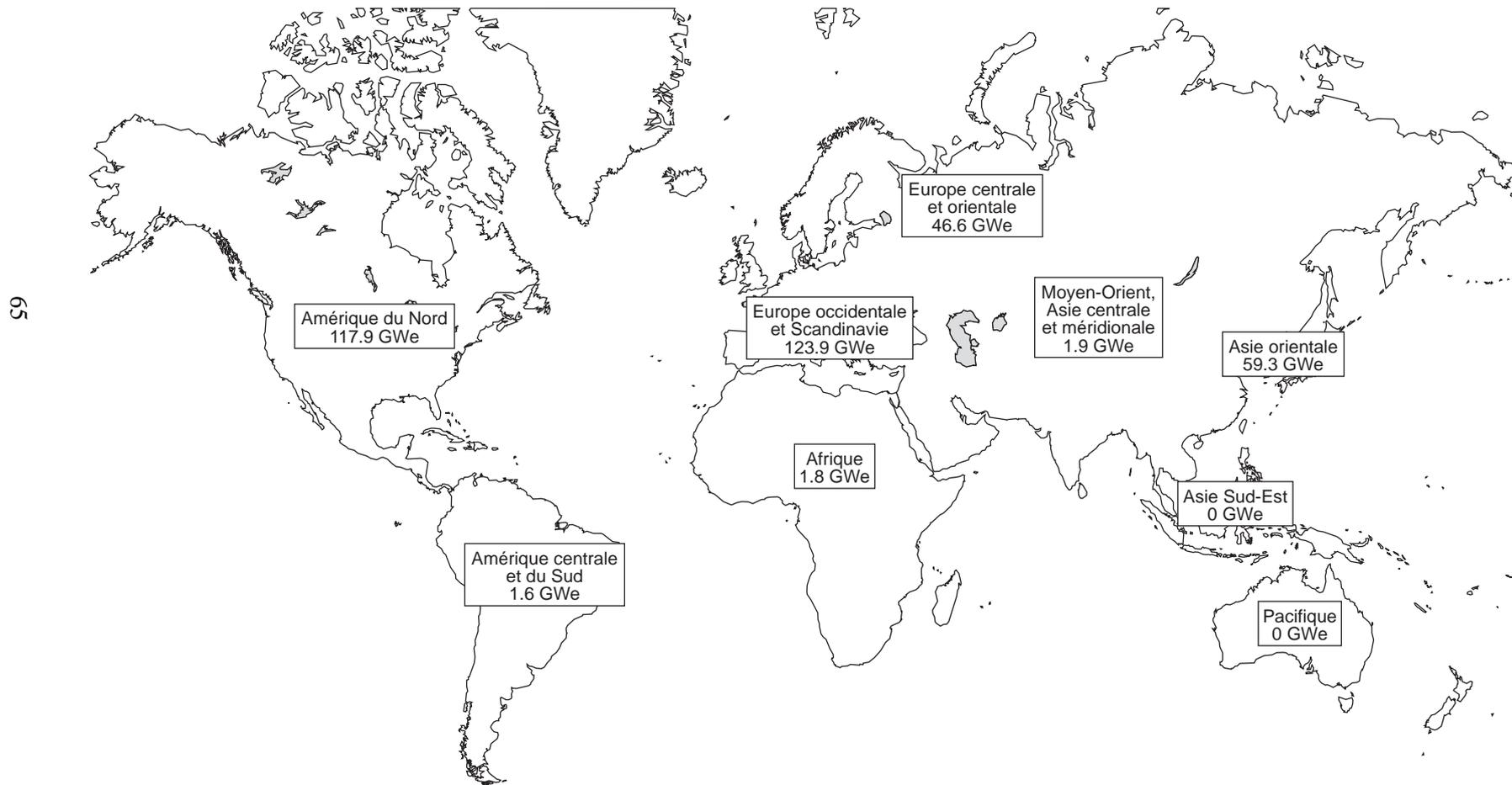
Amérique du Nord⁽²⁾ (117,9 GWe au 1er janvier 1997). Avec le couplage au réseau, en 1996, de la tranche de Watts Bar-1 (1,17 GWe), les **États-Unis** ont porté leur puissance électronucléaire installée à 101 GWe. Les besoins en uranium des réacteurs en service en Amérique du Nord s'élevaient approximativement à 19 525 tonnes en 1996 et devraient atteindre 23 270 tonnes en 1997.

Amérique centrale et du Sud (1,6 GWe au 1er janvier 1997). Au début de 1997, trois tranches nucléaires étaient en service dans deux pays de cette région, l'Argentine et le Brésil. Deux tranches étaient en construction, l'une en **Argentine** (0,7 GWe) et l'autre au **Brésil** (1,2 GWe). À **Cuba**, la construction de deux tranches de type VVER-440 a été interrompue en 1994 en raison de problèmes financiers et de la diminution de l'aide technique de la Fédération de Russie. Toutefois, cette dernière a annoncé en 1995 son intention d'accorder de nouveau son aide, et une étude de faisabilité a été consacrée à l'achèvement de la première tranche. Les besoins en uranium des réacteurs en Amérique centrale et en Amérique du Sud s'élevaient à 270 tonnes en 1996 et devraient se maintenir à ce niveau en 1997.

Europe occidentale et Scandinavie (123,9 GWe au 1er janvier 1997). La **France**, la **Belgique** et la **Suède** continuent à produire plus de la moitié de leur électricité dans des centrales nucléaires ; la part du nucléaire dans ces pays s'élevait respectivement à 77, 57 et 52 pour cent en 1996. Cette région compte trois réacteurs en construction d'une puissance totale de 4,355 GWe, tous situés en France. En 1996, la **France** a, par ailleurs, couplé au réseau le réacteur de Chooz-B1 (1,455 GWe). En **Allemagne**, le réacteur de Würgassen (0,64 GWe) a été mis hors service en 1995. Bien que les performances des réacteurs aient été améliorées dans plusieurs pays d'Europe occidentale et de Scandinavie, la puissance électronucléaire installée est restée pour ainsi dire constante au cours de ces deux dernières années en **Belgique**, en **Finlande**, aux **Pays-Bas**, en **Espagne**, en **Suède**. Les besoins en uranium des réacteurs de la région avoisinaient 19 552 tonnes en 1996 et devraient redescendre à 18 831 tonnes en 1997.

(2) L'Amérique du Nord comprend les États-Unis, le Canada et le Mexique. On trouvera à l'Annexe 7 la composition des entités géographiques utilisées dans ce rapport.

Figure 9. Puissance Nucléaire installée dans le monde : 353 GWe
(1^{er} janvier 1997)



Europe centrale et orientale (46,6 GWe au 1er janvier 1997). Les programmes nucléaires très ambitieux entrepris dans cette région ont connu un ralentissement notable du fait de difficultés financières et politiques liées au passage à l'économie de marché. Depuis 1994, deux tranches seulement ont été couplées au réseau dans cette région : en 1995, la tranche 6 de Zaporozje (0,95 GWe) en Ukraine et, en 1996, la première tranche nucléaire de Roumanie, à Cernavoda (0,65 GWe). La Fédération de Russie et l'Ukraine ont, de loin, la plus forte puissance installée de la région, avec respectivement 19,8 GWe et 13,9 GWe. En 1996, la Lituanie détenait le record mondial de la contribution du nucléaire à la production d'électricité (83 pour cent). La majorité des réacteurs en service dans cette région appartiennent aux filières soviétiques RBMK et VVER. Toutefois, la Slovénie exploite un REP de 650 MWe de conception occidentale. La Roumanie, de son côté, exploite un réacteur à eau lourde sous pression (CANDU) et en avait mis quatre autres en chantier. La construction de trois d'entre eux a été reportée sine die. En Arménie, l'un des deux réacteurs VVER/440-230, arrêté en 1989 à la suite d'un séisme, a redémarré en 1995. La tranche 4 de Rovno en Ukraine devait être couplée au réseau en 1997. En République tchèque, la connexion au réseau de la tranche 1 de Temelin est prévue pour avril 1999, et celle de la tranche 2 pour le second semestre de 2000. Dix-huit réacteurs sont en construction en Europe centrale et orientale (deux en République tchèque, quatre en Roumanie, quatre dans la Fédération de Russie, quatre en République slovaque and quatre en Ukraine) représentant au total une puissance de 13,1 GWe. Les besoins en uranium des réacteurs de cette région s'élevaient à 9 035 tonnes en 1996 et devraient atteindre 9 545 tonnes en 1997.

Afrique (1,8 GWe au 1er janvier 1997). La puissance électronucléaire installée n'a pas changé en Afrique depuis la dernière édition du Livre rouge. Les deux seuls réacteurs du continent se trouvent en **Afrique du Sud**. Leurs besoins en uranium avoisinaient 200 tonnes en 1996 et devraient rester identiques en 1997.

Moyen-Orient, Asie centrale et méridionale (1,9 GWe au 1er janvier 1997). L'Inde, le Kazakhstan et le Pakistan sont les seuls pays à posséder des réacteurs nucléaires dans cette région. En **Inde**, dix réacteurs de puissance de 1,7 GWe au total sont actuellement en service. Quatre réacteurs à eau lourde sous pression, d'une puissance totale de 808 MWe, y sont en construction et devraient être couplés au réseau avant la fin du siècle. Le **Kazakhstan** exploite un surgénérateur rapide de 70 MWe. Le **Pakistan** exploite un réacteur de type CANDU (125 MWe) à Karachi et construit un REP de 300 MWe importé de Chine qui devrait être couplé au réseau d'ici 1999. Les besoins en uranium des réacteurs du Moyen-Orient et de l'Asie centrale et méridionale avoisinent 286 tonnes par an et devraient se maintenir au même niveau en 1997. La région compte sept réacteurs nucléaires en construction dont quatre en **Inde**, deux en **Iran** et un au **Pakistan**. Ces réacteurs pourraient grossir de 3,5 GWe la puissance installée de la région.

Asie de l'Est (59,3 GWe au 1er janvier 1997). C'est en Asie de l'Est que le nucléaire connaît le plus fort taux croissance actuellement. Le programme nucléaire **japonais** n'a pas perdu de son dynamisme, la puissance installée ayant augmenté de 4,3 GWe entre 1995 et 1996. L'industrie et le gouvernement japonais font porter leur effort sur le développement d'une industrie nationale du cycle du combustible. La **Chine** et la **République de Corée** ont également d'importants programmes de construction. La **République de Corée**, construit actuellement 7 tranches (6,1 GWe) et envisage d'augmenter encore sa puissance installée de 11 GWe (10 réacteurs) au cours des treize prochaines années. La **Chine** poursuit la construction de deux tranches de conception nationale, d'une puissance totale de 1,2 GWe, sur le site de Qinshan et d'un REP importé de 900 MWe sur le site de Lingao et, de plus, compte maintenant parmi les pays exportateurs de centrales nucléaires. Plusieurs tranches

Figure 10. **Puissance nucléaire installée dans le monde : 353 GWe**
(Au 1er janvier 1997)

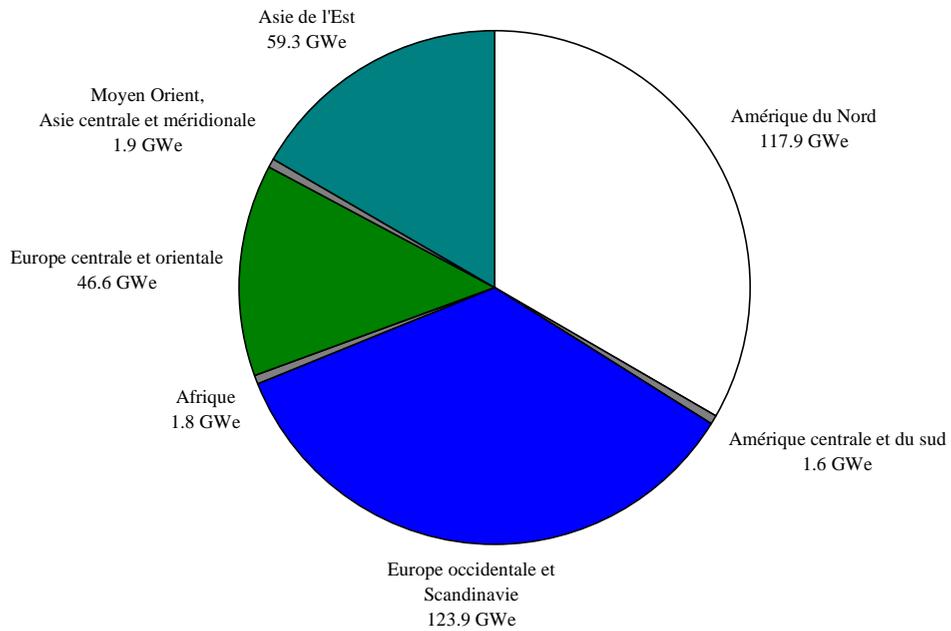
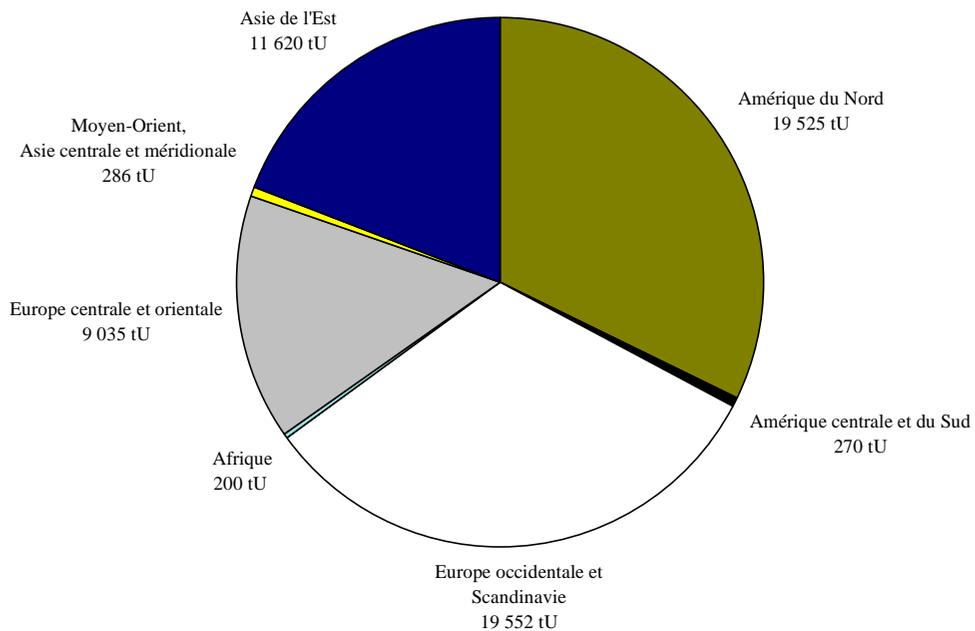


Figure 11. **Besoins d'uranium dans le monde : 60 488 tU**
(Au 1er janvier 1997)



supplémentaires devraient être couplées au réseau d'ici 2005. Les besoins en uranium des réacteurs de l'Asie de l'Est représentaient, en 1996, 11 620 tonnes et devraient, en 1997, demeurer à peu près identiques à 11 370 tonnes.

Asie du Sud-Est (0 GWe). Cette région est actuellement dépourvue de réacteurs de puissance. Toutefois, l'**Indonésie** et la **Thaïlande** envisagent de construire des réacteurs nucléaires pour faire face à la croissance de la demande d'électricité qui devrait intervenir au cours du siècle prochain. L'avenir du seul réacteur nucléaire des **Philippines**, PNPP-1, d'une puissance de 620 MWe, reste pour l'instant incertain. En effet, un contentieux avec le constructeur a suspendu toute décision d'achever la tranche en question ou de la convertir en une centrale à combustible fossile.

Pacifique (0 GWe au 1er janvier 1997). Cette région ne possède pour l'instant aucune centrale. L'**Australie** ne possède qu'un petit réacteur de recherche. La politique du gouvernement australien interdit pour l'instant de développer de nouvelles étapes du cycle du combustible, de sorte que la demande nationale d'uranium devrait être nulle à court terme. De même, le gouvernement **néo-zélandais** a adopté une politique proscrivant le développement de l'énergie nucléaire.

B. DÉVELOPPEMENT PRÉVU DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE ET BESOINS EN URANIUM CORRESPONDANTS

Les projections de la puissance électronucléaire et des besoins en uranium des réacteurs sont fondées sur les réponses officielles des États et des pays Membres aux questionnaires qui leur avaient été transmis par le Secrétariat. Pour certains pays qui n'ont pas communiqué leurs projections, on s'est servi de celles établies par l'AIEA. En raison des incertitudes qui pèsent sur les programmes nucléaires, des projections haute et basse sont données pour les années 2005, 2010 et 2015, sauf si la réponse officielle contenait une seule valeur.

La puissance électronucléaire mondiale devrait passer de 353 GWe en 1996 à un chiffre compris entre 395 GWe et 501 GWe d'ici 2015, ce qui représente une augmentation de 12 à 42 pour cent par rapport à la puissance actuelle, en d'autres termes, un taux de croissance annuel situé entre 0,6 et 1,9 pour cent sur la période considérée. Les projections mondiales hautes font apparaître une croissance régulière de la puissance nucléaire jusqu'en 2015, tandis que les projections basses révèlent une progression régulière jusqu'à 427 GWe en 2010, suivie d'un recul à 395 GWe en 2015.

L'augmentation de la puissance électronucléaire installée variera considérablement d'une région à l'autre (Figure 12). Le Tableau 11 donne les projections par pays des puissances électronucléaires nettes installées. C'est l'**Asie de l'Est** qui connaîtra la plus forte croissance puisqu'elle verra sa puissance installée progresser de 69 à 92 GWe d'ici 2015. Avec une augmentation de 7 GWe à 23 GWe d'ici 2015, l'**Europe centrale et orientale** arrivera en seconde position. Les autres régions dont la puissance nucléaire installée augmentera sont le **Moyen-Orient**, l'**Asie centrale et méridionale**, l'**Amérique centrale et du Sud**, l'**Asie du Sud-Est** et l'**Afrique**. En revanche, l'**Amérique du Nord**, et l'**Europe occidentale et la Scandinavie** enregistreront une réduction nette de la puissance installée disponible d'ici l'an 2015. En effet, le nombre prévu de nouvelles tranches ne parviendra pas à compenser le déclassement attendu des réacteurs anciens. En **Amérique du Nord**, la puissance installée se maintiendra à près de 118 GWe jusqu'en 2005, puis régressera de 1 à 40 GWe d'ici 2015. En **Europe occidentale et Scandinavie**, la puissance nucléaire atteindra un pic d'environ 128 GWe autour de l'an 2000, mais les déclassements qui interviendront alors la ramèneront à un niveau compris entre 118 et 120 GWe en 2015.

Les besoins mondiaux en uranium des réacteurs devraient passer de 60 488 tonnes en 1996 à un chiffre situé entre 62 542 et 82 796 tonnes d'ici 2015 (voir Tableau 12 et Figure 19). Cette augmentation correspond à des taux de croissance annuels compris entre 0,2 et 1,7 pour cent. Les besoins en uranium cumulés sur la période comprise entre 1997 et 2015 se situeront dans une fourchette allant de 1 262 000 tonnes à 1 366 000 tonnes, soit une variation de ± 4 pour cent autour de la valeur moyenne des besoins données par les projections haute et basse.

À l'instar de la puissance électronucléaire mondiale, les besoins en uranium seront très contrastés d'une région à l'autre (voir Figure 13). Contrairement au reste du monde l'**Amérique du Nord**, et l'**Europe occidentale et la Scandinavie** connaîtront une diminution de la demande d'ici l'an 2015. On enregistrera la plus forte croissance des besoins d'uranium en **Asie de l'Est** où l'expansion rapide prévue de la puissance nucléaire impliquera un quasi-doublement des besoins annuels entre 1996 et 2010.

À puissance installée constante, la demande d'uranium peut varier en fonction des performances des centrales nucléaires et des installations du cycle du combustible. Ces dernières années le facteur de disponibilité en énergie et le facteur de charge des centrales nucléaires ont en général augmenté. Les facteurs moyens de disponibilité en énergie des réacteurs du monde entier ont, dans l'ensemble, augmenté depuis la fin des années 70. De 70,1 pour cent en 1989 ce facteur n'a cessé de croître pour atteindre le niveau record de 77,4 pour cent en 1996⁽³⁾. L'amélioration de ce facteur a une incidence directe sur les besoins en uranium qui sont aussi sensibles aux variations des teneurs de rejet des usines d'enrichissement.

S'agissant du cycle du combustible, certains pays recyclent aujourd'hui le plutonium (et, dans une moindre mesure, l'uranium de retraitement) dans du combustible MOX chargé dans des réacteurs à eau ordinaire. Cette pratique améliore le rendement global du cycle du combustible, mais n'aura pas d'incidence notable sur la demande mondiale d'uranium à court terme car les quantités en jeu sont relativement faibles. D'après les projections, la contribution du combustible MOX devrait représenter 2 500, 4 000 et 4 000 tonnes d'uranium (équivalent d'uranium naturel) en 2000, 2005 et 2010 respectivement¹. Les chiffres donnés pour le retraitement sont tirés de projections de l'AIEA relatives à la capacité des usines de fabrication de combustible MOX. L'Agence d'approvisionnement d'EURATOM a, pour sa part, estimé à 1 200 et 500 tonnes respectivement la consommation de combustible MOX et d'uranium de retraitement de l'Union européenne en 1996². Les pays de l'Union européenne sont aujourd'hui les seuls à détenir des réacteurs à eau ordinaire utilisant du combustible MOX.

Les besoins à court terme des réacteurs dépendent essentiellement de la puissance électronucléaire installée ou, plus exactement, de la production d'électricité d'origine nucléaire. Comme on l'a déjà souligné, la plus grande partie de la puissance prévue est déjà en service, de sorte que les besoins à court terme sont relativement faciles à prévoir.

Les incertitudes les plus importantes viennent des différentes hypothèses retenues pour le calendrier de construction des centrales nucléaires, des annulations, des nouvelles commandes de réacteurs et des possibilités d'allonger la durée de vie des centrales en service. Dans l'ensemble du monde, il faut en moyenne 138 mois environ pour construire un réacteur, depuis le coulage des

(3) Ce facteur est calculé en moyenne pondérée sur tous les réacteurs d'une puissance supérieure à 100 MWe et dont la durée d'exploitation dépasse un an ; il est tiré de la base de données PRIS-1997 de l'AIEA.

Tableau 12. **Besoins annuels en uranium des réacteurs jusqu'en 2015**
(tonnes d'U)

PAYS	1996	1997	2000	2005		2010		2015	
				Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut
Afrique du Sud	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Allemagne	3 200	2 900	3 000	2 500	2 500	2 432 a)	2 432 a)	2 295 a)	2 682 a)
Argentine	150	150	150	96 a)	260 a)	206 a)	206 a)	206 a)	206 a)
Arménie	89 a)	89 a)	89 a)	0 a)	89 a)	0 a)	89 a)	0 a)	89 a)
Bélarus	0	0 a)	93 a)	0 a)	93 a)				
Belgique	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050
Brésil	120	120	680	370	370	620	620	620 a)	620 a)
Bulgarie	844 a)	844 a)	649 a)	522 a)	876 a)	454 a)	909 a)	454 a)	3 812 a)
Canada	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Chine (c)	300	300	600	900	1 500	2 400	3 000	3 200	4 000
Corée, RPD	0	0 a)	0 a)	0 a)	157 a)	314 a)	314 a)	314 a)	314 a)
Corée, Rép. de	1 810	2 760	2 890	3 010	3 010	4 290	4 290	4 290 a)	5 010 a)
Croatie	0	0 a)	93 a)	0 a)	93 a)				
Cuba	0	0 a)	0 a)	0 a)	90 a)	0 a)	90 a)	0 a)	90 a)
Égypte	0	0 a)	200 a)						
Espagne	1 155	1 075	1 240	1 470	1 470	1 470	1 470	1 470	1 470
États-Unis	17 400	21 300	18 100	19 100	19 500	18 000	19 400	8 500	15 800
Féd. de Russie	3 800	3 800	4 341 a)	4 151 a)	4 448 a)	4 467 a)	5 022 a)	4 298 a)	5 006 a)
Finlande	495	496	557	548	548	545	545	545	545
France	8 900	8 600	8 600	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500
Hongrie	415	415	420	420 a)	420 a)	413 a)	556 a)	310 a)	699 a)
Inde	220 a)	220 a)	246 a)	286 a)	383 a)	391 a)	709 a)	508 a)	884 a)
Indonésie	0	0 a)	248 a)	0 a)	693 a)				
Iran	0	0 a)	0 a)	141 a)	141 a)	141 a)	318 a)	141 a)	318 a)
Japon	8 700	7 500	9 700	11 800	11 800	13 000	13 000	14 000	14 000
Kazakhstan	50	50	50	450	450	1 050	1 050	1 050 a)	1 050 a)
Lituanie	385	415	425	425 a)	425 a)	425 a)	425 a)	182 a)	425 a)
Maroc	0	0	0	0	0	0	0	0	100 a)
Mexique	325	170	257	215	215	253	582	216	749
Pays-Bas	93	74	84	0 a)					
Pakistan	16 a)	16 a)	65 a)	65 a)	115 a)	65 a)	115 a)	50 a)	442 a)
Philippines	0	0	0	0	0	0 a)	309 a)	0 a)	309 a)
Pologne	0	0 a)	200 a)						
République slovaque	440	770	495	330	660	330	660	330	495
République tchèque	370	370	525	700	700	700	700	700	700
Roumanie	100	100	100	300	300	400	500	500	500
Royaume-Uni	2 622 (b)	2 622 (b)	2 500 (b)	1 764 (b)	1 764 (b)	1 262 (b)	1 262 (b)	1 262 a)	1 764 a)
Slovénie	102 a)								
Suède	1 500	1 500	1 500	1 400	1 400	1 400 a)	1 500 a)	1 038 a)	1 500 a)
Suisse	537	499	479	470	470	470	470	581	581
Thaïlande	0	0 a)	170 a)	0 a)	340 a)				
Turquie	0	0	0	210	210	420	420	420 a)	714 a)
Ukraine	2 490	2 640	2 820	2 890	2 890	2 790	2 790	2 790 a)	3 191 a)
Viet Nam	0	0	0	0	0	0	210 a)	0	420 a)
TOTAL OCDE	50 372	53 131	52 702	54 957	55 357	56 005	57 977	46 977	57 564
TOTAL MONDE	60 488	63 757	64 524	66 805	69 433	70 980	77 049	62 542	82 796

(a) Estimation du Secrétariat de l'AIEA.

(b) OCDE/AEN, *Données sur l'énergie nucléaire*, Paris, 1997.

(c) Les données suivantes sur le Taipei chinois sont incluses dans le Total monde mais non dans les totaux pour la Chine : 810 t/an jusqu'en 2000, 620 t/an jusqu'en 2015 (hypothèse basse), et 620, 830 et 1 040 t/an (hypothèse haute) jusqu'en 2005, 2010 et 2015, respectivement.

Figure 12. Projections de la puissance installée jusqu'en 2015
Projections haute et basse

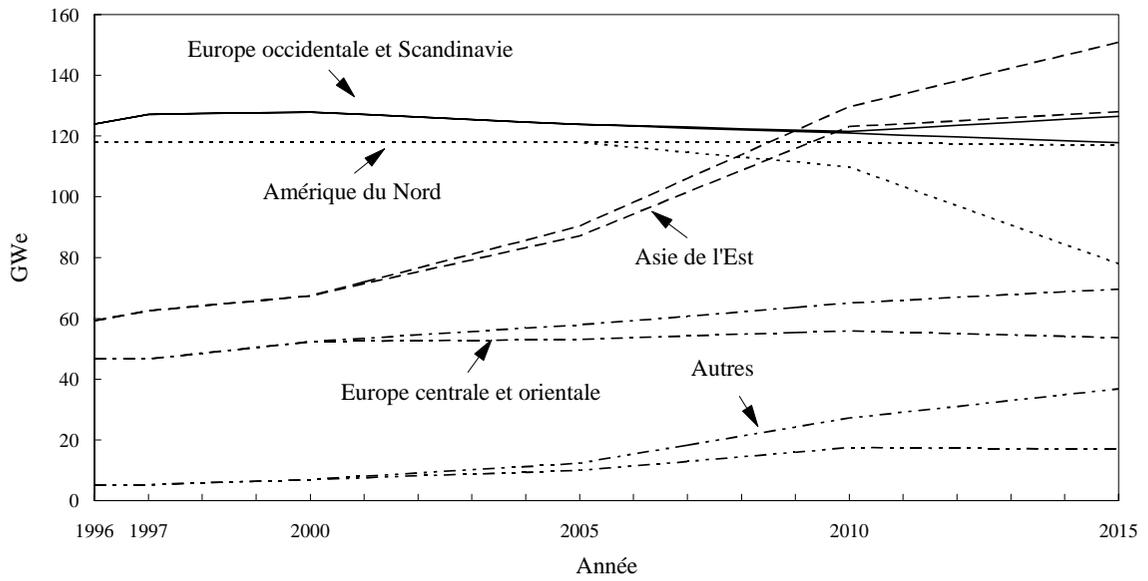
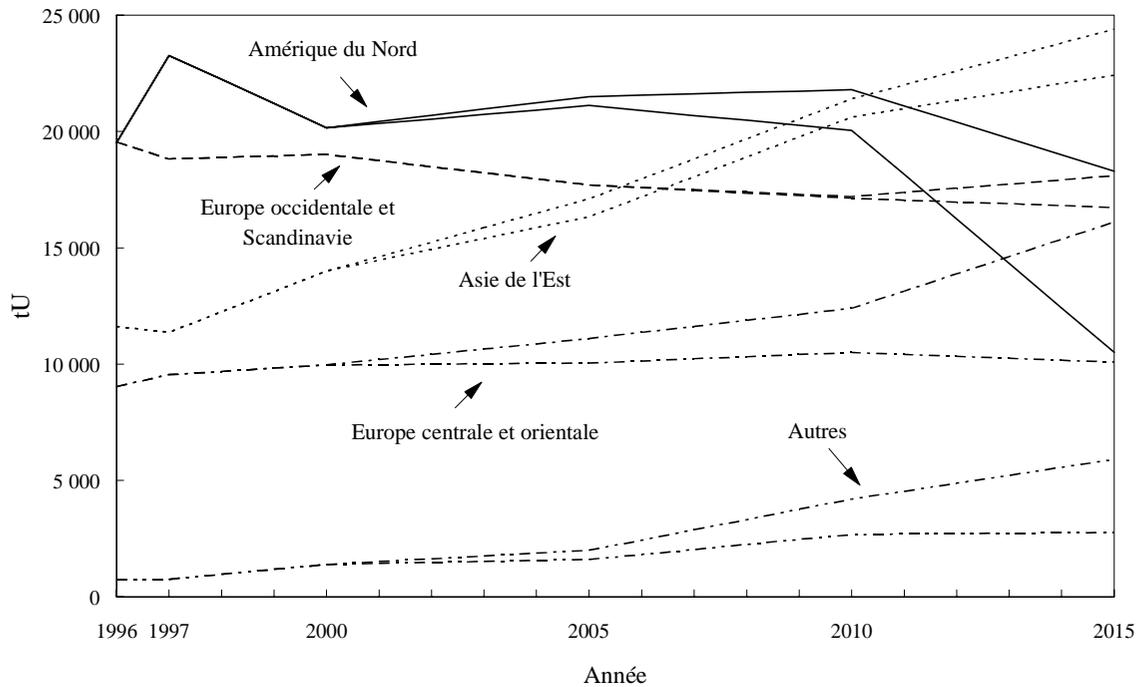


Figure 13. Besoins annuels en uranium des réacteurs jusqu'en 2015
Projections haute et basse



premiers bétons jusqu'au raccordement au réseau. En moyenne, ce sont près de 8 réacteurs qui ont été mis en chantier au cours de chacune des dix dernières années mais ce chiffre est tombé à seulement 2,2 réacteurs entre 1991 et 1996. On évalue à 71 le nombre de tranches nucléaires déclassées dans le monde. La diversité des modèles et le fait que certaines de ces installations sont des réacteurs expérimentaux ou prototypes, interdisent de se fonder sur leur durée de vie moyenne pour en déduire l'espérance de vie des réacteurs nucléaires actuellement en service. Par ailleurs, de nombreuses inconnues subsistent quant aux possibilités de prolonger la durée de vie des réacteurs nucléaires. Bien que de nombreux pays aient pris des mesures pour faciliter l'ouverture de nouveaux chantiers de construction, certains obstacles s'opposent encore à l'accroissement de la puissance nucléaire installée. Il s'agit notamment :

- des prix toujours bas (ou en baisse) des combustibles fossiles ;
- du manque de ressources financières des pays en développement ;
- de l'opposition du public au nucléaire qui pousse les pouvoirs publics à suspendre ou à reporter tout nouveau projet dans certains pays d'Europe occidentale ; et
- de la perte de confiance des investisseurs en raison des incertitudes qui pèsent sur la rentabilité des investissements.

Étant donné la place qu'occupe aujourd'hui l'énergie nucléaire dans la production d'électricité de nombreux pays, un abandon progressif de cette technologie paraît hautement improbable. D'un côté, les propriétaires de centrales nucléaires prolongent la durée de vie de leurs installations ou étudient les moyens de le faire. De l'autre, les réformes des politiques économiques et réglementaires nationales et les transformations de la structure de l'industrie électrique pourraient avoir une incidence croissante sur la durée de vie des installations nucléaires et, partant, sur les besoins en uranium.

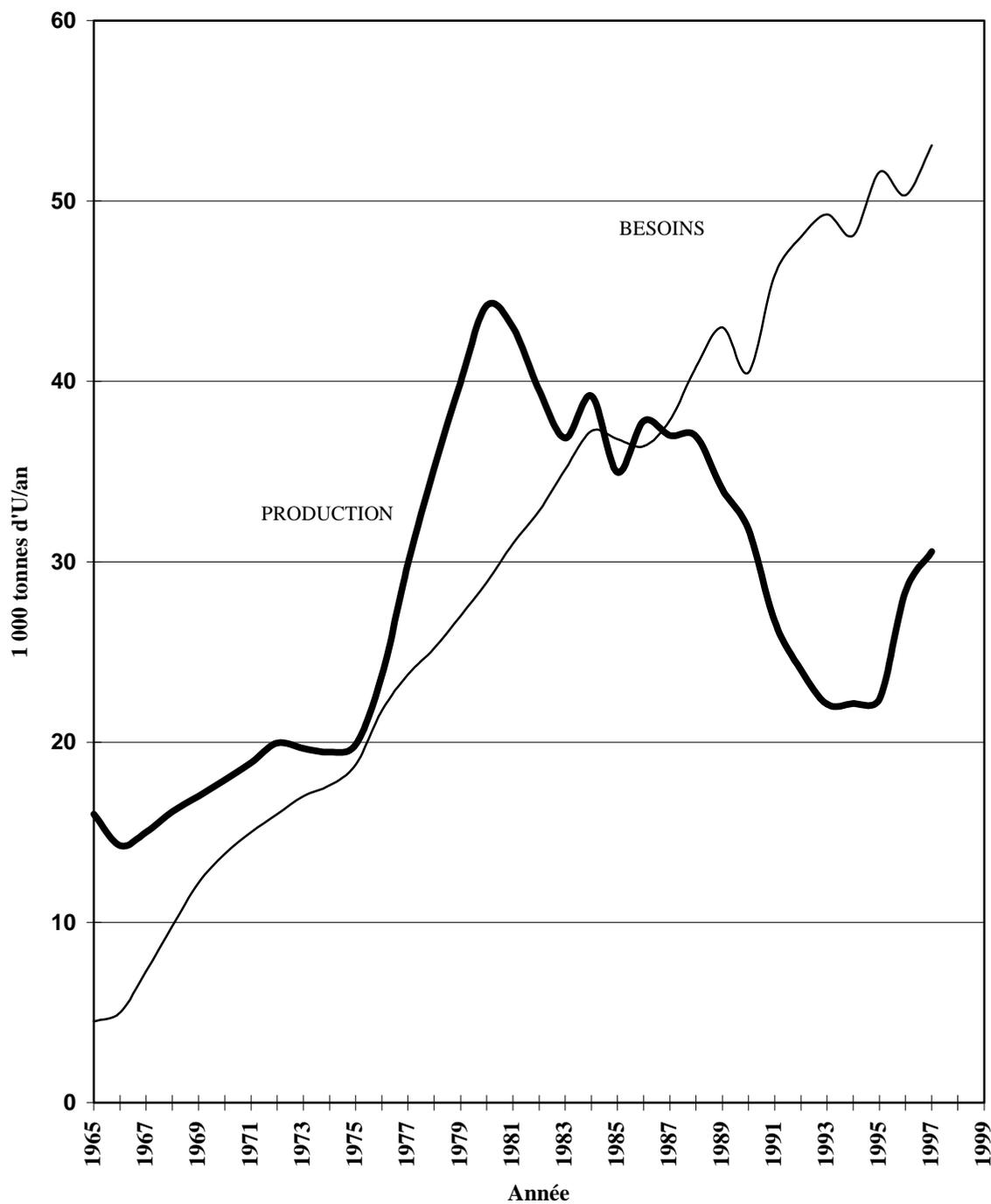
En résumé, on devrait assister d'ici 2015 à une croissance modérée de la puissance installée et de la production d'électricité nucléaire avec une augmentation proportionnelle des besoins en uranium des réacteurs. Les besoins annuels atteindront, selon les estimations, de 62 500 à 82 800 tonnes d'U d'ici 2015, mais pourraient également se révéler plus faibles en raison des facteurs évoqués ci-dessus.

C. RELATIONS ENTRE L'OFFRE ET LA DEMANDE D'URANIUM

Au cours des dix dernières années, le marché mondial de l'uranium a connu de profonds bouleversements qui sont l'aboutissement d'évolutions majeures de la production électronucléaire et des transformations économiques et politiques intervenues dans les régions consommatrices et productrices d'uranium du monde. Plusieurs événements survenus depuis la publication du dernier Livre rouge devraient modifier le paysage pour les dix prochaines années voire au-delà.

Depuis que l'on a commencé à exploiter l'énergie nucléaire à des fins commerciales, soit au début des années 60, jusqu'au milieu des années 80, le marché de l'uranium dans l'ensemble du monde, à l'exception de l'Europe orientale, de l'ex-Union soviétique et de Cuba, était caractérisé par une surabondance de l'offre (voir Figure 14), essentiellement due à un taux de croissance plus faible que prévu de la production d'électricité nucléaire. Malgré le peu d'informations disponibles, on peut penser que, dans les pays d'Europe orientale et dans l'ex-Union soviétique, la production dépassait

Figure 14. **Évolution de la production et de la demande d'uranium dans un ensemble de pays***



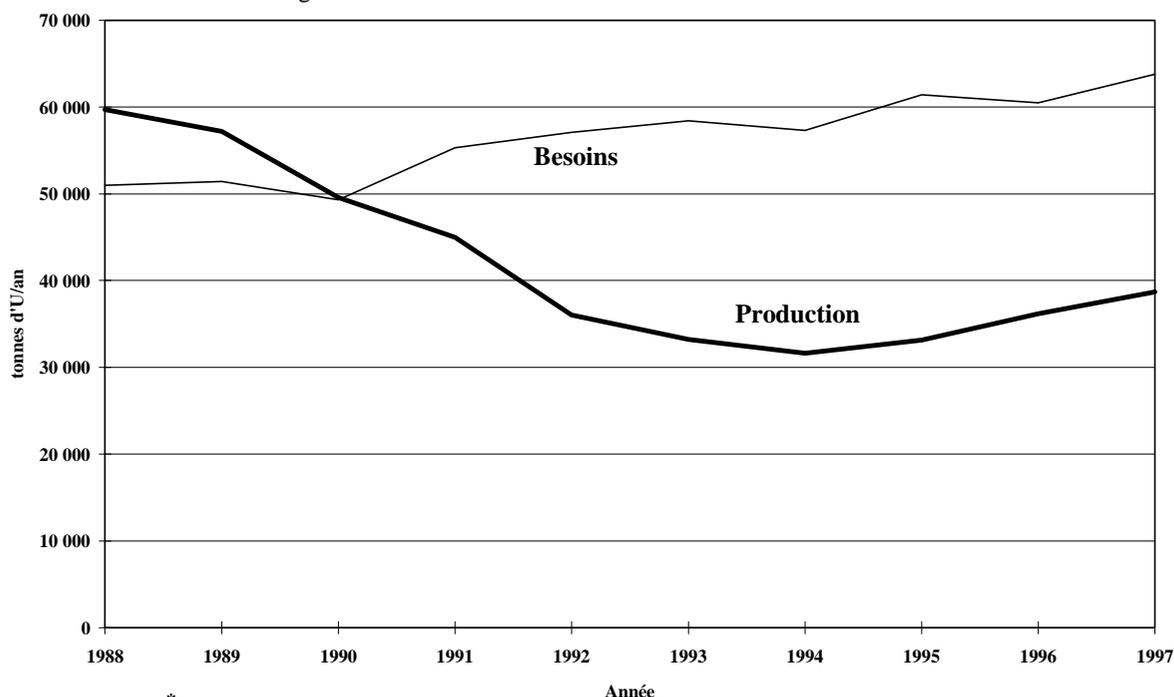
* À l'exclusion des pays suivants pour lesquels on ne dispose pas de données détaillées : Bulgarie, Chine, Cuba, Fédération de Russie, Hongrie, Kazakhstan, Mongolie, Ouzbékistan, RDA, République tchèque (et états antérieurs), Roumanie, Slovénie, Tadjikistan, Ukraine, URSS et Yougoslavie.

La production de 1997 est estimée.

aussi nettement les besoins des réacteurs entre le début des années 60 et 1994. La réorganisation politique et économique de cette région au début des années 90 a permis de s'acheminer vers un marché de l'uranium véritablement mondial. Le relâchement des tensions politiques entre l'Est et l'Ouest s'est traduit par l'arrivée plus massive sur le marché d'uranium en provenance de l'ex-Union soviétique et de républiques issues de son éclatement, le Kazakhstan, la Fédération de Russie, l'Ukraine et l'Ouzbékistan. Dans un premier temps, on a pu penser que les producteurs d'Europe orientale contribueraient à l'approvisionnement du marché mondial. Pourtant, à la suite de fermetures d'usines et de réduction de la production, il apparaît que cette région importe plus d'uranium qu'elle n'en exporte.

Le marché a été influencé par la prise de conscience de l'existence, en plus des stocks civils, de vastes quantités d'uranium utilisées jusqu'à présent aux États-Unis et dans la Fédération de Russie à des fins militaires et qui seront désormais disponibles pour des applications commerciales. L'ensemble des stocks d'uranium hautement enrichi (HEU), de plutonium et d'uranium naturel détenus sous diverses formes par le secteur militaire pourraient représenter, pour le secteur civil, plusieurs années d'approvisionnement en équivalent d'uranium naturel. Bien qu'il soit impossible de savoir avec certitude à quel rythme ces matières arriveront sur le marché civil, il existe des lois, des plans et des dispositions contractuelles qui influenceront sur l'offre et que nous évoquerons dans une section de ce rapport intitulée « Elimination des stocks militaires excédentaires ».

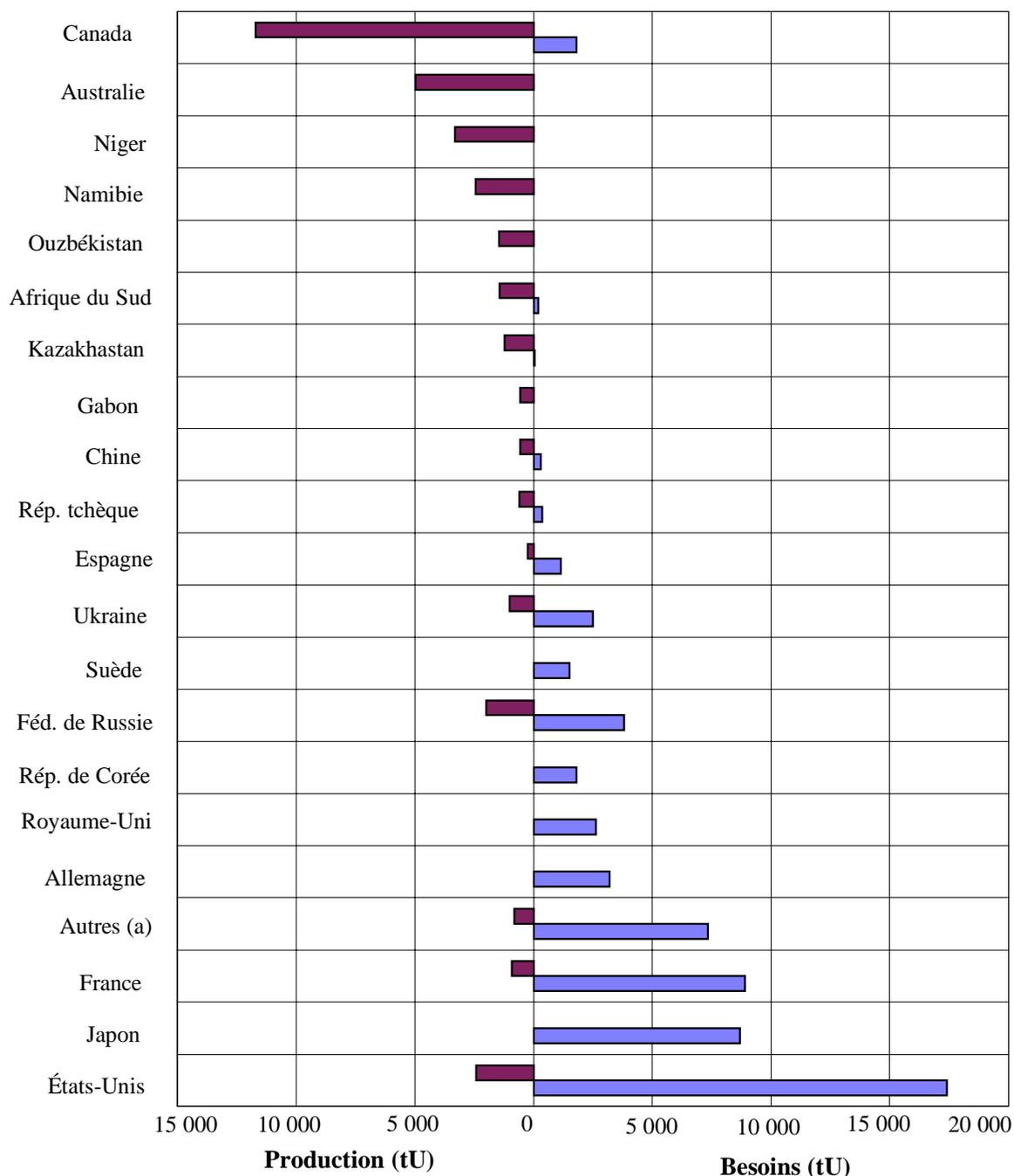
Figure 15. **Production et demande mondiales d'uranium***



* La production de 1997 est estimée.

L'adjonction de la production et des besoins d'uranium de l'Europe orientale et de l'ex-Union soviétique au total mondial s'est traduite par une période de surproduction qui pris fin en 1990 (voir Figure 15) ; cependant, cette offre excédentaire a eu des répercussions sur le marché de l'uranium bien au-delà de cette date. Entre 1990 et 1994, de nombreux indicateurs de l'activité de l'industrie

Figure 16. **Estimations de la production d'uranium et des besoins des réacteurs pour 1996.**



(a) *Autres producteurs* : Argentine, Belgique, Hongrie, Inde, Pakistan, Portugal, Roumanie.

Autres consommateurs : Argentine, Arménie, Belgique, Brésil, Bulgarie, Finlande, Hongrie, Inde, Lituanie, Mexique, Pays-Bas, Pakistan, Roumanie, République slovaque, Suisse.

mondiale de l'uranium ont nettement régressé : l'exploration, la production, la capacité théorique de production et les prix du marché. Malgré la croissance ininterrompue des besoins mondiaux d'uranium, la production n'a cessé de diminuer au cours de cette période. Les prix de l'uranium ont baissé pendant les trois premiers trimestres de 1994. Le prix spot moyen « non corrigé » donné par NUXCO pour 1994, à savoir 18,33 \$/kg d'U (7,05 \$/livre d'U₃O₈), était à son niveau le plus bas depuis 1974. De ce fait, plus de 21 000 à 26 000 tonnes ont été prélevées chaque année sur les stocks excédentaires d'uranium. En 1994, la production mondiale d'uranium représentait seulement 55 pour cent des besoins mondiaux des réacteurs.

Cette baisse de l'offre, associée à la multiplications des nouveaux contrats d'achat, a provoqué un redressement des prix entre octobre 1994 et la mi-96. En août 1996, le prix spot « non corrigé » était monté à 39,65 \$/kg d'U (15,25 \$/livre d'U₃O₈) et le prix « corrigé » à 42,38 \$/kg d'U (16,30 \$/livre d'U₃O₈), soit, en moins de deux ans, une augmentation de 116 pour cent pour le prix « non corrigé » et de 75 pour cent pour le prix « corrigé ». En 1995 et 1996, la production a augmenté de 4,9 et 8,7 pour cent respectivement, et plusieurs producteurs importants ont annoncé leur intention d'agrandir leurs centres de production et d'en mettre de nouveaux en exploitation. Depuis septembre 1996 pourtant, la tendance s'est inversée, et les prix de l'uranium « non corrigé » et « corrigé » étaient tombés respectivement à environ 23,92 \$/kg d'U (9,20 \$/livre d'U₃O₈) et à 26,52 \$/kg d'U (10,20 \$/livre d'U₃O₈) au 31 août 1997.

En 1996, sur les 23 pays producteurs d'uranium existants, les dix principaux (Australie, Canada, Kazakhstan, Namibie, Niger, Fédération de Russie, Afrique du Sud, Ukraine, États-Unis et Ouzbékistan) assuraient 90 pour cent de la production minière. À l'heure actuelle trente pays utilisent de l'uranium dans des centrales. La Figure 16 montre que, généralement, les principaux pays producteurs d'uranium ne sont pas les principaux consommateurs. En 1996, la production mondiale d'uranium (36 195 tonnes d'U) ne couvrait que 60 pour cent (voir Figure 15) des besoins mondiaux des réacteurs (60 488 tonnes d'U). Dans les pays Membres de l'OCDE (voir Figure 17), la production de 1996 (21 183 tonnes d'U) a permis de satisfaire 42 pour cent seulement des besoins (50 372 tonnes d'U). Le déséquilibre entre la production et les besoins mondiaux représentait près de 136 000 tonnes d'U entre 1991 et 1996. Le déficit d'uranium nécessaire au fonctionnement des réacteurs était pour l'essentiel couvert par les stocks. Le retraitement du combustible déchargé et l'uranium faiblement enrichi (LEU) tiré de l'uranium hautement enrichi (HEU) issu des armements nucléaires y ont également contribué pour une faible part. Ce déficit devrait atteindre plus de 20 000 tonnes d'U en 1997.

Les événements qui ont marqué le marché de l'uranium ces dernières années témoignent de la persistance de l'incertitude dans laquelle sont plongés les producteurs et consommateurs d'uranium du monde entier. Cette incertitude découle en partie des décisions politiques qui détermineront ce que sera le futur marché de l'uranium. Ces décisions politiques incluent la conversion de l'uranium hautement enrichi contenu dans les ogives nucléaires en uranium faiblement enrichi utilisable comme combustible dans les centrales, la vente des stocks d'uranium du gouvernement américain et les restrictions fluctuantes imposées par les États-Unis et la Communauté européenne sur les ventes d'uranium produit dans les nouveaux États indépendants (NEI).

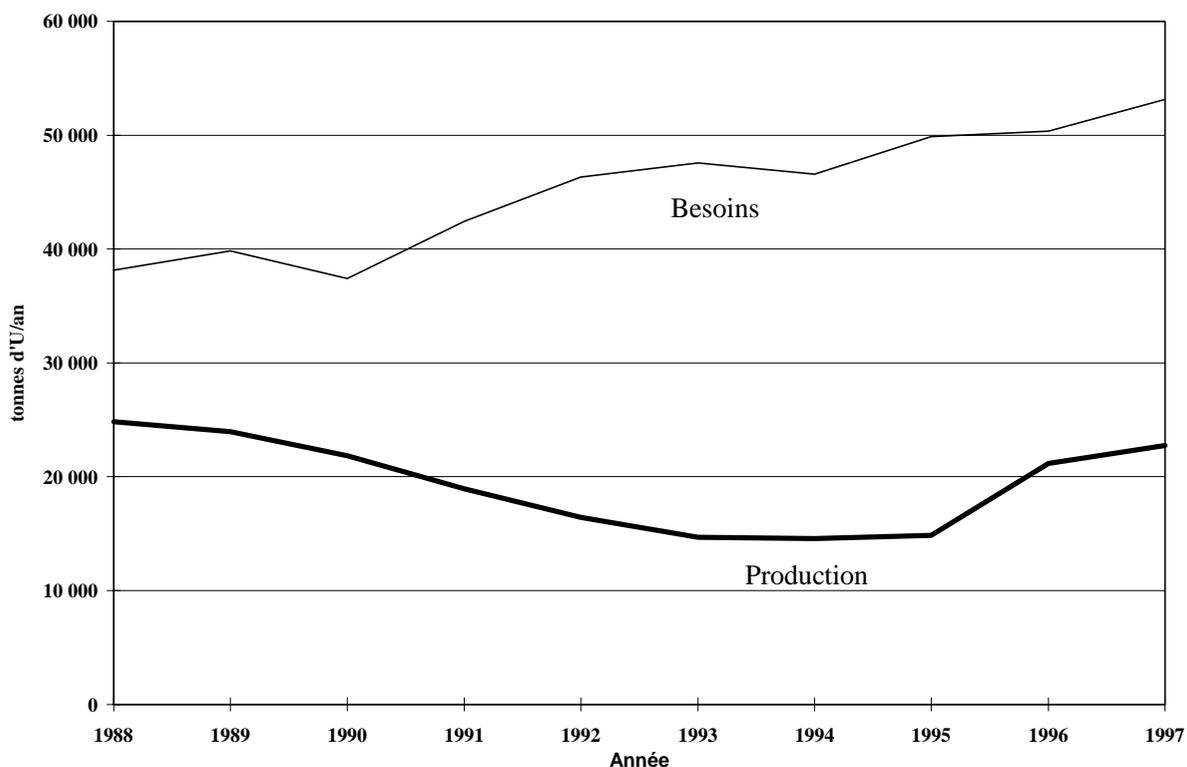
Évolution de l'offre et de la demande d'uranium dans l'ex-Union soviétique et en Europe orientale

Les programmes nucléaires des pays situés sur le territoire de l'ex-Union soviétique et en Europe orientale ont subi d'importantes transformations au cours des dernières années. De nombreux experts dans le monde ont analysé les informations, qui n'étaient pas communiquées auparavant, sur les marchés de l'uranium dans cette région. Et bien qu'il reste des zones d'ombre concernant certains aspects des activités nucléaires de la région, notamment les stocks d'uranium accumulés, la transmission d'informations continue. On connaît la production totale de l'Europe orientale, du Kazakhstan, de la Fédération de Russie et de l'Ouzbékistan. L'Ukraine a communiqué les chiffres de sa production d'uranium entre 1992 et 1996, mais les données antérieures font toujours défaut. Quoi qu'il en soit, les informations plus complètes dont on dispose aujourd'hui permettent de mieux comprendre l'évolution de l'offre et de la demande dans ces pays. En 1996, la Fédération de Russie était le plus gros fournisseur d'uranium sur le marché mondial et, de plus, assurait la production nécessaire à ses réacteurs soit 3 600 tonnes d'U. L'uranium vendu provient de son centre de production/traitement mais aussi de ses stocks. La Fédération de Russie, vend ainsi 2 200 tonnes d'U par an, sous forme de combustible, à plusieurs compagnies d'électricité d'Europe orientale qui exploitent des réacteurs de conception russe. Elle vend en outre de l'uranium faiblement enrichi et des concentrés d'uranium naturel à des pays de l'Union européenne et aux États-Unis entre autres. En 1996, les compagnies d'électricité américaines ont reçu 2 090 tonnes d'U de la Fédération de Russie, et 2 287 tonnes d'U du Kazakhstan, de l'Ukraine et de l'Ouzbékistan³. Les achats d'uranium naturel de l'Union européenne à la Communauté des États indépendants (CEI) représentaient en 1996 un total de 6 800 tonnes d'U⁴.

En 1988, l'ex-Union soviétique et l'Europe orientale (qui incluait la République démocratique allemande) produisaient quelque 23 000 tonnes d'U/an, soit près de 40 pour cent de la production mondiale. Cette production représentait environ 260 pour cent des besoins des réacteurs de ces pays. Au moment de la dissolution de la CEI et du CAEM en 1991, la production était tombée dans ce groupe de pays à 16 100 tonnes d'U/an approximativement, soit encore 168 pour cent des besoins de leurs centrales. L'effondrement des structures traditionnelles des échanges et la résiliation des contrats d'achats d'uranium par la Fédération de Russie en 1992 se sont traduits par une chute brutale de la production à quelque 11 500 tonnes d'U. Cette dernière a continué à décliner jusqu'en 1996 où elle n'atteignait plus que de 7 183 tonnes d'U environ, soit 20 pour cent de la production mondiale. Depuis 1994, la production de la CEI et de l'Europe orientale est restée inférieure aux besoins des réacteurs de la région, estimés pour 1996 à 9 580 tonnes d'U. L'excédent de production cumulé de 1988 à 1994 est évalué à 53 000 tonnes d'U.

Le tassement de la demande associée à la prise de conscience du niveau élevé des coûts de production et des charges financières liées à la protection de l'environnement ont entraîné la fermeture de nombreuses installations de production entre 1988 et 1996, et notamment la fermeture de l'ensemble des industries de production d'uranium de la Bulgarie (en 1994) et de la Slovénie (en 1992) ainsi que de la société WISMUT dans l'ex-République démocratique allemande (en 1990). La production a notablement diminué dans la partie de l'ex-Tchécoslovaquie qui correspond aujourd'hui à la République tchèque, en Hongrie, en Ukraine et en Roumanie. Les industries de l'uranium de ces pays produisent uniquement ce qui est nécessaire pour satisfaire leur demande intérieure. Le gouvernement hongrois a décidé d'arrêter la production d'uranium en 1997.

Figure 17. **Production et demande d'uranium des pays de l'OCDE***



* La production de 1997 est estimée.

Les méthodes minières classiques ont été totalement abandonnées en Ouzbékistan où les installations de production existantes et prévues utiliseront les techniques de lixiviation in situ (LIS). Au Kazakhstan, la part de l'exploitation classique a été réduite et la production d'uranium obtenu comme sous-produit de l'exploitation de gisements de phosphates a cessé. Les tentatives de remise en service d'installations utilisant les méthodes classiques ont échoué. Le Kazakhstan ne recourt plus aujourd'hui qu'aux techniques LIS. Dans la Fédération de Russie, l'uranium est produit par le complexe minier et chimique de Priargounsk près de Krasnokamensk en Sibérie. Dans d'autres régions du pays, on a entrepris de développer les méthodes LIS.

Il semblerait que le déclin de la production d'uranium dans les pays de la CEI touche à sa fin et que la production pourrait augmenter. En 1996, la production de la Fédération de Russie, a amorcé une reprise. À 2 605 tonnes d'U, elle a progressé de 21 pour cent par rapport à 1995 (2 160 tonnes d'U). Le Kazakhstan comme l'Ouzbékistan ont fait part de leur intention d'accroître leur production dans les années qui viennent.

En dehors de la Russie, aucun pays de ce groupe ne devrait posséder un stock abondant d'uranium naturel ou faiblement enrichi. Bien que les chiffres manquent, on estime que la Fédération de Russie dispose de stocks importants.

Structure du marché

Les matières fissiles arrivant sur le marché peuvent provenir de six sources principales comme nous le verrons dans les sections qui suivent et sur le tableau ci-après :

SOURCE	IMPACT SUR LE MARCHÉ
Minerai directement produit	Essentiel à court et à long termes
Réserves civiles d'uranium naturel et enrichi	Important à court terme
Plutonium et uranium retraités	Importance régionale à court terme Pourrait être important à long terme
Stocks militaires d'U hautement enrichi	Pourrait être important à court et à long terme
Stocks militaires de plutonium	Peu ou pas important à court terme Peu important à moyen terme
Ré-enrichissement de l'uranium appauvri	Pourrait être important à court et à long terme

Aujourd'hui, le marché se caractérise par :

1. la multiplication des sources d'approvisionnement ;
2. l'utilisation accrue des stocks et des réserves de matières fissiles ;
3. le développement du recyclage ;
4. la restriction des transactions dans certaines régions ; et
5. un ralentissement de l'activité sur le marché spot après des années d'activité croissante.

1. Disponibilité de sources d'approvisionnement non classiques

Le Kazakhstan, la Fédération de Russie et l'Ouzbékistan sont en puissance des fournisseurs importants sur le marché mondial. Toutefois, la baisse de la production, les doutes quant à la fiabilité de cette production à long terme et les restrictions imposées par certains pays occidentaux quant à l'achat de matières en provenance de cette région ont perturbé leurs activités. Les fermetures d'installations et des préoccupations d'ordre environnemental ont considérablement réduit la capacité théorique de production d'autres pays d'Europe orientale. La Chine compte également parmi les nouveaux producteurs d'uranium. En 1997, on a appris que la Chine avait exporté de l'uranium depuis les années 80 aux États-Unis, à la France, à l'Allemagne, à la Belgique, à la Finlande, au Japon et à l'Inde, entre autres. Ces exportations représentaient chaque année plus de 1 000 tonnes d'U compte tenu de d'uranium enrichi mesuré en équivalent d'uranium naturel. La Chine est en possession de plusieurs contrats d'exportation d'uranium à moyen et à long terme⁵.

2. Utilisation des stocks de matières fissiles

Les prélèvements sur les stocks accumulés sont une autre source essentielle d'approvisionnement. Les stocks civils incluent les stocks stratégiques, la charge en œuvre dans les installations du cycle du combustible et les stocks excédentaires disponibles sur le marché. Peu de pays ont fourni des renseignements détaillés sur l'importance des stocks d'uranium détenus par les

producteurs, les consommateurs ou les gouvernements, de sorte que les données présentées dans ce rapport ne donnent qu'une image partielle de la situation. On estime que les compagnies d'électricité possèdent la majeure partie des stocks commerciaux. Bon nombre d'entre elles, en effet, détiennent l'équivalent de un à quatre ans de consommation d'uranium naturel ou ont des politiques qui requièrent la constitution de stocks stratégiques.

En 1996, *l'Uranium Institute* a publié une estimation des stocks civils réalisée d'après une enquête mondiale sur les compagnies d'électricité et les autres détenteurs de stocks⁶. Le stock total, des compagnies d'électricité, des gouvernements, des producteurs et autres, y est évalué à près de 160 000 tonnes d'U à la fin de 1995. Cette estimation inclut les stocks stratégiques que les compagnies conservent pour des raisons de sécurité d'approvisionnement. La charge en œuvre dans les installations du cycle du combustible en est exclue, car elle est comptabilisée comme le stock nécessaire pour alimenter pendant un an les réacteurs, de même que les stocks d'uranium naturel de la Fédération de Russie. Cette estimation des stocks mondiaux d'uranium civil dépasse toutes les appréciations antérieures à la publication, en 1996, du rapport de *l'Uranium Institute*. Les stocks civils représentent donc 2,5 fois les besoins annuels mondiaux⁷. Il n'existe pas de statistique officielle sur les stocks d'uranium enrichi et naturel de la Fédération de Russie. Cependant, ces stocks ont été estimés à 75 000 tonnes d'U au 1er janvier 1995⁸. On a également calculé que les prélèvements effectués en 1995 et 1996 les auraient ramenés à environ 49 000 tonnes d'U au 1er janvier 1997⁹.

On constate, sur la Figure 15, qu'après une année de quasi-équilibre en 1990, les besoins mondiaux en uranium ont dépassé la production mondiale à partir de 1991. De 1990 à 1994, la production mondiale annuelle d'uranium est tombée de 49 600 à environ 31 500 tonnes, soit une baisse de 36 pour cent. Simultanément, les besoins mondiaux augmentaient de 16 pour cent, passant de 49 294 tonnes en 1990 à 56 920 tonnes en 1994. Malgré une hausse de la production en 1995 et 1996, les besoins en uranium en 1996 (60 488 tonnes) étaient encore supérieurs de 67 pour cent à la production mondiale (36 195 tonnes).

L'écart entre la production et les besoins, d'environ 11 000 tonnes d'uranium en 1991, a pratiquement doublé pour atteindre 21 500 tonnes en 1993. En 1995, il plafonnait à 28 000 tonnes puis il est retombé aux alentours de 24 300 tonnes en 1996. L'effet cumulé des écarts entre la production et les besoins est considérable. À la date du 1er janvier 1997, le déficit cumulé, ou les prélèvements sur les stocks, s'élevaient, au niveau mondial, à près de 136 000 tonnes d'U. Rien ne semble indiquer, à l'heure actuelle, une quelconque modification de cette situation, mais la mise en œuvre des projets évoqués dans ce rapport pourrait atténuer sensiblement ce déséquilibre.

Le rythme rapide de prélèvement sur les stocks qui caractérise aujourd'hui le marché mondial de l'uranium laisse entrevoir un épuisement de ces stocks à plus ou moins long terme. Bien que des pays, peu nombreux, aient pris des mesures pour augmenter leur capacité théorique de production, il sera difficile, le jour où les stocks seront épuisés, de produire davantage dans un délai suffisamment court pour compenser le déficit de l'offre, car il faut plusieurs années pour mettre en route de nouvelles installations de production d'uranium. D'autre part, la réglementation de plus en plus contraignante en matière de sûreté radiologique et d'environnement et l'allongement des procédures prévues pour la délivrance des autorisations et permis, et la réalisation des études d'impact sur l'environnement sont autant d'obstacles au développement de nouveaux projets. Il ressort des données relatives à la production figurant dans ce rapport, qui recouvrent les capacités de production EXISTANTES, COMMANDÉES, PRÉVUES et ENVISAGÉES (voir Tableau 10 et Figure 19), que les capacités théoriques de production mondiales ne peuvent satisfaire la demande actuelle et future d'uranium. En

l'absence de stocks excédentaires, tout déficit de production qui se prolongerait pourrait donc déstabiliser le marché et exercer une trop forte pression à la hausse sur les prix de l'uranium.

Les stocks du secteur militaire constituent une autre source potentielle d'uranium. Il serait possible d'y recourir pour satisfaire la demande lorsque les stocks excédentaires civils seront épuisés. On devrait d'ailleurs voir apparaître, après l'an 2000, sur le marché de l'uranium civil, d'importantes quantités d'uranium issues de la transformation de l'armement nucléaire par suite de contrats d'achat conclus entre les États-Unis et la Fédération de Russie.

Élimination des stocks militaires excédentaires

Uranium¹⁰

Durant l'année 1996, on a vu se préciser les projets et calendriers d'élimination des excédents d'uranium hautement enrichi (HEU) du gouvernement de la Fédération de Russie et des excédents d'uranium hautement enrichi, d'uranium naturel et d'uranium faiblement enrichi (LEU) du gouvernement des États-Unis. D'après les calendriers actuels, la commercialisation des excédents des gouvernements américain et russe devraient concerner au total près de 180 800 tonnes d'uranium (ou 470 millions de livres d' U_3O_8) et 100 millions d'UTS (unités de travail de séparation isotopique) au cours des 15 à 20 prochaines années. Chaque année, ce serait donc plus de 11 500 tonnes d'U (30 millions de livres d' U_3O_8) et 6 millions d'UTS qui seraient ainsi introduits sur le marché dans les cinq prochaines années. Le plus fort apport proviendra de la dilution de 500 tonnes d'excédents d'uranium hautement enrichi appartenant à la Fédération de Russie, équivalant à environ 153 000 tonnes d'U (398 millions de livres d' U_3O_8) et 92 millions d'UTS. La loi de privatisation de la Société d'enrichissement des États-Unis (*United States Enrichment Corporation – USEC*) définit des quotas de vente aux utilisateurs finals américains de l'uranium tiré de l'uranium hautement enrichi de la Fédération de Russie : de 769 tonnes d'U (2 millions de livres d' U_3O_8) en 1998 à 5 000 tonnes d'U (13 millions de livres d' U_3O_8) en 2004 pour atteindre 7 692 tonnes d'U (20 millions de livres d' U_3O_8) en 2009. Les matières dérivées du HEU, qui représentent 4 pour cent des besoins des réacteurs américains en 1998, passeraient à 33 pour cent d'ici 2004 puis à plus de 50 pour cent en 2009.

En tant qu'agent exécutif du gouvernement des États-Unis, l'USEC a continué ses achats d'uranium faiblement enrichi à la Fédération de Russie conformément à « l'Accord entre le gouvernement des États-Unis et le gouvernement de la Fédération de Russie concernant l'élimination d'uranium hautement enrichi issu du démantèlement des armes nucléaires » (Accord sur l'uranium hautement enrichi de la Fédération de Russie). Cependant, la quantité d'uranium faiblement enrichi qui avait été achetée au 31 décembre 1996 était inférieure aux prévisions, car la Fédération de Russie avait dilué 18 tonnes d'uranium hautement enrichi au lieu des 30 tonnes spécifiées dans l'Accord initial. En novembre 1996, l'USEC et Techsnabexport (TENEX), l'agent exécutif russe, ont apporté des amendements à l'Accord sur l'uranium hautement enrichi de la Fédération de Russie qui établissent les prix et quantités pour une période de cinq ans. Aux termes de cet accord modifié, la Fédération de Russie s'engage à convertir l'uranium hautement enrichi en uranium faiblement enrichi selon le calendrier suivant : 18 tonnes en 1997 ; 24 tonnes en 1998 ; et 30 tonnes chaque année de 1999 à 2001. (Note : 10 tonnes d'uranium hautement enrichi équivalent à 3060 tonnes d'uranium naturel). Ce contrat de cinq ans lève de nombreuses incertitudes quant aux quantités d'uranium qui seront extraites de l'uranium hautement enrichi de la Fédération de Russie. Auparavant, l'USEC et TENEX devaient renégocier chaque année les détails du contrat. Cependant, la Fédération de Russie a laissé entendre qu'elle ne serait pas forcément en mesure de produire les quantités prévues.

D'après l'accord sur l'uranium hautement enrichi de la Fédération de Russie, l'USEC ne paiera que les services d'enrichissement contenus dans le LEU. La loi de privatisation de l'USEC permet de rendre à l'agent de la Fédération de Russie la composante uranium naturel de l'uranium faiblement enrichi acheté aux termes de l'Accord de la Fédération de Russie et livré après le 31 décembre 1996. Pour ce faire, l'USEC remplace l'uranium livré pour enrichissement par les compagnies d'électricité par de l'uranium faiblement enrichi en provenance de la Fédération de Russie. Cependant, avant le 1er janvier 1997, l'USEC payait la composante uranium naturel. En décembre 1996, l'USEC a transféré gratuitement cet uranium, représentant près de 5 385 tonnes d'U (14 millions de livres d' U_3O_8) au Ministère l'Énergie des États-Unis (DOE). Le DOE est autorisé à vendre cet uranium de la manière suivante : à l'agent exécutif de la Fédération de Russie pour usage dans des ventes « couplées » aux utilisateurs finals américains ; en permanence pour des utilisations finales à l'étranger ; ou à des utilisateurs finals américains après 2001. En décembre 1996, le DOE a conclu un accord concernant la vente de 2 692 tonnes d'U (7 millions de livres d' U_3O_8) à la société Global Nuclear Services and Supply Company pour des contrats « couplés ». Cameco, Cogéma et NUKEM ont annoncé, en août 1997, qu'ils avaient signé un accord de principe pour l'achat de la plus grande part de l'uranium naturel résultant de la dilution de l'uranium hautement enrichi russe.

En juillet 1996, le DOE a fait part de son intention de vendre jusqu'à 7 807 tonnes d'U en équivalent d'uranium naturel (20,3 millions de livres d' U_3O_8) et 462 tonnes d'U en équivalent d'uranium faiblement enrichi (soit 1,2 millions de livres d' U_3O_8). Cette quantité d'uranium faiblement enrichi représente environ 280 000 UTS. La loi de privatisation de l'USEC confie au Ministre de l'Énergie (Secretary of Energy) la mission de « juger si la vente de matières nucléaires aura un effet préjudiciable sur l'industrie nationale d'extraction, de conversion et d'enrichissement ». Le 12 mars 1997, le Ministère de l'Énergie a fait savoir que la vente prévue de 1 230 tonnes d'équivalent en U (3,2 millions de livres d' U_3O_8) au cours de l'exercice financier 1997 n'aurait pas d'effet néfaste sur l'industrie nationale. Pourtant, à la fin d'août 1997, aucune vente n'avait eu lieu.

En septembre 1996, le DOE a fait connaître ses plans pour recycler près de 174 tonnes d'excédents d'uranium hautement enrichi américain. Une partie des stocks de HEU déclarés excédentaires ne peut être utilisée à des fins commerciale sans subir auparavant une purification très poussée et sera donc stockée en vue d'une conversion ultérieure ou évacué comme déchet. En revanche, on envisage de vendre dans les quinze prochaines années 103 tonnes environ de cet uranium hautement enrichi, soit approximativement 12 690 tonnes d'U (33 millions de livres d' U_3O_8) ou 8 millions d'UTS. Le DOE en a déjà transféré gratuitement 3 tonnes à l'USEC et, pour le reste, envisage un nouveau transfert de 50 tonnes à l'USEC, dans les mêmes conditions, et la vente d'une quarantaine de tonnes à la Tennessee Valley Authority (TVA). L'uranium réservé à la TVA n'est pas conforme aux spécifications commerciales. Il faut le purifier afin d'éliminer les impuretés isotopiques avant de le convertir en uranium faiblement enrichi que la TVA puisse utiliser dans ses centrales nucléaires. La TVA s'acquitterait du coût de l'uranium et de l'enrichissement, mais le DOE devrait assumer les frais des opérations de purification et de dilution. Outre les 50 tonnes d'uranium hautement enrichi, le DOE transfèrera gratuitement à l'USEC jusqu'à 7 000 tonnes d'uranium naturel (soit environ 18 millions de livres d' U_3O_8).

Plutonium

En février 1996, le DOE a annoncé que les stocks de plutonium américain s'élevaient à 99,5 tonnes de Pu dont 38,2 tonnes sont déclarées excédentaires par rapport aux besoins de la sécurité nationale¹¹. Le gouvernement américain étudie les moyens d'en disposer. Utilisées dans le combustible MOX pour les réacteurs à eau ordinaire, 38,2 tonnes de Pu équivalent à appro-

ximativement 6 500 tonnes d'uranium naturel. Le gouvernement étudie une proposition prévoyant la combustion de ce matériau dans les réacteurs à raison de 2,25 tonnes de Pu/an entre 2005 et 2022, ce qui équivaut à environ 385 tonnes d'uranium naturel par an soit 2 à 5 pour cent des besoins des réacteurs américains pendant cette période¹². Parallèlement, aux termes d'un accord trilatéral entre la Fédération de Russie, la France et l'Allemagne, des recherches ont été entreprises pour trouver des moyens de recycler le plutonium militaire excédentaire russe dans le combustible MOX des réacteurs de puissance. Il est prévu dans ce projet d'irradier trois assemblages d'essai dans un VVER-1000 et de construire un atelier de fabrication de combustible MOX dans la Fédération de Russie.

3. *Matières recyclées*

Le recyclage des composants du combustible irradié des réacteurs de puissance constitue une troisième source de matières fissiles qui peut devenir importante. En janvier 1997, plus de 175 000 tonnes de métal lourd avaient été déchargées des réacteurs de puissance, dont approximativement 118 000 tonnes sont encore à l'état de combustible irradié. Le reste a été retraité. La quantité de combustible irradié accumulée est 20 fois supérieure à la capacité totale annuelle de retraitement en l'état actuel¹³. Aucun pays n'a pour l'instant délivré d'autorisation pour un dépôt en formation géologique. Ce combustible est, pour l'essentiel, encore entreposé sur les sites de réacteurs dans des piscines spéciales. Des pays comme la France, le Japon, la Fédération de Russie, l'Allemagne, la Belgique, la Suisse, la République de Corée et le Royaume-Uni considèrent le combustible irradié comme une source d'énergie nationale. Dans certains d'entre eux, l'utilisation des matières recyclées est une réalité. Trente-deux réacteurs dans le monde entier sont autorisés à utiliser du combustible MOX, et il existe en Belgique, en France, en Allemagne et au Royaume-Uni des installations où l'on fabrique ce type de combustible¹⁴.

4. *Restrictions imposées aux échanges sur le marché de l'uranium*¹⁵

Les restrictions imposées par les États-Unis et la Communauté européenne aux ventes d'uranium produit dans les Nouveaux États indépendants sont parmi les facteurs qui ont eu les répercussions les plus fortes sur le marché de l'uranium.

Restrictions imposées par les États-Unis

Le 8 novembre 1991, une association de producteurs d'uranium américains et un syndicat ont déposé un recours antidumping auprès du Ministère du Commerce des États-Unis (*Department of Commerce – DOC*) et de la Commission du commerce international des États-Unis (*International Trade Commission – ITC*) pour demander réparation du préjudice subi du fait de pratiques commerciales déloyales de l'ex-Union soviétique. En 1992, l'ITC comme le DOC ont statué, à titre préjudiciel, que les exportations de l'ex-Union soviétique avaient porté atteinte à l'industrie de l'uranium américaine.

Les premiers accords suspensifs signés avec le Kazakhstan, la Fédération de Russie et l'Ouzbékistan en 1992 ont été amendés en 1994 et 1995 afin d'offrir à ces pays des conditions d'accès plus réalistes au marché américain. Les accords ainsi amendés établissent différents quotas pour chaque pays. De plus, les amendements traitent, dans les accords avec le Kazakhstan et l'Ouzbékistan, de l'enrichissement réalisé dans un pays tiers, et instituent un système de transactions « couplées » pour les importations en provenance de la Fédération de Russie.

Les restrictions appliquées aux importations aux États-Unis d'uranium de la Fédération de Russie, du Kazakhstan et de l'Ouzbékistan figurent dans les accords de suspension amendés respectifs. Il est possible d'importer de l' U_3O_8 et de l'uranium enrichi (UTS) de la Fédération de Russie en respectant certains quotas annuels à condition d'acheter un montant équivalent d' U_3O_8 ou d'UTS issu de la production américaine. C'est ce que l'on appelle une transaction « couplée ». Les ventes d'uranium faiblement enrichi issu de la dilution de l'uranium hautement enrichi de la Fédération de Russie sont régies par le United States Enrichment Corporation Privatisation Act of 1995. Les quotas pour le Kazakhstan sont établis en fonction des prix fixés deux fois par an par le Ministère du Commerce (DOC) des États-Unis. Un certificat attestant de l'origine kazakh de l'uranium doit être fourni lorsque l'enrichissement est effectué par une entreprise non américaine, de sorte que l'apport en U_3O_8 est décompté des quotas applicables au Kazakhstan. Les Accords conclus avec la Fédération de Russie et le Kazakhstan expirent en 2003. Les quotas appliqués à l'Ouzbékistan sont fondés sur les niveaux de production d'uranium des États-Unis, sauf pour les années 1995 et 1996 où ils ont été établis en fonction des prix fixés deux fois par ans par le DOC. La quantité maximale d'uranium autorisée à pénétrer aux États-Unis était de 362 tonnes d'U (soit 940 000 livres d' U_3O_8) pour chacune de ces deux années tant que le prix fixé par le DOC était égal ou supérieur à 12,00 \$ par livre. La même règle vaut pour l'uranium d'Ouzbékistan dont l'origine doit être certifiée s'il est enrichi par une entreprise non américaine ; dans ce cas, l'apport d' U_3O_8 est également décompté des quotas de l'Ouzbékistan. L'accord conclu avec ce pays expire en 2004.

Restrictions imposées par les pays de l'Union européenne

Les restrictions imposées par l'Union européenne aux importations d'uranium en provenance des NEI ont eu des répercussions comparables. On redoutait les effets, éventuellement déstabilisateurs sur le marché, d'importations massives dans les pays de la Communauté européenne d'uranium des NEI offert à des prix jugés sans commune mesure avec les coûts de production à l'Ouest. La Commission des Communautés européennes et l'Agence d'approvisionnement d'EURATOM ont donc pris des mesures pour remédier à cette situation. Elles reposent essentiellement sur le droit exclusif dont dispose l'Agence de conclure des contrats de fourniture de matières nucléaires conformément à l'Article 52 du Traité instituant la Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM). Au cours de la session de novembre 1992 du Parlement européen, la Commission des Communautés européennes résuma la situation en ces termes : « *En vertu de l'Article 2(d) et (c) du Traité EURATOM, la Communauté doit faire en sorte que tous les utilisateurs de la Communauté bénéficient d'un approvisionnement régulier et équitable en minerais et combustibles nucléaires et se trouvent en mesure de créer les installations de base nécessaires au développement de l'énergie nucléaire. À cette fin, EURATOM a créé une Agence d'approvisionnement qui, aux termes du Chapitre VI du Traité EURATOM, et plus particulièrement de son Article 52, 2(b), détient, entre autres, le droit exclusif de conclure des contrats portant sur la fourniture de matières nucléaires. Les importations massives à très bas prix en provenance des républiques de la CEI constituent une menace pour la diversification des sources d'approvisionnement de la Communauté et, par voie de conséquence, pour la sécurité à long terme de ses approvisionnements et la viabilité de ses industries productrices. C'est pourquoi l'Agence d'approvisionnement, dans l'exercice de son droit de conclure des contrats, veille à ce que la Communauté ne devienne pas trop dépendante d'une source unique d'approvisionnement, au-delà des limites raisonnables, et que l'acquisition de matières nucléaires auprès des républiques de la CEI se fasse dans des conditions proches de celles du marché, c'est-à-dire à des prix qui reflètent les coûts de production et soient compatibles avec les prix pratiqués dans les pays à économie de marché.* »

L'Union européenne a réaffirmé sa position en 1996 en ces termes : « *La Commission et l'Agence d'approvisionnement d'Euratom mettent en oeuvre de manières souple, dans l'exercice du droit de l'Agence de conclure des contrats, une politique de diversification des sources d'approvisionnement visant à éviter une trop grande dépendance envers une seule source* »¹⁶.

En 1996, les compagnies d'électricité de l'Union européenne ont acheté aux NEI de l'ordre de 5 900 tonnes d'uranium. Ils ont également acquis 900 tonnes d'U produit dans ces pays par le biais d'échanges et de remboursements de prêts, portant le total pour 1996 à près de 6 800 tonnes. L'ensemble des NEI caracolait donc en tête des fournisseurs en 1996, avec 43 pour cent des livraisons totales effectuées aux termes de contrats d'achat. La Fédération de Russie était encore le plus gros fournisseur de l'Union européenne. On se souviendra qu'avant 1990, la CEI était totalement absente du marché européen de l'uranium naturel.

Système de prix à deux niveaux

Suite à l'accord suspensif entre les États-Unis et les NEI, et aux restrictions des importations dans les pays de la Communauté européenne, un système de prix à deux niveaux a été instauré⁽⁴⁾. Depuis le 31 octobre 1992, Nuclear Exchange Corporation (NUEXCO) publie le « Restricted American Market Penalty » (RAMP – facteur correctif de régulation de l'accès au marché américain), soit l'évaluation que fait NUEXCO de l'augmentation du prix par rapport à la « valeur cotée » qu'elle publie (VC) et qui s'applique aux produits, ou services, qui seraient à la fois livrables et destinés à la consommation aux États-Unis. De la même façon, NUKEM a établi, à partir de novembre 1992, deux fourchettes de prix pour les offres et appels d'offre sur le marché spot de l'uranium. Les autres négociants et courtiers ont aussi adopté, d'une manière ou d'une autre, le principe d'un marché à deux niveaux. Suivant la nature des restrictions appliquées aux importations en provenance des NEI, on utilise la fourchette de prix spot « corrigée » ou « non corrigée ».

5. Transactions sur le marché spot

Le marché de l'uranium n'a plus rien à voir avec le modèle traditionnel de l'offre et de la demande où les producteurs vendent aux seules compagnies d'électricité. Les transactions sur les marchés secondaires ont pris de l'importance ces dernières années, qu'il s'agisse de ventes, de prêts et d'échanges d'uranium naturel et enrichi entre les compagnies d'électricité et les courtiers, ou de toute transaction autre que l'achat direct par une compagnie d'électricité d'uranium à un fournisseur national ou étranger.

Les contrats à long terme constituent toujours le principal mécanisme d'achat pour de nombreux pays. On a vu s'inverser, en 1996, la tendance des compagnies d'électricité à faire une part croissante, dans leurs portefeuilles de contrats, à des contrats à court terme, spot ou apparentés, qui a marqué le début des années 90. TradeTech⁽⁵⁾ a compté 68 transactions spot et 63 transactions à terme en 1996. L'expression « transactions à terme » renvoie à des contrats prévoyant la livraison plus d'un an après la transaction. Les volumes d'uranium échangés sur le marché spot, soit 6 800 tonnes en 1996, ont diminué de plus de 50 pour cent (7 900 tonnes) par rapport au chiffre de 1995 (14 650 tonnes). Cette

(4) La dernière fois qu'un système à plusieurs niveaux a été appliqué sur le marché remonte au milieu de 1987 et visait l'enrichissement d'uranium étranger destiné aux réacteurs américains.

(5) TradeTech publie depuis le 1er janvier 1995 *The Nuclear Review* qui a remplacé *The Nuexo Review*.

baisse est attribuée pour l'essentiel aux compagnies d'électricité. Les transactions à terme, en revanche, ont augmenté de plus de 36 pour cent en 1996¹⁷. NUKEM a également signalé une chute du même ordre des ventes sur le marché spot entre 1995 et 1996. Il indique pour 1996 une baisse d'environ 53 pour cent des volumes échangés sur le marché spot par rapport à 1995, qui passent de 16 300 tonnes à 7 600 tonnes¹⁸. Entre 1990 et 1995, pourtant, les ventes sur le marché spot atteignaient, après une période antérieure de progression, de 11 500 à 15 400 tonnes d'U, d'après TradeTech, ou de 9 500 à 17 000 tonnes, d'après NUKEM.

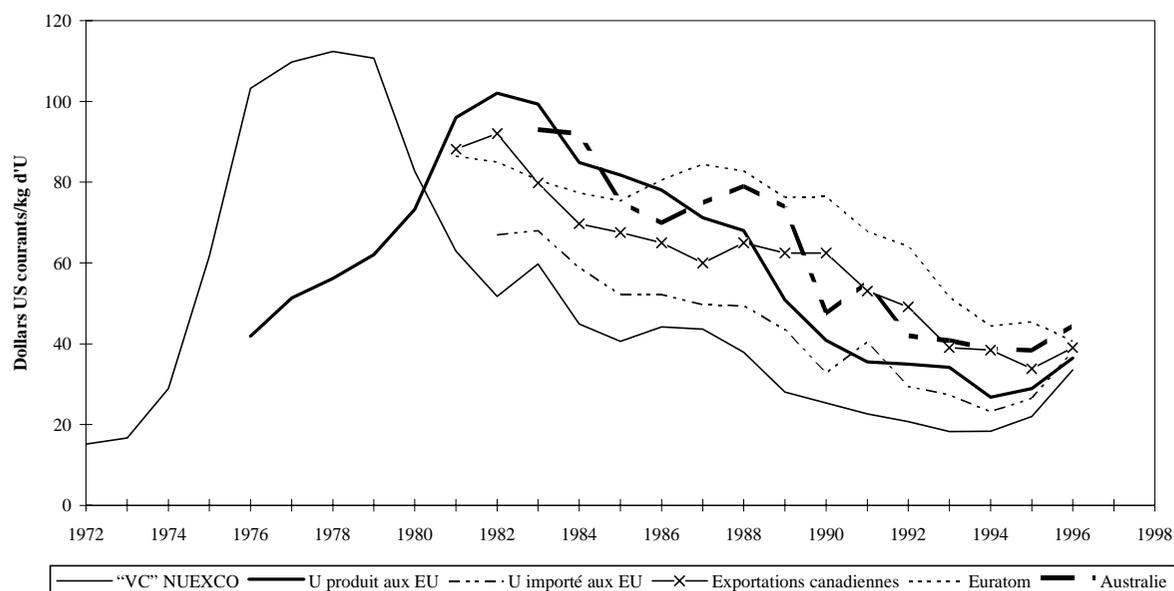
Certaines autorités nationales et internationales ont communiqué des statistiques de prix agrégées qui reflètent assez bien les tendances des prix dans les contrats à terme. De plus, des entreprises du secteur, telles que TradeTech (NUEXCO), NUKEM, etc., publient régulièrement des estimations des prix spot applicables aux livraisons immédiates ou à court terme. La Figure 18 montre l'évolution des prix moyens de l'uranium à la livraison donnés par TradeTech (NUEXCO), EURATOM, le Service d'information sur l'énergie des États-Unis (*Energy Information Agency - EIA*), le Canada et l'Australie. Tous ces prix, sauf ceux d'EURATOM, correspondent à des volumes variables de ventes spot et à long terme. Les prix indiqués par EURATOM s'appliquent à des contrats pluriannuels. Les prix cités par TradeTech (NUEXCO) correspondent à la « valeur cotée » de NUEXCO et, depuis 1992, aux prix « non corrigés » sur le marché spot. Les prix américains s'appliquent aux achats sur le marché intérieur et à l'étranger. La Figure 18 fait apparaître nettement la baisse des prix observée dans le monde entier depuis 1982 suivie de la remontée survenue en 1995 et 1996.

La moyenne établie par NUKEM pour le prix spot « non corrigé » de l'uranium en 1996 était de 36,71 \$/kg d'U (14,12 \$/livre d'U₃O₈) et, pour le prix « corrigé », de 40,07 \$/kg d'U (15,41 \$/livre d'U₃O₈). TradeTech a obtenu des valeurs d'échange moyennes similaires en 1996 (Tableau 13). Par rapport aux prix de 1994 « non corrigés » et « corrigés », les prix de 1996 ont augmenté respectivement de 95 pour cent et de 64 pour cent. Cependant, NUKEM comme TradeTech ont enregistré depuis le mois de septembre 1996 une baisse de ces deux prix qui s'est poursuivie tout le premier semestre de 1997. En juillet 1997, ces prix de l'uranium avaient subi une érosion de 36 pour cent environ par rapport aux valeurs maximales atteintes en 1996.

La tendance à la baisse des prix observée sur le marché spot jusqu'à la fin du deuxième trimestre de 1994 s'explique par le sentiment que le marché de l'uranium n'était pas, à court terme, menacé de pénurie. Ce sentiment était avivé par l'idée que de nouvelles sources d'uranium pourraient devenir disponibles, notamment les stocks militaires déclarés excédentaires aux besoins de défense et la production de l'Europe de l'Est et des NEI. Cependant, certains commentateurs ont interprété la hausse des prix de l'uranium, constatée depuis le mois octobre 1994 jusqu'à la mi-96, comme le début d'une reprise de l'activité sur le marché de l'uranium. Le nouveau tassement des prix spot depuis cette date laisse penser que la situation de surcapacité antérieure domine encore.

Puisque la puissance nucléaire continue d'augmenter et que la production ne satisfait que 60 pour cent de la demande, les stocks d'uranium s'épuisent très vite. Cependant, on ne connaît pas exactement l'importance des stocks mondiaux d'uranium ni les quantités de matières fissiles d'origine militaire susceptibles d'être déclarées excédentaires aux besoins de défense et mises sur le marché. Il est donc impossible de prévoir quand la baisse des prix prendra fin ni quel sera le niveau des prix lorsque le déséquilibre entre l'offre et la demande se résorbera.

Figure 18. Évolution des prix de l'uranium



Notes:

- 1) Les prix donnés par NUEXCO correspondent à la « Valeur cotée ». Pour 1992-1996, il s'agit de prix « non corrigés ».
- 2) Les prix indiqués par Euratom s'appliquent à des contrats pluriannuels.

Sources: NUEXCO (TradeTech), EIA, Nukem et Euratom, Canada et Australie.

Tableau 13. Prix moyens de l'uranium sur le marché spot

	1996		Dernier trimestre de 1996		Premier semestre de 1997	
	[A]	[B]	[A]	[B]	[A]	[B]
VALEUR NON CORRIGÉE						
Prix de Nukem	36,71	14,12	38,58	14,84	31,38	12,07
Valeur cotée de TradeTech	36,89	14,19	37,31	14,35	30,01	11,54
VALEUR CORRIGÉE						
Prix de Nukem	40,07	15,41	39,55	15,21	33,57	12,91
Valeur cotée de TradeTech	40,51	15,58	39,00	15,00	32,42	12,48

[A] US\$/kgU ; [B] US\$/lb U₃O₈

Perspectives jusqu'en 2015

La demande d'uranium à court terme dépend essentiellement de la puissance nucléaire installée. Malgré les incertitudes quant à l'évolution possible de cette puissance, les besoins à court terme sont assez prévisibles. La plupart des installations nucléaires sont déjà en service, et les délais de construction et de réalisation de nouvelles tranches dans certains pays sont assez bien établis. Des améliorations et modifications de la technologie des réacteurs nucléaires peuvent également influencer sur la demande, mais sans doute pas de façon importante avant 2015. Il existe plusieurs moyens d'améliorer l'utilisation du combustible dans les réacteurs : améliorer la gestion en coeur; diminuer la teneur de rejet des usines d'enrichissement et recycler le plutonium. Du côté de la gestion en coeur, les relèvements du facteur de charge et des niveaux de puissance du réacteur se traduisent par de plus forts besoins en uranium tandis que l'augmentation des taux de combustion du combustible provoque l'effet inverse. La fermeture précoce de réacteurs nucléaires est une autre source d'incertitude. Une diminution de la puissance nucléaire installée est envisageable dans quelques pays dotés de tranches nucléaires anciennes relativement inefficaces et où la restructuration du secteur de l'électricité pourrait se répercuter sur la durée de vie des centrales nucléaires. On estime néanmoins que le nombre prévu de nouvelles centrales compensera les éventuels arrêts anticipés. Globalement, les besoins en uranium des réacteurs dans le monde devraient continuer d'augmenter et passer de 60 488 tonnes d'U en 1996 à des niveaux annuels compris entre 62 500 et 82 800 tonnes d'ici 2015.

L'évolution de l'offre sur le marché de l'uranium au cours des dix-huit prochaines années est difficile à prévoir à cause des incertitudes qui pèsent sur l'origine de l'uranium et sur la quantité d'uranium provenant de sources militaires qui peut, en fin de compte, se retrouver sur le marché commercial. Tant que la production électronucléaire existera, on aura besoin d'uranium sortant directement des centres de production. La production minière devrait satisfaire la majeure partie des besoins.

Les faibles niveaux de production et les déstockages de ces dernières années dessinent un marché de l'uranium caractérisé par un tassement de l'offre, susceptible de s'inverser, entraînant une hausse régulière des prix et, par voie de conséquence, une reprise des activités de production. Des données récentes, que l'on retrouvera dans cette publication, notamment à propos de l'Australie, du Canada et des États-Unis, témoignent de l'importance des efforts entrepris pour augmenter la capacité de production. Ces pays et quelques autres, dont la Chine, le Kazakhstan, la Mongolie, la Fédération de Russie et l'Ouzbékistan, ont fait part de leurs projets d'accroître leur capacité théorique de production.

À l'inverse, la multiplication des sources d'uranium avec la conversion des matières fissiles des ogives nucléaires entraîne une pression constante à la baisse sur les prix et fait redouter de nouveaux retards dans les projets de développement de la capacité théorique de production, susceptibles de compromettre le redressement du marché à court terme.

Comme le montre la Figure 19, la capacité théorique de production de tous les centres Existants, Commandés, Prévus et Envisagée alimentés en RRA bon marché seulement pourrait atteindre 59 800 tonnes d'uranium par an en 2000. Cette capacité permettrait de satisfaire 93 pour cent environ des besoins prévus des réacteurs pour l'an 2000, qui sont estimés à 64 500 tonnes d'uranium par an. Le déficit pourrait être comblé par la vente des stocks existants et la livraison de LEU tiré du HEU des ogives nucléaires.

À l'exception des stocks de la Fédération de Russie, qui n'ont pas été communiqués, il semblerait que les stocks civils excédentaires sont presque épuisés. Lorsque l'on ne pourra plus prélever sur ces stocks, il faudra compter sur le développement des projets existants ainsi que sur la construction des centres de production Commandés, Prévus et Envisagés. Par ailleurs, une multiplication des ventes de LEU tiré du HEU et les ventes des stocks gouvernementaux pourraient venir en renfort. Or cette évolution repose entièrement sur la mise en chantier systématique de nouvelles installations et la concrétisation des projets de vente des matières issues du démantèlement des armes. Autrement dit, l'équilibre de l'offre et de la demande est à la merci des moindres retards ou événements qui pourraient perturber les efforts entrepris pour améliorer l'offre.

D. RÉPERCUSSIONS DES ÉVOLUTIONS RÉCENTES SUR LES PERSPECTIVES À LONG TERME

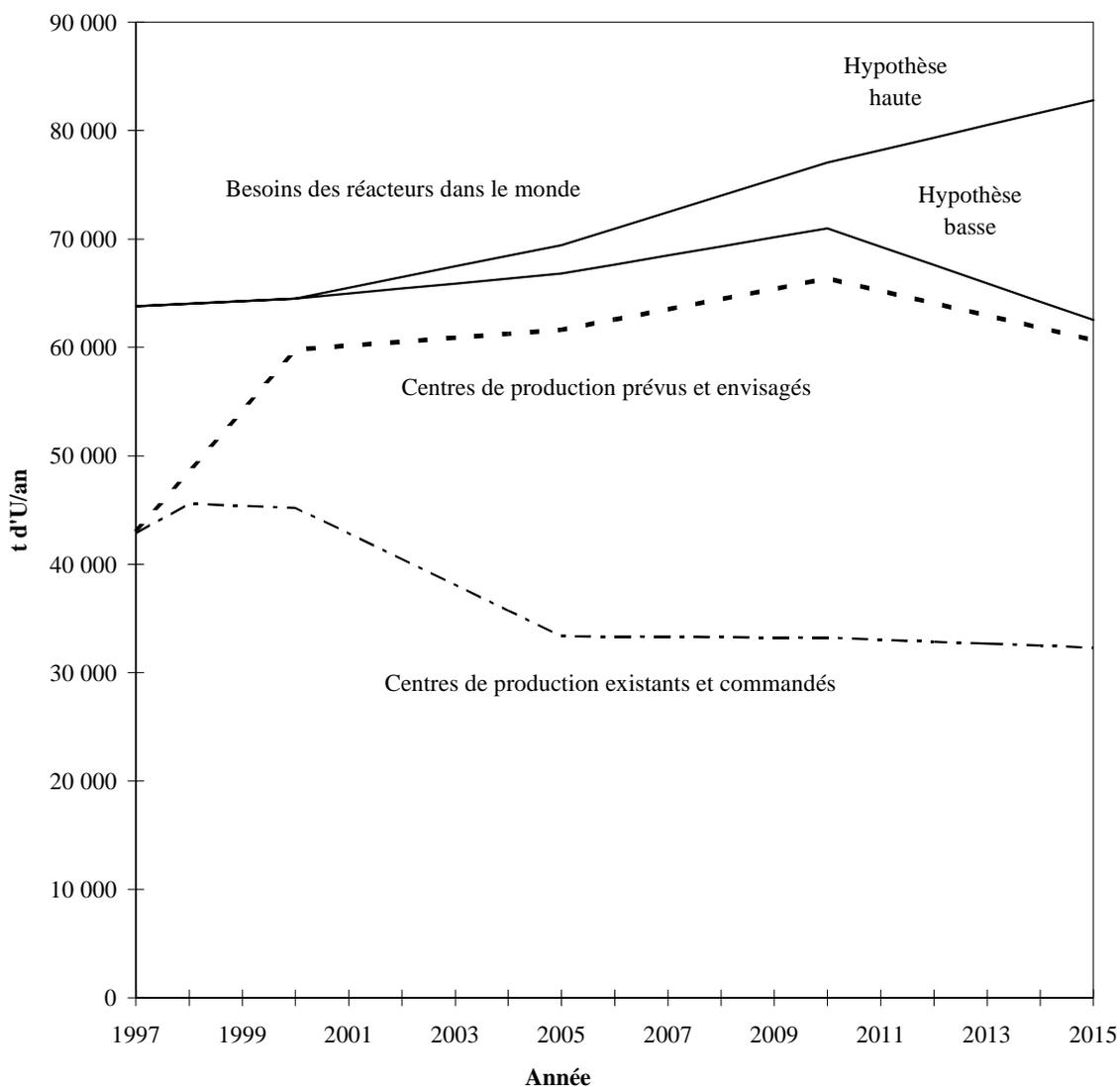
À plus long terme, le déséquilibre entre les besoins en uranium des centrales nucléaires et la production devrait se résorber. Lorsque les stocks de matières excédentaires seront épuisés et que des volumes considérables d'uranium tiré de la transformation de l'armement nucléaire seront apparus sur le marché, ce dernier pourra s'équilibrer.

Les craintes que suscitent les approvisionnements à long terme en combustibles fossiles et la prise de conscience de l'intérêt écologique des centrales nucléaires qui ne contribuent ni aux pluies acides ni au réchauffement de la planète peuvent provoquer, à long terme, une remontée plus forte que prévu de la demande d'uranium. En particulier, l'importance accordée aux questions de réchauffement de la planète laisse entrevoir une attitude plus favorable à l'énergie nucléaire considérée alors comme une solution propice au développement durable.

Les facteurs déterminants pour l'équilibre de l'offre et de la demande au début du siècle prochain sont le rythme de commandes de nouvelles centrales, le rythme d'arrêt des centrales actuellement en service dans le monde et le développement de réacteurs avancés et des techniques modernes de retraitement et d'enrichissement.

La part de l'électricité dans la consommation d'énergie mondiale a presque doublé depuis 1960, mais cette progression s'est opérée de manière très inégale suivant les régions. En 1995, les pays Membres de l'OCDE consommaient près de 59 pour cent de la production d'électricité de la planète¹⁹. Inversement, les pays non membres, qui représentent 75 pour cent de la population mondiale, consomment moins de 40 pour cent de l'électricité totale. Il y a un énorme fossé entre la consommation d'électricité par habitant dans la zone de l'OCDE et celle des régions en développement. La production annuelle d'électricité par habitant est de l'ordre de 660 kWh en moyenne dans les pays en développement contre quelque 10 500 kWh aux États-Unis et environ 6 000 kWh dans les pays européens de l'OCDE et au Japon²⁰. Les possibilités d'augmentation de la consommation sont donc considérables dans les pays non membres de l'OCDE. Des estimations effectuées à partir de diverses sources laissent penser que le rythme de croissance de la consommation d'électricité de certains pays en développement pourrait, après 2000, atteindre le double, voire le triple de celui des pays développés.

Figure 19. **Capacité théorique de production annuelle d'uranium jusqu'en 2015***
(Ressources récupérables à un coût inférieur ou égal à 80\$/kg d'U)
et besoins des réacteurs dans le monde



* Inclut tous les producteurs d'uranium actuels ou potentiels.

Source: Tableau 10 et 12.

La consommation mondiale d'électricité devrait continuer d'augmenter au cours des prochaines décennies avec la croissance démographique et économique. En fait, la consommation d'électricité devrait progresser plus vite que celle des autres énergies finales dans le monde jusqu'en 2010²¹. Or l'énergie nucléaire pourrait contribuer pour beaucoup à cette progression. Les scénarios envisagés par le Conseil mondial de l'énergie indiquent que la production mondiale d'électricité dans les centrales nucléaires pourrait croître à des rythmes de 0,6 à 2,3 pour cent chaque année de 1990 à 2020²².

La plupart des pays dotés de programmes électronucléaires s'efforcent actuellement de maintenir ou de prolonger la durée de vie de leurs installations. Les États-Unis ont mis en place une nouvelle procédure d'autorisation afin d'encourager les commandes de centrales, ainsi qu'une règle de renouvellement des autorisations permettant d'allonger la durée de vie utile des centrales actuellement en service. Les nouvelles dispositions prévues pour le renouvellement des autorisations permettraient de prolonger de 20 ans la durée de vie des centrales exploitées aujourd'hui.

Le retraitement est une technologie au point qui pourrait avoir des incidences notables sur les besoins en uranium au cours du siècle prochain, dans l'hypothèse où elle serait pleinement mise en œuvre. Un programme de recyclage de tout le plutonium des réacteurs à eau ordinaire abaisserait de 17 pour cent les besoins en uranium²³. On a également observé une tendance à accroître les taux de combustion dans les réacteurs de puissance, ce qui a également pour effet de réduire les besoins en uranium neuf. Ainsi, une augmentation du taux de combustion de 40 à 50 gigawatts/jour par tonne d'U entraîne une diminution de 3 pour cent des besoins en uranium.²⁴ Parmi les autres technologies développées aujourd'hui et dont l'application pourrait aussi modifier de façon notable la situation, figurent l'exploitation de réacteurs à cycles associés du type REP/CANDU (ce dernier utilisant du combustible irradié de REP, ce qui réduit d'environ 40 pour cent les besoins en uranium du réacteur CANDU) et de nouvelles techniques d'enrichissement. L'Afrique du Sud, les États-Unis, la France et le Japon travaillent toujours à la mise au point des procédés de séparation isotopique par laser de vapeur atomique (SILVA) et de molécules (SILMO), qui sont des techniques supposées présenter des avantages économiques par rapport aux technologies actuelles d'enrichissement par centrifugation et par diffusion, et qui pourraient de surcroît réduire les besoins en uranium naturel.

RÉFÉRENCES

1. Agence internationale de l'énergie atomique, *IAEA Yearbook 1997*, Vienne, Autriche, 1997.
2. Agence d'approvisionnement d'Euratom, *Rapport annuel, 1996*, CCE, Luxembourg, 1997.
3. Energy Information Administration, *Uranium Industry Annual 1996*, DOE/EIA-0478A(96), Washington, DC, États-Unis, avril 1997.
4. Agence d'approvisionnement d'Euratom, *Rapport annuel, 1996*, CCE, Luxembourg, 1997.
5. Chen, Zhaobao, *The Current Status of Uranium Resources Development in China and its Future*, communication au Forum on Uranium Resources Development organized by the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation and Japan Atomic Industrial Forum, Inc., 10 mars 1997, Tokyo, Japon.
6. Uranium Institute, *The Global Nuclear Fuel Market – Supply and Demand 1995-2015*, Uranium Institute, Londres, Royaume-Uni, 1996, p. 103-109.

7. Agence internationale de l'énergie atomique, *IAEA Yearbook 1995*, Vienne, Autriche, 1995, p.35-48
8. Bukarin, O., *Analysis of the size and quality of uranium inventories in the Russian Federation*, NEI International Uranium Fuel Seminar, Williamsburg, Virginie, États-Unis, septembre 1995.
9. Steyn, J., *Impact of Commonwealth of Independent States (C.I.S.) uranium supply on the world market*, NEI International Uranium Fuel Seminar 97, Monterey, Californie, États-Unis, octobre 1997.
10. Energy Information Administration, *Nuclear Power Generation and Fuel Cycle Report 1997*, DOE/EIA-0436(97), Washington, DC, États-Unis, octobre 1997.
11. McGraw Hill, *Nuclear Fuel*, 12 février 1996, New York, États-Unis, 1996.
12. US Department of Energy, *Program acquisition strategy for obtaining mixed oxide (MOX) fuel fabrication and reactor irradiation services (PAS) workshop, Summary Question/Comment Response Document*, Office of Fissile Materials Disposition & Chicago Operations Office, Chicago, Illinois, États-Unis, août 1997.
13. Agence internationale de l'énergie atomique, *IAEA Yearbook 1997*, Vienne, Autriche, 1997, p. C54.
14. OCDE/AEN, *La gestion du plutonium séparé - Les options techniques*, ISBN 92-64-25410-2, Paris, France, 1997.
15. Energy Information Administration, *Nuclear Power Generation and Fuel Cycle Report 1996*, DOE/EIA-0436(96), Washington, DC, États-Unis, octobre 1996.
16. Agence d'approvisionnement d'Euratom, *Rapport annuel, 1996*, CCE, Luxembourg, 1997.
17. TradeTech, *The Nuclear Review*, décembre 1996, numéro 340, Denver, États-Unis, 1996, p. 16.
18. NUKEM, *Natural uranium spot market by buyers*, Market Report, août, Stamford, États-Unis, 1997, p. 35.
19. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 1997*, DOE/EIA-0484(97), Washington, DC, États-Unis, avril 1997.
20. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 1995*, DOE/EIA-0484(95), Washington, DC, États-Unis, mai 1995, p. 65.
21. Agence internationale de l'énergie, *World Energy Outlook : 1994 Edition*, Paris, France, 1994.
22. International Institute for Applied Systems Analysis, Conseil mondial de l'énergie, *Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond*, Rapport du CME 1995, IIASA, Laxenburg, Autriche, 1995.

23. Agence internationale de l'énergie atomique, *Proceedings of the International Symposium: Nuclear Fuel Cycle and Reactor Strategy: Adjusting to New Realities*, Vienne, Autriche, 3-6 juin 1997.
24. Uranium Institute, *The Global Nuclear Fuel Market-Supply and Demand 1995-2015*, Uranium Institute, Londres, Royaume-Uni, 1996, p. 53-60.

III. URANIUM : PROSPECTION, RESSOURCES ET PRODUCTION CONTRIBUTIONS NATIONALES

INTRODUCTION

On trouvera dans la Partie III du présent rapport les contributions nationales sur la prospection, les ressources et la production de l'uranium. Ces contributions ont été fournies par les organismes gouvernementaux (Annexe 2) responsables du contrôle des matières premières nucléaires dans leurs pays respectifs, et les détails indiqués le sont sous la responsabilité des divers organismes en question. Dans les pays où des sociétés commerciales procèdent à la prospection, à l'extraction et à la production d'uranium, les renseignements sont d'abord soumis par ces sociétés au gouvernement du pays où elles opèrent, et peuvent être ensuite transmis à l'AEN ou à l'AIEA, à la discrétion du gouvernement concerné. Dans certains cas où des contributions nationales officielles n'ont pas été communiquées, et où il a été jugé utile de le faire dans l'intérêt du lecteur, le Secrétariat a rédigé des commentaires complémentaires ou établi des estimations afin de compléter le Livre rouge. Lorsque c'est le cas, il est clairement indiqué qu'il s'agit d'estimations du Secrétariat. Les abréviations techniques sont données dans l'Annexe 8.

L'AEN et l'AIEA ne sont pas sans savoir que des activités de prospection sont actuellement en cours dans un certain nombre de pays qui ne sont pas couverts par ce rapport. Elles savent également que, dans certains de ces pays, des ressources en uranium ont été découvertes. Elles ne considèrent cependant pas que l'ensemble de ces ressources soit de nature à modifier sensiblement les conclusions générales du présent rapport. Néanmoins, les deux Agences invitent les gouvernements de ces pays à fournir une réponse officielle au questionnaire devant servir à la préparation de la prochaine édition du Livre rouge.

Enfin, il convient de noter que les frontières nationales figurant sur les cartes n'ont qu'une valeur indicative et ne représentent pas nécessairement les frontières nationales reconnues par les pays Membres de l'OCDE et de l'AIEA.

Des informations complémentaires sur les gisements d'uranium dans le monde sont disponibles (en anglais seulement) dans les publications de l'AIEA : « World Distribution of Uranium Deposits » (Répartition mondiale des gisements d'uranium) [STI/PUB/997] et « Guidebook to accompany the IAEA Map: World Distribution of Uranium Deposits » (Guide destiné à accompagner la carte de l'AIEA : Répartition mondiale des gisements d'uranium) [STI/PUB/1021]. La localisation de 582 gisements d'uranium est indiquée sur une carte géologique à l'échelle du 1/30 000 000^{ème}. Le guide (qui est fourni à titre gracieux avec l'achat de la carte) et la carte fournissent des informations sur les gisements : type, contexte tectonique, âge, tonnage total des ressources, teneur moyenne en uranium, stade de production et méthode d'extraction. Ces ouvrages peuvent être obtenus sur demande à :

Agence Internationale de l'Énergie Atomique
Unité de la vente des publications et de la publicité, Division des publications
B.P. 100, Wagramerstrasse 5
A-1400 Vienne, Autriche

Téléphone : (43) 1-2060-22529 Télécopie : (43) 1-2060-29302
Messagerie électronique : sales.publications@iaea.org

• Afrique du Sud •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium en Afrique du Sud a débuté à la fin des années 40, lorsqu'une évaluation à l'échelle mondiale des ressources en uranium a attiré l'attention sur la teneur en uranium des conglomérats à galets de quartz du Witwatersrand. Les activités de prospection de l'uranium dans le bassin du Witwatersrand ont toujours été menées à titre accessoire, en liaison avec la prospection de l'or, jusqu'à la crise pétrolière survenue au début des années 70. À cette époque, la montée en flèche du prix de l'uranium a conduit à une intensification des activités de prospection de ce minerai et, en 1982, la production d'uranium a démarré dans la mine de Beisa, premier producteur d'uranium primaire en Afrique du Sud.

Jusqu'à la fin des années 60, la prospection de l'uranium, n'étant qu'accessoire à la prospection de l'or, s'est limitée au bassin du Witwatersrand. La découverte d'uranium dans les sédiments du Karoo, à l'occasion de travaux de prospection pétrolière, a conduit à diversifier les activités de prospection de l'uranium. Les travaux dans les formations du Karoo se sont maintenus à un faible niveau jusqu'à ce que la crise du pétrole, au début des années 70, provoque un essor spectaculaire des activités de prospection.

Cette embellie a toutefois été de courte durée à cause de l'incident survenu à Three Mile Island, en 1979, de sorte que le marché surchauffé de l'uranium s'est effondré au début des années 1980. Du coup, la prospection de l'uranium s'est fortement ralentie dans les formations du Karoo pour finalement s'arrêter au milieu des années 80. Depuis lors, les seules activités menées ont essentiellement consisté en de modestes travaux de réévaluation de gisements identifiés. En 1991, la Société de l'énergie atomique d'Afrique du Sud (*Atomic Energy Corporation of South Africa – AEC*) a entrepris un programme en vue d'étudier les caractéristiques fondamentales des gisements d'uranium liés aux grès du Karoo et de définir des critères de prospection susceptibles d'être appliqués pour la découverte de nouveaux gisements au cas où l'amélioration des conditions du marché susciterait un regain d'intérêt pour la province uranifère du Karoo.

L'effondrement du prix de l'uranium, au début des années 80, a réduit sensiblement l'intérêt porté à la prospection de l'uranium, de sorte qu'au milieu des années 80, la prospection dans le bassin du Witwatersrand, qui est restée très active jusqu'au début des années 90, s'est exclusivement intéressée à l'or. Ces activités ont eu comme retombées la découverte accidentelle de nouvelles ressources en uranium en raison de la présence quasi systématique d'uranium dans les conglomérats à galets de quartz. La stagnation des prix de l'or au début des années 90 a entraîné un ralentissement substantiel des activités de prospection visant ce métal.

En dehors des bassins du Witwatersrand et du Karoo, les activités de prospection ont été axées sur la découverte d'autres types de gisements d'uranium, à savoir les gisements liés à des discordances, à du calcrète, à des alaskites, à des brèches, de type Olympic Dam, et les phosphates marins. Ces activités ont toujours été modestes par rapport aux activités consacrées aux deux

principaux bassins uranifères, et elles ont culminé à la fin des années 70 et au début des années 80 lorsque le marché de l'uranium atteignait un niveau record. Elles n'ont donné que des résultats très limités, puis ont régressé rapidement, suite à l'effondrement du marché de l'uranium au début des années 80.

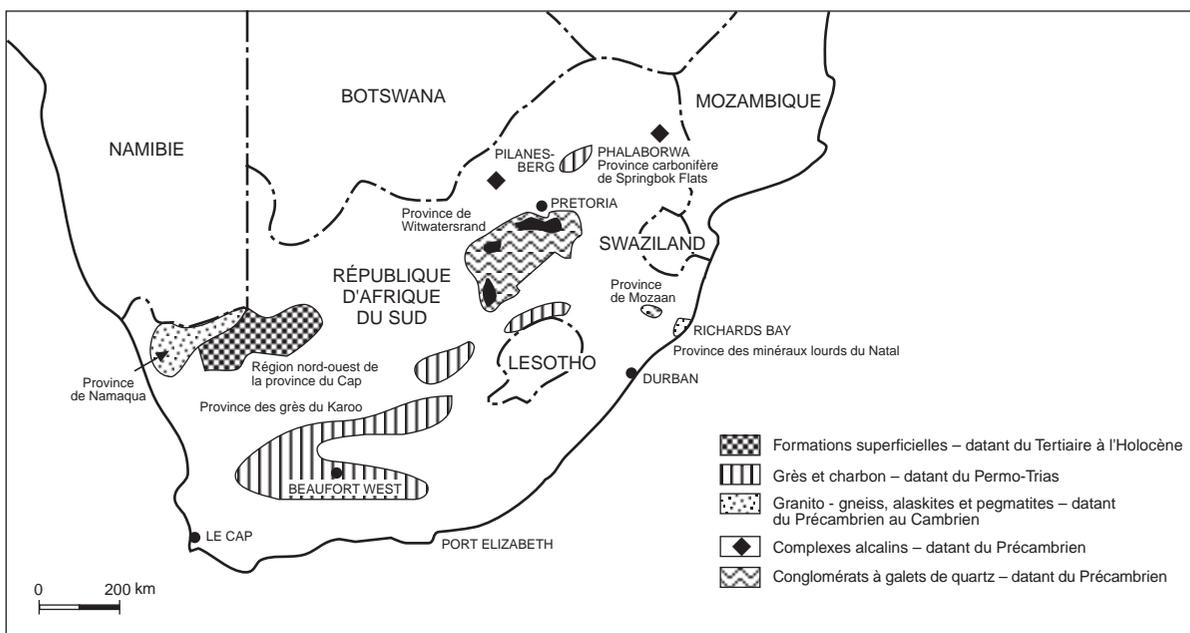
Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, aucune activité de prospection n'a visé à découvrir des ressources en uranium primaire. Les activités de prospection dans le bassin du Witwatersrand étaient axées sur l'or et se sont elles-mêmes trouvées très ralenties en raison de la situation déprimée du marché de l'or.

L'industrie s'est pour ainsi dire désintéressée du bassin du Karoo. Il n'a pas été entrepris de travaux sur le terrain. Les données relatives à certains des gîtes uranifères les plus importants et à teneur la plus élevée ont toutefois été réévaluées afin de déterminer si l'exploitation minière de ces gisements pouvait être rentable. Le projet de recherche sur le Karoo entrepris par l'AEC en 1991 a été achevé en 1994. Ces travaux ont permis de cerner un certain nombre de facteurs fondamentaux régissant la minéralisation uranifère dans les grès du Karoo. L'étude a montré qu'il existait des possibilités notables de découvrir d'autres gisements d'uranium dans le bassin principal du Karoo.

L'uranium n'a fait l'objet d'aucune activité de prospection en dehors des bassins du Witwatersrand et du Karoo en 1995-1996.

Localisation des provinces uranifères en Afrique du Sud



RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I)

En 1995 et 1996, il n'a été mené en Afrique du Sud aucune activité de prospection visant l'uranium en tant que produit primaire. En conséquence, aucune nouvelle découverte n'a été réalisée, encore que des accroissements mineurs des ressources aient été obtenus, s'agissant de prolongements de gîtes connus. Une fraction importante des ressources en uranium de l'Afrique du Sud se présente sous forme de sous-produit de l'or dans les conglomérats à galets de quartz du Witwatersrand. Il s'ensuit que les découvertes d'uranium ont lieu à l'occasion de travaux de prospection visant l'or. L'industrie de l'or en Afrique du Sud connaissant des jours difficiles, les activités de prospection ont subi des coupes sombres. C'est pourquoi les ressources en uranium de l'Afrique du Sud n'ont que peu augmenté par suite de ces activités.

Aucune activité de prospection n'a eu lieu dans les formations du Karoo depuis quelques années, mais l'AEC a mené un programme de recherche visant à déterminer les facteurs guidant les minéralisations. Cette étude a révélé des régions où le potentiel réel de minéralisation d'uranium n'avait pas été reconnu auparavant. On a aussi identifié des marqueurs paléontologiques permettant d'établir la stratigraphie et qui pourraient s'avérer d'une grande utilité dans toute activité future de prospection.

Les principaux facteurs qui influent sur les ressources en uranium de l'Afrique du Sud sont le prix de l'or, les coûts du travail dans les mines, le taux de change dollar/rand et le prix de l'uranium. Le prix de l'uranium sur le marché au comptant a doublé au cours des deux dernières années, mais comme les recettes obtenues pour l'uranium tiré d'une tonne de minerai du Witwatersrand ne représentent que 10 pour cent des recettes totales, l'influence de cette augmentation est d'une importance minime par rapport aux autres facteurs en jeu. Le prix de l'or exprimé en dollars a légèrement fléchi au cours de la même période. Le coût de la main-d'œuvre par tonne de minerai traitée dans les mines d'or du Witwatersrand s'est accru de 21 pour cent pendant les deux dernières années. L'effet conjugué de ces facteurs aurait dû aboutir à une diminution des ressources en uranium de l'Afrique du Sud. Toutefois, le taux de change dollar/rand a sensiblement baissé, de sorte qu'il en est résulté une hausse des prix tant de l'or que de l'uranium exprimés en rands.

Aux fins de la présente étude, on a utilisé un taux de change dollar/rand de 4.70 rands pour 1 dollar et un prix de l'or de 370 dollars l'once.

Les effets positifs et négatifs des facteurs mentionnés plus haut se sont mutuellement neutralisés et les ressources « connues » au 1er janvier 1997 (autrement dit les RRA et les RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U) ont augmenté très légèrement, de 9.2 pour cent, par rapport aux estimations de 1995.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
<40\$/kg d'U	<80\$/kg d'U	<130\$/kg d'U
110 500	218 300	269 800

* Ressources récupérables.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I*

Tranches de coût		
$<40\$/\text{kg d'U}$	$<80\$/\text{kg d'U}$	$<130\$/\text{kg d'U}$
44 400	66 100	87 800

* Ressources récupérables.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et SR)

Vu la faiblesse des activités de prospection visant autant l'or que l'uranium, il n'y a guère, voire pas, de travaux en cours en vue de localiser de nouvelles zones dans lesquelles des gisements d'uranium sont susceptibles d'être découverts. Des travaux limités ont été consacrés à la localisation de bassins secondaires du type de celui de Witwatersrand qui se trouveraient en dehors des limites actuellement connues du bassin principal. L'absence de fonds pour des travaux de prospection de ce type de ressources spéculatives, a toutefois entravé l'obtention de résultats significatifs.

Au 1er janvier 1997, les RSE-II, dont le coût de production serait inférieur à 80 \$/kg d'U, représentaient 34 900 t d'U, soit une augmentation de 6 000 t d'U par rapport à l'estimation du 1er janvier 1995. Les RS, s'établissant à 1 113 510 t d'U sans précision de tranche de coût, n'ont pas varié.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
$< 40 \$/\text{kg d'U}$	$< 80 \$/\text{kg d'U}$	$< 130 \$/\text{kg d'U}$
28 740	34 900	113 000

* Ressources récupérables.

“Disponibilité” des ressources “connues” (RRA et RSE-I)

Les ressources de l'Afrique du Sud entrant dans les catégories des RRA et des RSE-I, récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U, sont tributaires pour une large part des centres de production d'or existants et font l'objet d'une extraction en raison de leur teneur en or. Toutefois, une faible fraction de cet uranium est effectivement extrait, le reste finissant dans les bassins de retenue des résidus des mines d'or. La disponibilité des ressources présentes dans ces bassins dépend de leur degré de dilution dans des résidus non uranifères et de l'utilisation éventuelle de ces résidus pour le remblayage d'anciennes mines d'or.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

En Afrique du Sud, la production d'uranium a débuté en 1952, date à laquelle une usine production d'uranium a été mise en service sur le site de la mine de la société West Rand Consolidated qui exploitait de l'uranium provenant des conglomérats à galets de quartz du supergroupe du Witwatersrand. La mise en service de quatre autres usines de production d'uranium dans divers centres a suivi de près, en 1953. La production s'est accélérée jusqu'en 1959, époque à laquelle 26 mines situées aux alentours du bassin du Witwatersrand alimentaient en minerai 17 usines d'uranium, ayant une production totale de 4 954 t d'U. La production est ensuite retombée à 2 262 t d'U en 1965.

En 1971, la société Palabora Mining est devenue le premier producteur d'uranium d'Afrique du Sud non implanté dans le bassin du Witwatersrand. Cette société produisait de l'uranium en tant que sous-produit du cuivre provenant de sa mine à ciel ouvert dans la Province septentrionale.

La crise pétrolière mondiale des années 70 a suscité un regain d'intérêt pour l'énergie nucléaire et donc l'uranium. Les producteurs d'uranium de l'Afrique du Sud ont répondu par un quasi triplement de leur production qui atteignit 6 143 t d'U en 1980.

Plusieurs décennies d'extraction et de traitement de minerais d'or ont engendré d'énormes quantités de résidus aux alentours du bassin du Witwatersrand, renfermant des réserves notables d'or et d'uranium. L'expansion rapide du marché de l'uranium a conduit à l'établissement d'usines retraitant ces résidus à Welkom (Joint Metallurgical Scheme – 1977), dans le Rand oriental (ERGO – 1978), et à Klerksdorp (Chemwes – 1979).

L'effondrement du marché de l'uranium au début des années 80 a eu de graves répercussions sur l'industrie de l'uranium en Afrique du Sud, entraînant la fermeture de 14 usines de production d'uranium depuis 1980. À la fin de 1996, il ne restait que cinq usines de traitement de l'uranium alimentées par quatre mines seulement.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenu dans le concentré)

Méthode de production	Total avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	Prévisions 1997
Production d'uranium comme sous-produit	144 979	1 671	1 421	1 436	149 507	1 450

État de la capacité théorique de production

À la fin de 1996, quatre mines produisaient encore de l'uranium : Hartebeestfontein et Vaal Reefs à Klerksdorp, Western Areas dans le Rand occidental, et Palabora dans la Province septentrionale (auparavant Transvaal-Nord). Dans les trois premières de ces mines l'uranium est obtenu comme sous-produit de l'or, et dans la dernière comme sous-produit du cuivre.

La mine de Hartebeestfontein dispose d'une usine de production d'uranium capable de traiter 3.2 millions de tonnes de minerai par an. Cette usine utilise un cycle de lixiviation inverse qui améliore la production d'or. Au cours des quelques dernières années, l'usine a fonctionné à un taux de récupération de l'uranium 65 pour cent, ce qui optimise les coûts de récupération de l'uranium. Bien que la production d'uranium ne soit pas en elle-même rentable, le procédé de lixiviation inverse améliore la récupération de l'or et donc la rentabilité globale de l'exploitation.

La mine de Vaal Reefs alimente deux usines de production d'uranium, la troisième ayant été fermée récemment. La première usine fonctionne à pleine capacité, tandis que la seconde n'est exploitée qu'à 50 pour cent de sa capacité. Ces trois usines représentent conjointement une capacité de traitement de 9 millions de tonnes de minerai par an, mais seulement 5,5 millions de tonnes de minerai ont été traitées en 1996.

La mine de Western Areas produit l'uranium à la plus forte teneur du Witwatersrand et alimente une usine de traitement d'une capacité de 650 000 t de minerai par an. En 1993-1994, les activités de la mine liées à l'or ont de nouveau dégagé un bénéfice, mais l'uranium continue de contribuer sensiblement à la rentabilité globale de la mine.

La mine de Palabora est une grande mine de cuivre exploitée à ciel ouvert, dans laquelle l'uranium est obtenu comme sous-produit. Le minéral uranifère, l'uranothorianite, est d'abord concentré dans une installation de séparation par gravité, en même temps que d'autres minéraux lourds. L'usine d'uranium a une capacité annuelle de 2 millions de tonnes de concentrés obtenus par séparation par gravité. L'uranium est ensuite récupéré au moyen d'une lixiviation par voie acide et d'une extraction par solvants.

La capacité de production des usines du Witwatersrand a subi d'importantes réductions à la fin des années 80 et au début des années 90, mais la situation s'est stabilisée ces dernières années et aucune fermeture d'usine n'est intervenue en 1995 et 1996. Il est toutefois à prévoir que, si les conditions du marché de l'uranium ne s'améliorent pas d'ici la fin de ce siècle, la production d'uranium tombera alors à environ 1 000 t d'U.

L'état des installations dans lesquelles la production d'uranium a été arrêtée se résume comme suit. Les neuf usines de production d'uranium qui ont été fermées et sont en cours de démantèlement sont les suivantes : Beisa, Blyvooruitzicht, Buffelsfontein, Dreifontein, Ergo, Freegold, Harmony (Merriespruit), Stilfontein et West Rand Consolidated. La production d'uranium ne pourrait redémarrer dans ces installations que si elles étaient complètement reconstruites. L'usine d'uranium de Randfontein (Cooke) a été convertie pour l'extraction de l'or.

La situation des usines de production d'uranium en exploitation est résumée dans le tableau ci-après.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

	Centre n° 1	Centre n° 2	Centre n° 3	Centre n° 4
Nom du centre de production	Hartebeestfontein	Vaal Reefs	Western Areas	Palabora
Catégorie de centre de production	Existant	Existant (2 usines)	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En service (100%, 50%)	En service	En service
Date de mise en service	1956	1956, 1977	1982	1979
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	Vaal Reef Conglomérats à galets de quartz	Vaal Reef Conglomérats à galets de quartz	Elsburg Reefs Conglomérats à galets de quartz	Palabora Gisement intrusif
Exploitation minière : • Type • Tonnage (<i>t de minerai/j</i>) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	En souterrain 9 000 - 10 000 Variable	En souterrain 24 000 - 31 000 Variable	En souterrain 3 000 - 3 800 Variable	À ciel ouvert 80 000 Variable
Installation de traitement : • Type • Tonnage (<i>t de minerai/j</i>) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	LA/ES 9 000 - 10 000 Variable	LA/ES 9 000 - 10 000 Variable	LA/ES 9 000 - 10 000 Variable	LA/ES 10 000 Variable
Capacité nominale de production (<i>tonnes d'U/a</i>)	200-500	1 000-2 000	200-300	100-250
Projets d'expansion	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Tous les producteurs d'uranium appartiennent à diverses sociétés privées. Comme ces sociétés sont cotées sur diverses places boursières, il est impossible de déterminer les parts relatives des participations nationales et étrangères. Aucune modification importante n'est intervenue dans la structure de la propriété des divers producteurs d'uranium depuis 1990. L'État ne participe à aucune activité minière relative à l'uranium.

Emploi dans le secteur de l'uranium

L'uranium n'étant obtenu que comme sous-produit, aucun chiffre précis n'est disponible concernant l'emploi dans le secteur de la production d'uranium.

Centres de production futurs

Il n'y a pas de centres de production d'uranium commandés ou prévus en Afrique du Sud. Étant donné le caractère de sous-produit qui s'attache à la plupart des ressources en uranium de l'Afrique du Sud, il n'est pas possible de prévoir si des centres de production envisagés pourraient être alimentés par les ressources connues existantes entrant dans la catégorie des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U. La ventilation par tranche de coût d'une grande partie des ressources en uranium de l'Afrique du Sud repose sur la valeur des ressources en or associées, les coûts de main-d'œuvre et le taux de change dollar/rand, facteurs qui n'ont que peu de rapports avec le marché de l'uranium. Dans l'hypothèse de conditions favorables pour tous ces facteurs, l'Afrique du Sud pourrait se trouver en mesure de revenir aux niveaux de production atteints à la fin des années 70 et au début des années 80, soit plus de 6 000 t d'U par an. Si le prix de l'or et, plus encore, le prix de l'uranium ne se redressent pas notablement, il ne sera pas possible d'atteindre ce niveau de production d'uranium.

Il est évident qu'un délai serait nécessaire pour reconstruire les usines de production d'uranium dans les centres où la production a cessé, ou pour construire des usines sur de nouveaux centres. En outre, les gisements liés à des grès et à des formations carbonifères du Karoo pourraient sans doute assurer des niveaux de production d'environ 2 000 t d'U par an.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Il existe en Afrique du Sud des zones d'exploitation minière présentant une contamination radioactive, en particulier sur les sites d'usines existantes ou déclassées. Lorsque d'anciens terrains miniers sont réutilisés, la radioactivité de la zone est contrôlée et un nettoyage est effectué si nécessaire. Le Conseil de la sûreté nucléaire [*Council for Nuclear Safety*] de l'Afrique du Sud est l'organisme réglementaire chargé de mettre en œuvre la législation nucléaire applicable à ces activités, et les normes en vigueur sont conformes à celles adoptées au plan international. De vastes zones autour des mines d'or/uranium sont occupées par des bassins de boues résiduelles et des déblais rocheux. L'Afrique du Sud dispose cependant d'une législation rigoureuse en matière d'environnement, garantissant que ces zones sont convenablement remises en état. Les problèmes d'environnement liés à l'exploitation des mines d'or/uranium dans le bassin du Witwatersrand sont la pollution par la poussière, la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines, ainsi que la radioactivité résiduelle. D'anciennes usines d'or et d'uranium sont en cours de déclassement. Les résidus de ces opérations sont décontaminés afin de les amener à des niveaux de radioactivité acceptables au plan international, puis sont vendus.

BESOINS EN URANIUM

L'Afrique du Sud ne possède qu'une centrale nucléaire, celle de Koeberg. Cette centrale comporte deux réacteurs : Koeberg I, mis en service en 1984, et Koeberg II qui a été couplé au réseau en 1985. Conjointement, ces réacteurs consomment 200 t d'U par an.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

Les besoins intérieurs en uranium de l'Afrique du Sud sont couverts par la production des mines de ce pays.

Puissance nucléaire installée jusqu'en 2010

La centrale de Koeberg a une puissance installée de 1 842 MWe. Des sites susceptibles d'accueillir d'autres centrales nucléaires ont été identifiés, mais il n'est pas prévu de construire de futures centrales, étant donné l'excédent actuel de puissance installée des centrales classiques alimentées au charbon.

Besoins annuels en uranium des centrales nucléaires jusqu'en 2010

Les besoins en uranium des réacteurs de la centrale de Koeberg devraient demeurer constants, représentant 200 t d'U par an. Aucune nouvelle centrale nucléaire n'étant prévue, les besoins de l'Afrique du Sud devraient se maintenir à ce niveau jusqu'en 2010.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Les politiques nationales de l'Afrique du Sud visant la production et l'exportation de l'uranium sont exposées dans la Loi de 1993 sur l'énergie nucléaire (*Nuclear Energy Act, 1993*), modifiée. Nul n'est autorisé à mener des activités de prospection ou d'extraction de l'uranium sans la permission du Ministre des affaires minières et énergétiques (*Minister of Mineral and Energy Affairs*). Cette permission ne peut être refusée que si le Ministre est convaincu que le fait d'accorder au demandeur la permission de donner suite à ses projets est de nature à menacer la sécurité de l'État.

Aucune restriction n'est imposée à la participation d'intérêts étrangers à la prospection et à l'extraction de l'uranium, les activités menées par des entreprises étrangères étant soumises aux mêmes prescriptions légales que celles applicables aux sociétés sud-africaines. Dans la pratique, la prospection et l'exploitation minière de l'uranium sont régies par les lois et règlements d'application générale pour les activités minières.

L'État n'entreprend pas d'activités de prospection, mais il limite son action à des travaux généraux de recherche, à l'évaluation des ressources nationales, à la cartographie géologique, aux levés aéroportés ainsi qu'aux études hydrogéologiques, géochimiques et géophysiques régionales.

La Loi sur l'énergie nucléaire stipule également que nul ne peut céder de l'uranium ou en exporter hors de l'Afrique du Sud, si ce n'est avec l'autorisation du Ministre. Dans l'exercice de ce contrôle, le Ministre est tenu de consulter la Société de l'énergie atomique (AEC) d'Afrique du Sud, dont les membres représentent divers intérêts nationaux, notamment ceux du secteur des mines d'uranium. En pratique, les fonctions dévolues au Ministre sont exercées par le président de l'AEC.

• Allemagne •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les faits marquants figurent dans l'édition de 1991 du Livre rouge.

Activités récentes et en cours

Au cours des années 1995 et 1996, il n'y a pas eu d'activités de prospection en Allemagne, et le gouvernement fédéral n'intervient pas dans les projets de prospection de l'uranium à l'étranger. Toutefois, des compagnies minières allemandes privées ont poursuivi leurs activités de prospection au Canada. La société Uranerz est engagée dans des projets de prospection par l'intermédiaire de sa filiale canadienne Uranerz Exploration and Mining (UEM), en Saskatchewan. Les activités d'Urangesellschaft sont menées par la société Cogéma Resources Inc.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM À L'ÉTRANGER

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PRIVÉ :				
<i>(milliers de deutsche mark)</i>	4 366	4 102	4 760	6 755
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	2 646	2 951	3 111	4 358

RESSOURCES EN URANIUM

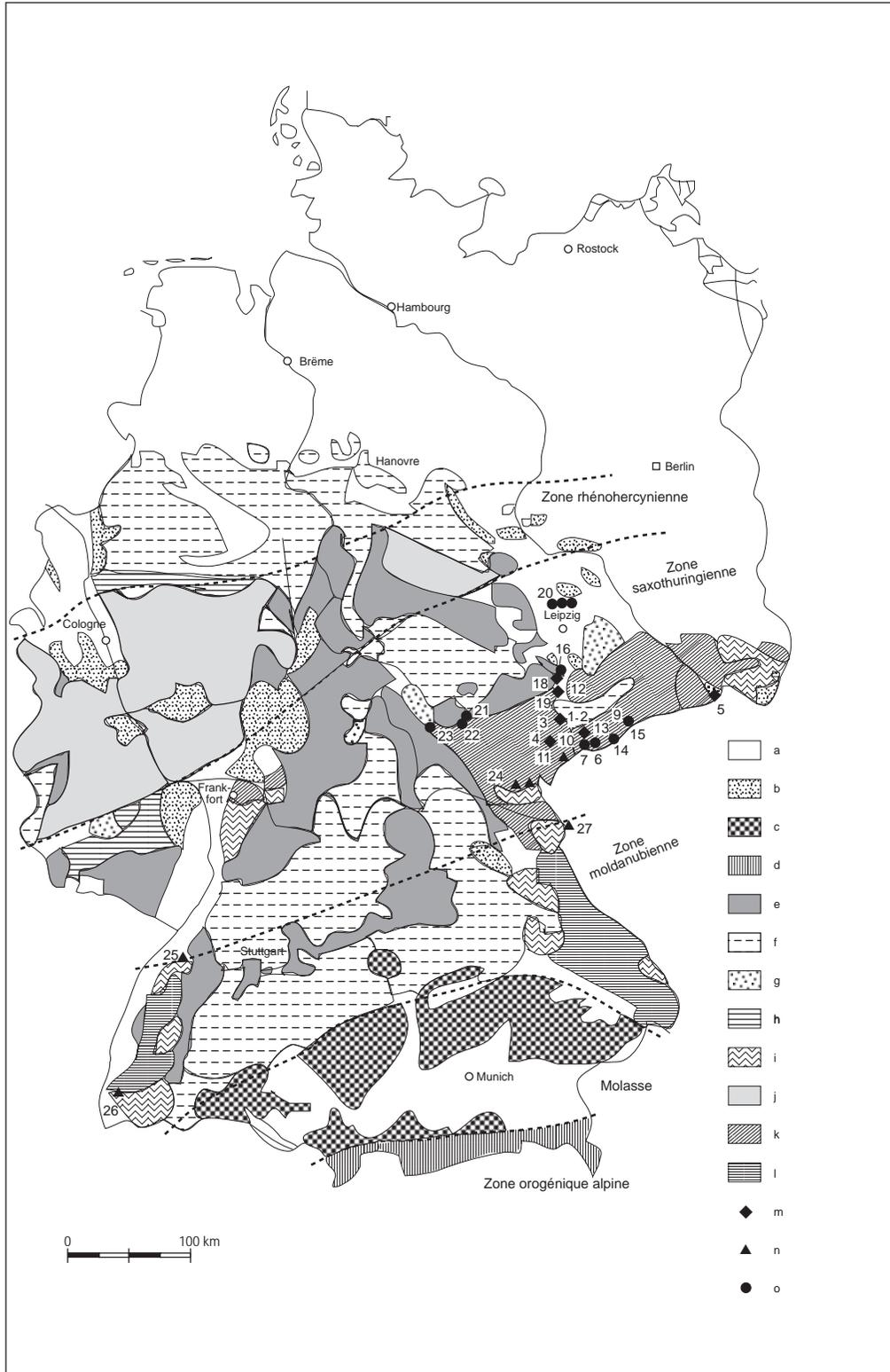
Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Suite à l'arrêt des activités d'extraction de l'uranium et à la fermeture de certains centres de production, les ressources classiques connues ont été réestimées en 1993. Les RRA et RSE-I sont passées de la tranche de coût inférieure à 80 \$/kg d'U à celle comprise entre 80 et 130 \$/kg d'U. Par ailleurs, on a pu noter une baisse générale des ressources classiques entrant dans la tranche de coût inférieure à 130 \$/kg d'U.

Les ressources classiques connues dans la tranche de coût supérieure à 130 \$/kg d'U sont les mêmes que celles indiquées dans l'édition de 1991 du Livre rouge.

Les ressources classiques connues se trouvent principalement dans des mines fermées qui sont en cours de déclassement. Leur disponibilité future reste incertaine.

Gisements et indices uranifères en République fédérale d'Allemagne



LÉGENDE

I GÉOLOGIE

- a. Quaternaire
- b. Tertiaire
- c. Molasse alpine (Tertiaire)
- d. Zone orogénique alpine (Mésozoïque)
- e. Grès datant du Mésozoïque
- f. Mésozoïque
- g. Roches volcaniques datant du Permien (rhyolites)
- h. Permo-Carbonifère
- i. Granites varisques
- j. Zone rhéno-hercynienne (Paléozoïque)
- k. Zone saxo-thuringienne (métamorphique)
- l. Zone moldanubienne (métamorphique)
- m. Gisements renfermant > 5 000 tonnes d'uranium
- n. Gisements renfermant de 500 à 5 000 tonnes d'uranium
- o. Indices d'uranium

II GISEMENTS ET INDICES D'URANIUM

- 1 Ronneburg, Thuringe
- 2 Schlema, Saxe
- 3 Culmitzsch-Sorge-Gauern, Thuringe
- 4 Zobes, Saxe
- 5 Königstein, Saxe
- 6 Tellerhäuser, Saxe
- 7 Johannegeorgenstadt, Saxe
- 8 Freital, Saxe
- 9 Annaberg, Saxe
- 10 "Weisser Hirsch" (Antonsthal), Saxe
- 11 Schneckenstein, Saxe
- 12 Hauptmannsgrün-Neumark, Saxe
- 13 Rittergrün, Saxe
- 14 Bärenstein, Saxe
- 15 Marienberg, Saxe
- 16 Zeitz-Baldenhain, Thuringe
- 17 Prehna, Thuringe
- 18 Untitz, Thuringe
- 19 Gera-Süd, Thuringe
- 20 Serbitz, Kyhna-Schenkenberg et Werben, Saxe
- 21 Rudolfstadt, Thuringe
- 22 Dittrichshütte, Thuringe
- 23 Schleusingen, Thuringe
- 24 Grossschloppen, Bavière
- 25 Müllensbach, Bade-Wurtemberg
- 26 Menzenschwand, Bade-Wurtemberg
- 27 Mähring-Poppenreuth, Bavière

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Suite à une réévaluation, l'ensemble des RSE-II a été classé dans la tranche de coût supérieure à 130 \$/kg d'U. Une faible partie de ses ressources, non encore estimée, pourrait éventuellement être récupérée à un coût compris entre 80 et 130 \$/kg d'U.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

Un historique de la production d'uranium figure dans l'édition de 1991 du Livre rouge.

État de la capacité théorique de production

Il n'existe aucune production commerciale d'uranium en Allemagne. Toutefois, on estime à 30 t d'U la quantité d'uranium récupérée à la suite d'opérations de remise en état en 1997.

Deux centres de production, ceux de Ellweiler et de Crossen, ont été fermés définitivement en 1989. Les deux usines seront démantelées et les terrains seront remis en état. À l'usine de Seelingstädt, en Thuringe, certaines parties restent en activité pour le traitement des boues résultant d'activités souterraines de lixiviation à la mine de Königstein (Saxe). Depuis 1992, la production provient d'opérations de remise en état de la mine de Königstein.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Aucune modification n'a été enregistrée dans la structure de la propriété dans le secteur de l'uranium en Allemagne depuis les modifications consignées dans l'édition de 1993 du Livre rouge. Parmi ces modifications figuraient la fusion d'Uranengesellschaft et d'Interuranium en 1992 sous la dénomination d'Uranengesellschaft et, la même année, la prise d'une participation de 69,4 pour cent dans Uranengesellschaft par la Cogéma. En outre, Steag et Preussenelektra détiennent chacune 10,3 pour cent d'Uranengesellschaft, tandis que Badenwerk et EVS en possèdent chacune 5 pour cent. Rien n'a changé en ce qui concerne Uranerzbergbau dont Rheinbraun et Preussag Energy Co. détiennent chacune 50 pour cent.

Emploi dans le secteur de l'uranium

La totalité du personnel actuel de la société Wismut est affectée à des travaux de déclassement et de remise en état. À la fin de 1996, l'effectif de cette la société comptait 4 200 personnes, alors qu'il était de 4 400 à la fin de 1995 et de 4 613 à la fin de 1994.

Centres de production futurs

Aucun nouveau centre de production n'est prévu en Allemagne.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Entre 1946 et 1990, des activités d'extraction et de traitement du minerai d'uranium ont été menées en Allemagne, dans la partie orientale du pays (ex-RDA) par une société mixte germano-soviétique, la *Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft Wismut* (SDAG Wismut). Dans la partie occidentale, seules des activités limitées d'extraction et de traitement ont eu lieu. Comme tous les sites qui sont situés dans la partie occidentale ont été déclassés et remis en état avant 1992, les activités de dépollution exécutées depuis 1991 sont menées pour l'essentiel dans la partie orientale du pays.

Les activités d'extraction et de traitement de l'uranium entreprises par la société SDAG Wismut ont entraîné d'importants travaux d'aménagement dans la mesure où environ 216 000 t d'U ont été produites à partir des nombreuses mines, tant à ciel ouvert que souterraines. La zone affectée par les activités de production de l'uranium couvre une superficie totale d'environ 240 km², située principalement dans la partie montagneuse des monts Erzgebirge et en Thuringe orientale.

Le volume cumulé de minerai traité entre 1949 et 1990 est estimé à environ 240 millions de tonnes. De plus, on a extrait et accumulé à proximité des mines environ 760 millions de tonnes de stériles.

Pendant la période d'exploitation, des activités limitées de remise en état ont été menées, surtout pour éviter des incidences immédiates sur les zones habitées. Les sites de mines abandonnées ont été restitués aux autorités locales, mais les travaux de remise en état ont été limités.

En 1991, immédiatement après la réunification de l'Allemagne, un programme a été lancé pour évaluer les activités de dépollution nécessaires. La société SDAG Wismut a été chargée de remettre en état les zones qui lui appartenaient encore (37 km²). Cette société a elle-même été transformée en SARL (GmbH), détenue à 100 pour cent par l'État fédéral, représenté par le Ministère de l'économie. Les dépenses de déclasserement et de remise en état sont imputées au budget fédéral.

Les régions situées à l'extérieur des zones minières ont été confiées à l'Office fédéral de radioprotection (*Bundesamt für Strahlenschutz – BfS*) pour qu'il évalue les incidences sur l'environnement des activités passées d'extraction et de traitement. Ces régions couvrent environ 1 500 km² et comportent quelque 5 000 sites de mines abandonnées, y compris des mines d'argent exploitées au Moyen-Âge, des mines de métaux non précieux et des mines d'uranium fermées plus récemment. À la suite d'une enquête approfondie, il a été établi que de travaux complémentaires de recherche et de décontamination étaient nécessaires sur une superficie d'environ 250 km² ; il seront exécutés par les autorités locales.

Dans la zone que détient actuellement à la société SDAG Wismut, un certain nombre d'activités de déclasserement et de remise en état sont en cours portant notamment sur :

1. *La mine à ciel ouvert Lichtenberg :*

Cette mine à ciel ouvert, occupant une superficie d'environ 1,6 km², est située près de la ville de Ronneburg. Pendant la période d'exploitation, environ 160 millions de m³ ont été creusés jusqu'à une profondeur d'environ 200 m. Par la suite, la mine à ciel ouvert a été partiellement comblée à l'aide de 80 millions de m³ environ de stériles provenant de mines

souterraines. À l'heure actuelle, une partie des quelque 100 millions de m³ de stériles accumulés aux alentours de Ronneburg a servi à remblayer la mine à ciel ouvert.

Il faut une surveillance des eaux souterraines car l'inondation des mines souterraines adjacentes aura des répercussions sur la remise en état de ces mines ainsi que de celle à ciel ouvert.

2. *Les mines souterraines :*

Pendant l'exploitation minière, environ 1 400 km de galeries et de puits ont été forés sur l'ensemble des nombreux sites. Un remblayage contrôlé, des serremments souterrains et d'autres mesures sont nécessaires pour restaurer les sites en toute sécurité. En outre, une surveillance continue des eaux souterraines est requise après noyage de ces mines.

3. *Les déblais de stériles :*

Pendant l'exploitation des mines souterraines, on a retiré environ 300 millions de m³ de matériaux, dont environ 150 millions de m³ de minerai expédiés vers les usines de traitement. Dans le seul district minier d'Aue, quelque 45 millions de m³ de stériles ont été accumulés sur 40 sites différents, situés pour la plupart à proximité de zones habitées. Leur stabilisation, remodelage, recouvrement et remise en végétation sont en majeure partie déjà achevés.

4. *Les stériles d'usines de traitement :*

Deux importantes usines, respectivement situées à Crossen, près de Zwickau, et à Seelingstädt, près de Ronneburg, et un certain nombre d'usines plus petites ont été exploitées.

Le bassin de résidus de l'usine de Crossen, d'une superficie d'environ 2 km², contient quelque 45 millions de m³ de résidus et quelque 6 millions de m³ d'eau.

Les deux bassins de résidus de l'usine de Seelingstädt, couvrant une superficie de 3,4 km², renferment un volume total de 107 millions de m³ de résidus.

Les deux sites sont en cours de remise en état par drainage et recouvrement par des mort terrains.

D'importants programmes de surveillance seront nécessaires pour contrôler les effluents des bassins de résidus et pour prévenir toute contamination de la région avoisinante (eaux souterraines, eaux de surface, prévention des émissions de poussières et des émanations de radon).

5. *La mine Königstein exploitée par lixiviation in situ :*

À Königstein, la lixiviation souterraine du minerai a été pratiquée à l'achèvement de l'exploitation minière par des méthodes classiques. En 1991, lorsque la décision a été prise de fermer la mine, des sections du corps minéralisé ont été préparées en vue d'une lixiviation à l'acide sulfurique. Un programme de déclassement progressif est en cours, produisant toujours de faibles quantités d'uranium (30 à 40 t d'U par an). Le déclassement final et la remise en état du site se poursuivront pendant quelques années. Comme le site est proche de

l'Elbe et de la région fortement peuplée de Dresde (ville d'environ 500 000 habitants, située à quelque 30 km en aval), il faudra envisager des mesures préventives visant les eaux souterraines et de surface. Par conséquent, le coût total du déclassement et de la remise en état est estimé à environ 2.3 milliards de deutsche mark (DM).

Les coûts totaux de déclassement et de remise en état de l'ensemble des sites appartenant à la société SDAG Wismut ont été estimés à 13 milliards de DM et la réalisation de ces travaux devrait prendre environ 15 ans.

Quelque 5 milliards de DM ont déjà été dépensés entre 1991 et 1996. Ces dépenses sont en majeure partie relatives à la réhabilitation des sites autour de Ronneburg où un certain nombre de mines profondes (atteignant 1 000 m) ont été exploitées, où la mine à ciel ouvert de Lichtenberg doit être remblayé et où il faut retirer des matériaux contaminés. Les dépenses dans cette région ont été estimées à 4,3 milliards de DM. En outre il faudra environ 3,2 milliards de DM pour le site de l'usine de Seelingstädt, située à proximité.

Les détails du programme de remise en état sont présentés dans les publications N°335 et 370 du Ministère fédéral de l'économie (BMW) ou peuvent être obtenus directement en s'adressant à la société SDAG Wismut.

BESOINS EN URANIUM

Aucun changement significatif n'est intervenu par rapport aux précédentes éditions du Livre rouge en ce qui concerne la situation du parc nucléaire et donc les besoins futurs en uranium restent les mêmes.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

La stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement n'a pas changé.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

La participation de sociétés privées et/ou étrangères aux activités de prospection, de production et de commercialisation de l'uranium n'est soumise à aucune restriction pour autant que celles-ci s'exercent conformément aux lois en vigueur.

À la fin de 1990, le gouvernement a cessé de subventionner la prospection de l'uranium.

PRIX DE L'URANIUM

Se reporter aux informations émanant de l'Agence d'approvisionnement d'Euratom.

• Argentine •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les activités de prospection de l'uranium en Argentine ont débuté en 1951-1952. Le gisement de Huemul, du type lié à des grès, a été découvert en 1954, lors d'une campagne de prospection de minéralisations cuprifères de type couche rouge. Le district de Tonco, comprenant les gisements de Don Otto et de Los Berthos renfermés dans des grès, a été décelé grâce à des levés géophysiques aéroportés effectués en 1958. Vers la fin des années 50 et au début des années 60, des levés aéroportés ont également conduit à la découverte, en Patagonie, du gisement de Los Adobes qui est lié à des grès.

Au cours des années 60, les activités de prospection par levés terrestres ont permis de découvrir les gisements de type filonien de Schlagintweit et de La Estela dans des formations granitiques. Les ressources renfermées dans ces gisements ont ensuite été extraites respectivement dans les centres de production de Los Gigantes et de La Estela. En 1968, le gisement du Dr. Baulies, renfermé dans des sédiments volcanoclastiques, a été découvert par levé aéroporté dans le district de la Sierra Pintada dans la province de Mendoza.

Au cours des années 70, la poursuite des travaux d'exploration à proximité des indices uranifères découverts auparavant en Patagonie, ont permis de localiser deux nouveaux gisements renfermés dans des grès, à Cerro Condor et Cerro Solo. Un levé aéroporté effectué en 1978 en Patagonie a contribué à la découverte des petits gisements de Laguna Colorado renfermés dans des formations volcaniques.

Au cours des années 80, un levé aéroporté exécuté sur des terrains granitiques a permis de mettre en évidence un certain nombre d'importantes anomalies radiométriques. Parmi celles-ci, quelques unes situées au-dessus du batholite d'Achala ont été retenues en vue d'investigations complémentaires qui ont permis de repérer plusieurs minéralisations de type filonien, au nombre desquelles figurent celles qui prolongent les gisements de Schlagintweit et de La Estela. Ultérieurement, en 1986, la minéralisation de type filonien de Las Termas a été localisée par des activités de prospection au sol. À la fin des années 80, un programme de prospection a été lancé dans l'ensemble du pays en vue d'évaluer les unités géologiques qui sont considérées comme susceptibles de renfermer de l'uranium.

En 1990, un programme de prospection par sondage a été entrepris en vue de poursuivre la prospection du gisement de Cerro Solo en Patagonie. Des forages qui, à la fin de 1996, atteignaient plus de 52 000 m, ont été pratiqués afin d'évaluer le potentiel des portions de la structure de paléochenaux favorables à la présence d'uranium. Ces travaux ont permis de délimiter plusieurs corps minéralisés supplémentaires renfermant des ressources représentant plusieurs milliers de tonnes. Parallèlement à ces travaux, on a poursuivi l'évaluation de certaines unités géologiques favorables à la présence d'uranium, de même que la prospection de la minéralisation de Las Termas.

Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, les activités de prospection se sont poursuivies à l'échelle tant régionale que locale.

Dans le cadre des études régionales, le traitement des données géophysiques obtenues à partir des levés aéroportés exécutés au-dessus de certaines zones de Patagonie (100 000 km²) et de Cordoba (42 000 km²) a été achevé. L'évaluation régionale du potentiel uranifère des unités géologiques favorables à la présence d'uranium s'est également poursuivie.

Les investigations locales ont porté sur la poursuite de l'évaluation du gisement de Cerro Solo, où des forages représentant 16 300 m ont permis de localiser des ressources supplémentaires et de reclasser des ressources dans des catégories à un degré de certitude supérieur. En plus de ces investigations, des travaux au sol ont été effectués en vue de parfaire l'évaluation de portions du paléochenal de Cerro Solo.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET STATISTIQUES DE SONDRAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES TOTALES*				
(milliers de pesos)	700	950	700	1 100
(milliers de dollars des États-Unis)	700	950	700	1100
Sondages superficiels exécutés par le secteur public (mètres)	2 300	7 900	8 300	4 500
Nombre de trous de sondage forés par des organismes publics	16	82	97	30

* À l'exclusion des salaires connexes.

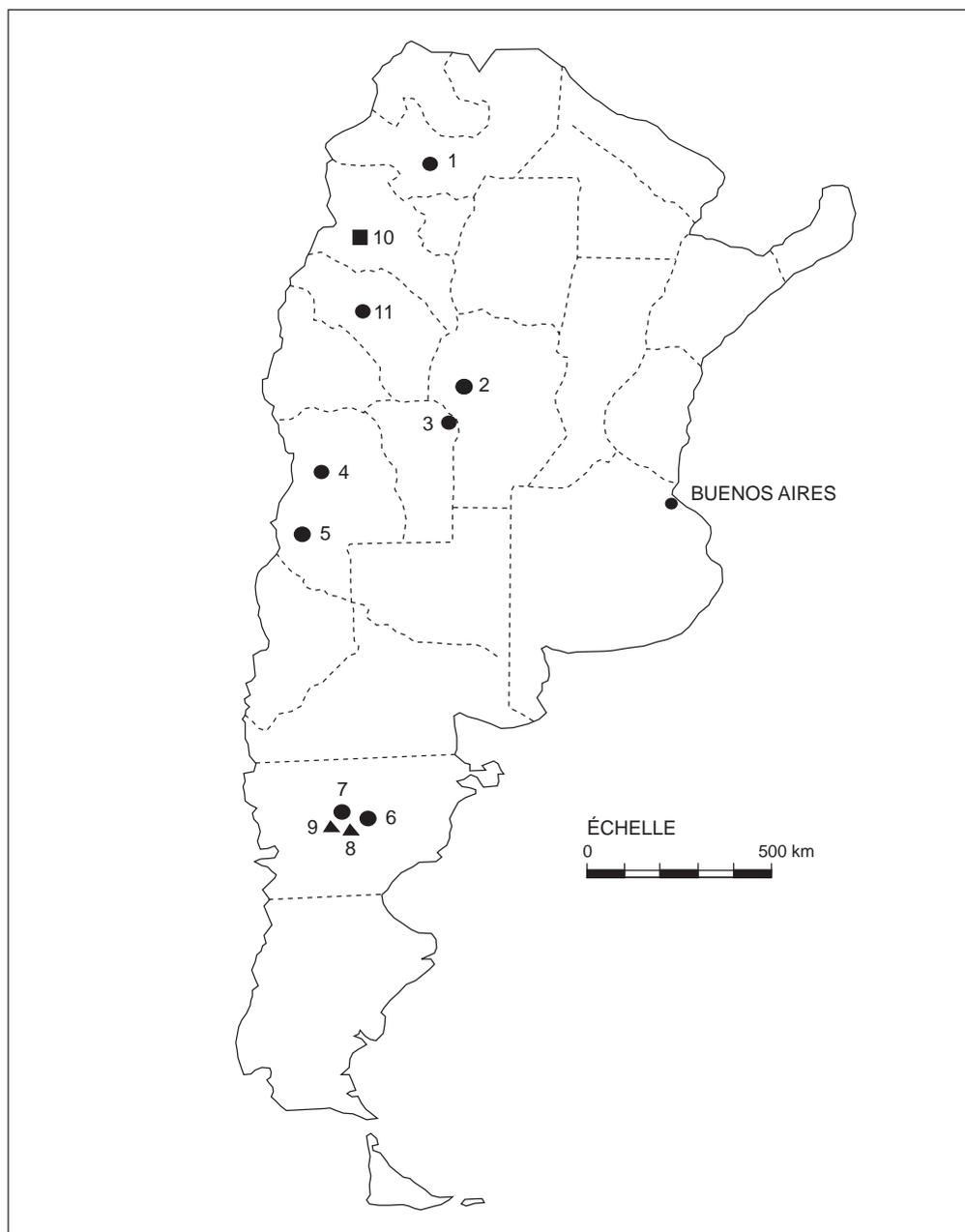
RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I)

Les ressources connues de l'Argentine entrant dans les catégories des RRA et des RSE-I récupérables à un coût inférieur à 130 \$/kg d'U s'élevaient à 11 950 t d'U au 1er janvier 1997. Ces estimations de ressources ont été effectuées récemment et représentent les ressources nettes au 1er janvier 1997, déduction faite de la production passée.

L'estimation de tonnage pour 1997 comprend 8 840 t d'U dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U dont 4 620 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U. Comparés à ceux de 1995, ces chiffres accusent une augmentation de 3 190 t d'U, dont 1 220 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U. Cette évolution est principalement imputable à la reclassification de certaines ressources de l'exploitation minière de la Sierra Pintada et du gisement de Cerro Solo. Il n'a pas été indiqué de ressources récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U.

Gisements d'uranium en Argentine



- ✕ En exploitation ; usine de traitement
- Épuisé
- En cours de reconnaissance
- ▲ Prospection

1. Don Otto (grès)
2. Schlagintweit (filonien)
3. La Estela (filonien)
4. Dr. Baulies
(volcanoclastique)
5. Huemul (grès)
6. Los Adobes (grès)

7. Cerro Condor (grès)
8. Cerro Solo (grès)
9. Laguna Colorada
(volcanoclastique)
10. Las Termas (filonien)
11. Los Colorados

On estime que les RSE-I s'élèvent à 3 110 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 130 \$/kg d'U dont 900 t d'U dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U. Ces chiffres représentent une baisse mineure de 140 t d'U par rapport aux estimations de 1995 correspondant principalement au reclassement de certaines ressources du gisement de Cerro Solo dans la catégorie des RRA.

Au total, 43,5 pour cent des ressources connues de l'Argentine récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U sont tributaires de centres de production existants ou commandés.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

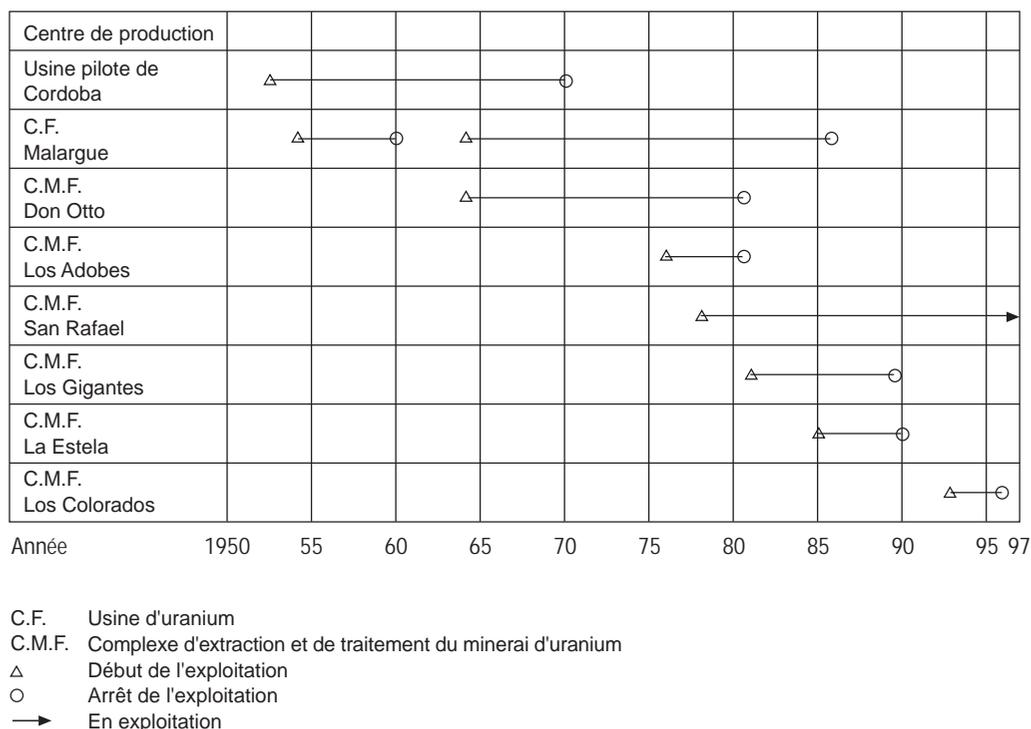
En terme de ressources récupérables, les RSE-II de l'Argentine récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U s'élevaient à 1 100 t d'U au total au 1er janvier 1997, contre 200 t d'U au 1er janvier 1995. L'Argentine ne fait pas état de ressources spéculatives.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

L'Argentine produit de l'uranium depuis le milieu des années 50. Au total, sept centres de production à l'échelle industrielle ont été en service à différentes époques. En outre, une installation pilote a fonctionné entre 1953 et 1970. La Figure 1 indique le calendrier détaillé de l'activité de tous les centres argentins de production d'uranium.

Figure 1. Récapitulatif historique des centres de production de concentrés d'uranium en Argentine



Le complexe de la mine et de l'usine de Los Colorados, situé dans la province de La Rioja, a été fermé à la fin de 1995. Ce complexe, entré en service en 1993, appartenait à Uranco S.A., société privée, qui en assurait l'exploitation. Le minerai, extrait d'un petit gisement gréseux situé dans cette zone, était traité dans l'usine de récupération par échange d'ions réinstallée sur ce site après la fermeture du centre de La Estela. La capacité nominale annuelle de production de l'usine de Los Colorados était de 30 t d'U.

La fermeture du complexe de Los Colorados qui était une entreprise appartenant à des intérêts privés, a modifié la structure de la propriété de la production d'uranium en Argentine. Depuis 1996, l'industrie minière de l'uranium est entièrement contrôlée par la CNEA, organisme public.

État de la capacité théorique de production

À l'heure actuelle, le seul centre de production en exploitation est l'installation de San Rafael. Sa capacité théorique de production annuelle est de 120 t d'U environ. On trouvera, récapitulés dans le tableau qui suit, les détails techniques du complexe de la mine et de l'usine de San Rafael.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

Nom du centre de production	Complejo Minero Fabril San Rafael
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	Septembre 1979
Source de minerai : • Nom du gisement • Type de gisement	Sierra Pintada Volcanoclastique
Exploitation minière : • Type • Tonnage (tonnes de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	À ciel ouvert 700 n.d.
Installation de traitement : • Type • Tonnage (tonnes de minerai/j) • Capacité moyenne de traitement (<i>t d'U/an</i>)	Échange d'ions 700 83
Capacité nominale de production (<i>t d'U/an</i>)	120
Projets d'agrandissement	n.d.

Emploi dans le secteur de l'uranium

Le niveau de l'emploi continue de baisser dans l'industrie de l'uranium en Argentine. Les effectifs qui, en 1980, étaient d'environ 450 personnes, sont tombés à 100 en 1996. Une nouvelle réduction à 80 personnes est prévue en 1997.

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	Prévisions 1997
180	120	100	80

Projection de la capacité théorique de production à court terme

L'Argentine ne communique pas de projections relatives à la capacité théorique de production au-delà de l'an 2000. Le tableau qui suit résume les données disponibles.

CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (*tonnes d'U/an*)

1997				1998				2000			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	120	120	0	0	120	120	0	0	120	120

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Des accords contractuels prévoyant la réhabilitation du terrain occupé par l'usine déclassée de Malargüe ont été passés entre le Gouvernement de l'Argentine (en tant que propriétaire de la société ayant l'usine) et la province de Mendoza (en tant que propriétaire des terrains). La CNEA a dû ainsi déboursier environ 12 millions de dollars pour assainir et remettre en état la zone préalablement occupée par l'usine. En outre, un projet visant la restitution du terrain occupé par le complexe, actuellement fermé, de la mine et de l'usine de Los Gigantes est à l'étude.

BESOINS EN URANIUM

Les besoins de l'Argentine en uranium au-delà de l'an 2000 dépendront de la date d'achèvement de la tranche II de la centrale nucléaire d'Atucha qui n'est pas connue avec certitude. Les renseignements actuellement disponibles sur la puissance nucléaire installée et les besoins connexes en uranium sont résumés dans les tableaux suivants.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (*MWe nets*)

1996	1997	2000	2005	2010	2015
940	940	940	n.d.	n.d.	n.d.

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (*tonnes d'U*)

1996	1997	2000	2005	2010	2015
150	150	150	n.d.	n.d.	n.d.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

La législation nucléaire récemment approuvée prévoit la privatisation des centrales nucléaires qui appartiennent actuellement à la CNEA. Dans cette hypothèse, les besoins en uranium augmenteront dans la mesure où l'acquéreur des deux centrales nucléaires qui sont actuellement en exploitation, devra aussi s'engager à achever la construction de la troisième tranche, celle d'Atucha II, et à la mettre en service.

La stratégie adoptée par la CNEA en matière d'approvisionnements en uranium a consisté à profiter du faible niveau des prix de l'uranium pour réduire au minimum la part fournie par la production nationale. Sur la base de cette stratégie, environ 100 t d'U/an sont achetées sur le marché au comptant. Cette stratégie devrait être maintenue jusqu'à ce que la situation du marché de l'uranium se modifie.

STOCKS D'URANIUM

À la fin de 1996, l'ensemble des stocks d'uranium détenus par le Gouvernement fédéral s'élevait à 188 t d'U sous forme de concentrés d'uranium.

PRIX DE L'URANIUM

Les informations relatives aux prix de l'uranium ne sont pas disponibles.

• Australie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique¹

On peut distinguer deux grandes périodes dans la prospection de l'uranium en Australie : de 1947 à 1961 et de 1966 à aujourd'hui, séparées par une période de quasi arrêt des efforts de prospection.

De 1947 à 1961, le Gouvernement australien a adopté des mesures visant à encourager la prospection, notamment un système de primes à la découverte de minerai d'uranium. On a alors assisté à une activité intense dans la plupart des régions minéralisées de l'Australie ; les recherches étaient essentiellement menées par des prospecteurs individuels équipés de compteurs Geiger, qui ont été à l'origine de nombreuses découvertes. Plusieurs des gisements localisés au cours de cette période ont été exploités, les plus importants étant ceux de Mary Kathleen et de Rum Jungle.

En raison du déclin brutal de la demande, la prospection de l'uranium a, pour ainsi dire, été inexistante entre 1961 et 1966.

La seconde phase de prospection de l'uranium en Australie, qui va de 1966 à nos jours, s'est traduite par une augmentation des RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U, qui sont passées de 6 200 t d'U en 1967 à 622 000 t d'U en 1996. Les activités de prospection ont, pour la plupart, été entreprises par des sociétés disposant d'importants budgets de recherche et utilisant des techniques géologiques, géochimiques et géophysiques de pointe. Plusieurs découvertes importantes ont été réalisées grâce à des levés aéroportés effectués au moyen de spectromètres gamma multi-canaux. Parmi les principaux gisements d'uranium mis à jour au cours de cette seconde phase d'exploration figurent :

des gisements liés à la discordance datant du Protérozoïque :

- district uranifère d'Alligator Rivers : Ranger (1969)², Nabarlek (1970), Koongarra (1970), Jabiluka (1971)
- province de Paterson : Kintyre (1985)

un gisement dans un complexe bréchrhique :

- plateau continental de Stuart : Olympic Dam (1975)

1. Pour un résumé de l'historique de la prospection d'uranium en Australie, voir I. Lambert, A. McKay et Y. Miezitis (1996) *Australia's Uranium Resources: Trends, Global Comparisons and New Developments*, Canberra, Bureau of Resource Sciences.

2. L'année de la découverte est indiquée entre parenthèses.

des gisements superficiels :

- gîtes de calcrète dans le massif de Yilgarn : Yeelirrie (1971), Lake Way (1972), Lake Maitland (1972)

des gisements gréseux :

- district uranifère de la baie de Frome : Beverley (1970), East Kalkaroo (1971), Honeymoon (1972)
- Westmoreland/Pandanus Creek : Junnagunna (1976)
- Bassin de Ngalia : Bigrlyi (1970), Walbiri (1970)
- Bassin de l'Amadeus : Angela (1973), Pamela (1973)
- Bassin de Carnarvon : Manyingee (1974)
- Bassin d'Officer : Mulga Rock (1978)

des gisements volcaniques :

- district de Georgetown/Townsville : Maureen (1971), Ben Lomond (1976)

Activités récentes et en cours

Les dépenses de prospection de l'uranium en Australie, exprimées en dollars australiens courants, sont passées entre 1980 et 1994 de 35 millions (soit 86,5 millions de dollars australiens de 1995) à 6,77 millions (soit 7 millions de dollars australiens de 1995). Ce déclin est imputable à de nombreux facteurs, parmi lesquels on peut citer la chute progressive des prix au comptant et contractuels de l'uranium au cours de la période et les effets de la politique des « trois mines » de l'ancien gouvernement. Depuis l'abandon, en mars 1996, de cette politique par le gouvernement de coalition Libéral-National, une reprise des activités de prospection de l'uranium est intervenue. Les dépenses de prospection de l'uranium se sont élevées à 8,26 millions de dollars australiens en 1995 et à 14,92 millions de dollars australiens en 1996. Cette augmentation s'explique également en partie par de meilleures perspectives sur le marché. En 1995 et 1996, on dénombrait respectivement 17 et 13 projets de prospection en cours.

DÉPENSES DE PROSPECTION ET ACTIVITÉS DE FORAGE SUR LE TERRITOIRE NATIONAL

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PRIVÉ :				
<i>(milliers de dollars australiens)</i>	6 670	8 260	14 920	n.d.
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	4 904	5 943	11 842	n.d.
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé (mètres)	12 375	16 133	19 293	n.d.
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	non connu	non connu	non connu	n.d.

En 1995 et 1996, les principales régions ayant fait l'objet de travaux de prospection de l'uranium comprenaient :

- la Terre d'Arnhem (Territoire du Nord) où les activités de prospection visant les gisements liés à des discordances se sont poursuivies, portant sur les métasédiments du Paléoprotérozoïque situés sous une épaisse couverture de grès de Kombolgie ;
- la province de Paterson (Australie occidentale) où les activités de prospection se sont poursuivies sur les métasédiments du Paléoprotérozoïque du complexe métamorphique de Rudall, qui renferme le corps minéralisé de Kintyre ;
- la zone de Westmoreland (nord-ouest du Queensland) où les activités de prospection se sont poursuivies sur des gisements de type gréseux dans les sédiments du Bassin de McArthur ;
- la zone d'Olympic Dam (Australie méridionale) où les forages de prospection se sont poursuivis le long de la bordure méridionale du gisement d'Olympic Dam.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Entre le 1er janvier 1995 et le 1er janvier 1997, les changements suivants sont intervenus dans les estimations des ressources en uranium de l'Australie entrant dans les catégories des RRA et des RSE-I :

- les RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U ont diminué de 11 000 t d'U ;
- les RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U ont diminué de 18 000 t d'U ;
- les RRA récupérables à des coûts compris entre 80 et 130 \$/kg d'U ont augmenté de 16 000 t d'U ;
- les RSE-I récupérables à des coûts compris entre 80 et 130 \$/kg d'U ont augmenté de 4 000 t d'U.

Ces changements s'expliquent par :

- des réévaluations des ressources des corps minéralisés de Ranger No. 3, Koongarra et Olympic Dam. Les estimations les plus récentes pour ces corps minéralisés ont été calculées soit par les sociétés minières soit par le *Bureau of Resource Sciences* (BRS) de concert avec les sociétés minières ;
- les nouvelles données sur les taux de récupération métallurgique obtenus par l'usine de Ranger, qui ont été fournies par *Energy Resources of Australia Ltd* et qui ont modifié les estimations des ressources récupérables à partir des gisements de Ranger ;

- la production d'uranium à partir des mines de Ranger et d'Olympic Dam (8 687 t d'U au total en 1995 et 1996), qui a réduit d'autant les RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U.

Les ressources en uranium du gisement d'Olympic Dam contiennent du cuivre (co-produit), ainsi que de l'or et de l'argent (sous-produits).

Les chiffres de ressources en uranium communiqués par l'Australie dans les catégories des RRA et des RSE-I, ne tiennent pas compte de l'uranium récupérable comme sous-produit de l'extraction d'autres minéraux.

Les pertes anticipées en cours d'extraction et de traitement du minerai sont déterminées pour chaque gisement. Elles varient en fonction :

- des méthodes d'extraction utilisées (ou envisagées pour les gisements non encore exploités) ;
- des procédés métallurgiques employés (ou envisagées pour les gisements non encore exploités) ;
- de la minéralogie du minerai et de la gangue.

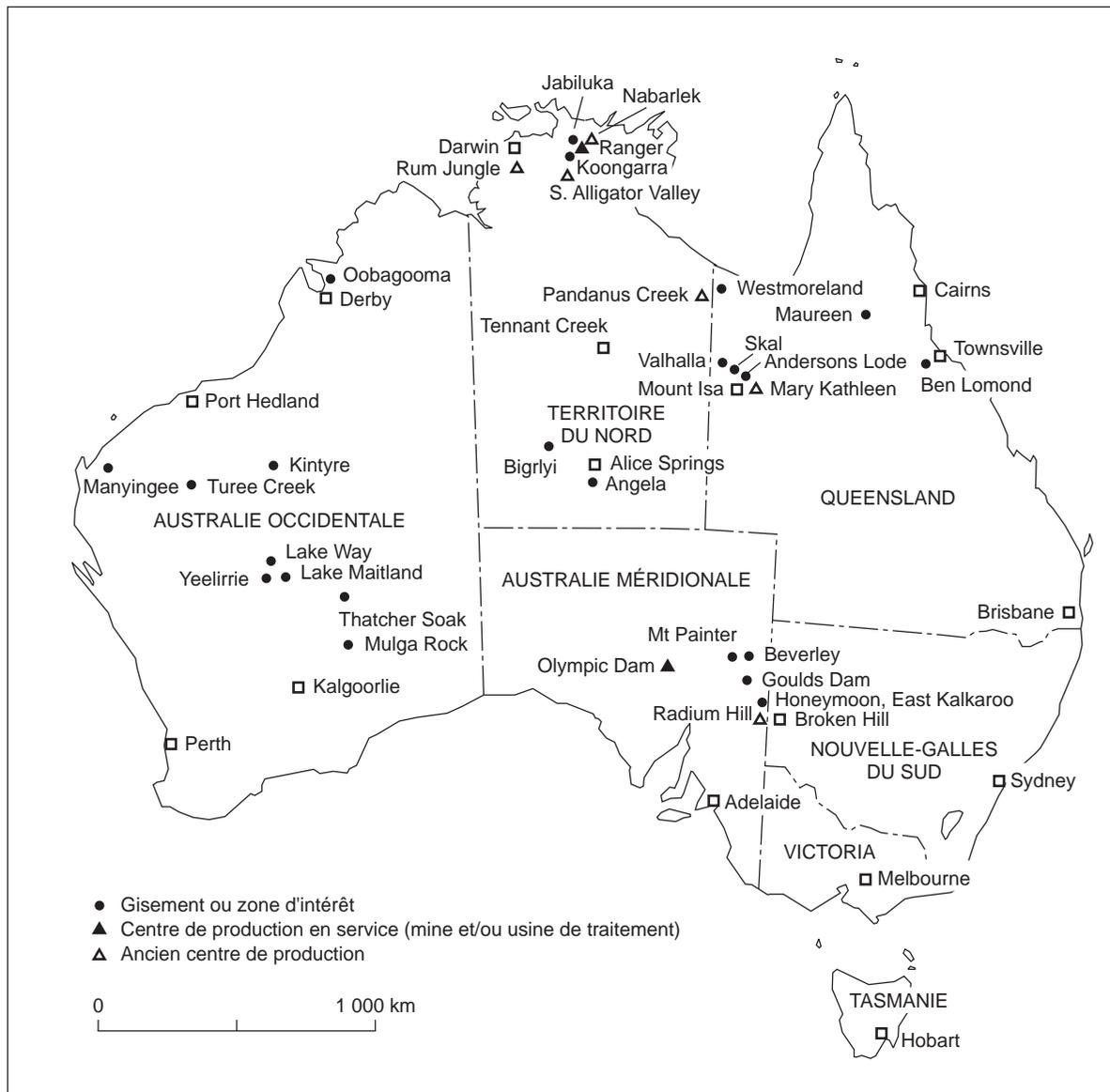
Dans le cas des mines de Ranger et d'Olympic Dam, les chiffres les plus récents communiqués par les sociétés exploitantes quant aux pertes en cours d'extraction et de traitement du minerai ont été utilisés pour calculer les ressources récupérables.

Le BRS établit une estimation de l'ensemble des ressources récupérables en uranium de l'Australie dans les catégories des RRA et des RSE-I au 31 décembre de chaque année. Dans le passé, le BRS (ou les organismes qui l'ont précédé) calculait les ressources pour chaque gisement à partir des données de sondage fournies par les sociétés, et additionnait ces estimations pour obtenir les ressources totales de l'Australie. Toutefois, ces dernières années, le personnel affecté à ces travaux a été réduit. Par conséquent, dans le cas des gisements actuellement prospectés ou en exploitation, le BRS soit accepte les estimations les plus récentes de la société, soit calcule les ressources de certains gisements conjointement avec l'exploitant.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les ressources en uranium entrant dans les catégories des RSE-II et des RS ne sont pas estimées en l'Australie.

Gisements d'uranium et zones d'intérêt en Australie



PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La production d'uranium en Australie a débuté en 1954. De 1954 à 1971, quelque 7 800 t d'U ont été produites en vue de l'exécution de contrats passés avec l'Autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni [*United Kingdom Atomic Energy Authority – UKAEA*] ou l'Agence conjointe de développement [*Combined Development Agency*], (organisme commun d'achats du Royaume-Uni et des États-Unis pour la défense). La production a essentiellement été assurée à partir de deux mines, Rum Jungle (Territoire du Nord) et Mary Kathleen (Queensland). Le reste provenait d'un certain nombre de petits gisements situés à South Alligator Valley (Territoire du Nord) et à Radium Hill (Australie méridionale). La production a cessé après que les tonnages requis pour honorer les contrats aient été extraits, sauf à Rum Jungle où elle s'est poursuivie jusqu'à épuisement des corps minéralisés, l'excédent par rapport aux tonnages faisant l'objet de contrats étant stocké.

La seconde phase de production d'uranium en Australie a débuté en 1976 avec la reprise de l'exploitation du gisement de Mary Kathleen. La production a démarré en juin 1980 à Nabarlek (Territoire du Nord), en août 1981 à Ranger (Territoire du Nord) et en septembre 1988 à Olympic Dam (Australie méridionale).

Sur le site de Nabarlek, l'exploitation minière s'est achevée en 1979 et le minerai extrait a été stocké en vue d'un traitement ultérieur. La production a cessé en 1988, après traitement de la totalité du stock.

État de la capacité théorique de production

On produit actuellement de l'oxyde d'uranium dans deux installations d'extraction et de traitement situées à Ranger et à Olympic Dam. En 1996, la production totale de l'Australie atteignait le niveau record de 4 975 t d'U (5 867 t d' U_3O_8), dont 3 509 t d'U à l'usine de Ranger et 1 466 t d'U à celle d'Olympic Dam. La production totale de 1996 a été supérieure de 34 pour cent à celle de 1995. Au complexe de Ranger, la continuité des opérations de concentration et de traitement du minerai a été rétablie en 1996 ce qui a eu pour effet d'accroître la production. La production a aussi augmenté au centre d'Olympic Dam, depuis l'achèvement du second projet d'optimisation au milieu de 1995 et par suite de l'amélioration des taux de récupération.

Complexe de Ranger

L'exploitation du puits à ciel ouvert de Ranger No. 1 a pris fin en décembre 1994 et la société *Energy Resources of Australia Ltd* (ERA) a déclaré que les stocks de minerai étaient suffisants pour assurer la poursuite des activités de traitement jusqu'à la fin de 1999. En août 1996, la société a commencé à évacuer des résidus de traitement dans le puits à ciel ouvert.

L'ERA possède deux gisements uranifères non exploités : le corps minéralisé de Ranger No. 3, qui jouxte l'usine de traitement de Ranger et le corps minéralisé de Jabiluka, qui est situé à 20 km au nord de l'usine sur une concession adjacente. En mai 1996, la société a reçu l'accord du Ministère des Mines et de l'Énergie du Territoire du Nord pour mettre en exploitation le corps minéralisé No. 3. Les

travaux d'aménagement de la mine à ciel ouvert ont commencé à la fin de 1996 et il est prévu que la production commence au milieu de 1997. Il a été prouvé que le corps minéralisé No. 3 contenait des réserves supplémentaires probables de 19,9 millions de tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 0,28 pour cent d' U_3O_8 , représentant 55 700 t d' U_3O_8 . Le corps minéralisé No. 3 se trouve à l'intérieur de la zone du projet de Ranger et a été inclus dès le départ dans l'étude relative aux incidences sur l'environnement de la mise en exploitation minière de la zone du projet de Ranger, à la suite de l'Enquête relative aux incidences sur l'environnement de l'uranium de Ranger.

La capacité de l'usine de Ranger, qui est actuellement de 3 500 t d' U_3O_8 par an, est en cours d'extension pour la porter à 5 000 t d' U_3O_8 par an. Les travaux d'agrandissement de l'usine devraient prendre fin au milieu de 1997 et coïncider avec le début de l'exploitation minière du corps minéralisé No. 3. Si le projet actuel de la société ERA de mettre en exploitation le corps minéralisé de Jabiluka est approuvé (ce qui permettrait de traiter le minerai de Jabiluka à l'usine de Ranger), la capacité de l'usine serait encore accrue pour atteindre environ 6 000 t d' U_3O_8 par an.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (*tonnes d'U contenu dans les concentrés*)

Méthodes de production	Total avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1996	Prévisions 1997
Exploitation classique						
• à ciel ouvert	56 399 (a)	1 240	2 550	3 509	n.d.	n.d.
• souterrain		968 (b)	1 162 (b)	1 466 (b)	n.d.	n.d.
TOTAL	56 399	2 208	3 712	4 975	67 294	NA

(a) Le total pour la période avant 1994 correspond à la production conjointe à partir de l'exploitation tant à ciel ouvert qu'en souterrain.

(b) La production à partir d'Olympic Dam est notifiée par la société sous forme de tonnes de concentrés de minerai d'uranium. Les teneurs de ces concentrés ne sont pas indiquées, mais sont habituellement supérieures à 98 pour cent d' U_3O_8 . Il n'est pas tenu compte ici de la teneur de ces concentrés.

Centre d'Olympic Dam

Le centre d'Olympic Dam comprend une mine souterraine et un complexe métallurgique. Ce dernier se compose d'un circuit de broyage-concentration, d'une installation hydrométallurgique, d'une fonderie de cuivre, d'une unité d'affinage du cuivre et d'un circuit de récupération des métaux précieux. Actuellement, la production annuelle du centre d'Olympic Dam atteint 85 000 t de cuivre, 1 700 t d' U_3O_8 , ainsi que de l'or et de l'argent associés.

En juillet 1996, la société WMC Limited (WMC) a annoncé que la production annuelle serait portée à 200 000 t de cuivre, 3 700 t d' U_3O_8 , 75 000 onces d'or et 950 000 onces d'argent, à partir d'une quantité annuelle traitée de 8,5 millions de tonnes de minerai. Il était prévu au départ que l'agrandissement ne serait achevé qu'en 2001. La société WMC a aussi annoncé qu'elle demanderait les autorisations nécessaires pour pousser à 350 000 t par an la production de cuivre et de produits connexes, bien qu'il n'existe actuellement aucun projet d'agrandissement au-delà de 200 000 t par an.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

	Centre n° 1	Centre n° 2	Centre n° 3	Centre n° 4	Centre n° 5
Nom du centre de production	Ranger	Olympic Dam	Jabiluka	Kintyre	Beverley
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Prévu	Prévu	Prévu
Stade d'exploitation	Mine et usine en service	Mine et usine en service	En attente d'autorisation gouvernement	En attente d'autorisation gouvernement	En attente d'autorisation gouvernement
Date de mise en service	1981	1988			
Source de minerai :					
• Noms des gisements	Ranger 1, corps n° 1 et 3	Olympic Dam	Jabiluka, corps n° 2	Corps Kintyre	Beverley
• Type de gisement	Lié à une discordance du Protérozoïque	Complexe bréchrhique	Lié à une discordance du Protérozoïque	Lié à une discordance du Protérozoïque	Grès
Exploitation minière :					
• Type (CO/ST/LIS)	CO	ST	ST	CO	LIS
• Tonnage (t de minerai/an.)	2.4 millions de tonnes (a)	3.1 millions de tonnes	au début 0.3 millions de tonnes	0.6 million de tonnes	
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Usine de traitement (acide/alcalin) :	Acide	Acide	(e)	Acide (concas., tri rad., sép. grav.)	Acide
• Type (EI/ES/LA)	CBH, LA, ES	CBH, FLOT, LA, ES		LA, ES	EI, ES, LA
• Tonnage (t de minerai/ an)	1.4 million de t	3.1 millions de t		45 000 t	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	85%	66% (c)		n.d.	n.d.
Capacité nominale de production (t d'U/an)	2 970	1 610	1 530	1 020	760
Projets d'agrandissement	(b)	(d)	(f)		

(a) Dans le passé, les tonnages de minerai extraits chaque année ont atteint jusqu'à 2,4 millions de tonnes. L'exploitation à ciel ouvert sur le site de Ranger s'est achevée en décembre 1994.

(b) L'ERA augmente la production de l'usine de Ranger, qui est actuellement de 1,4 millions de tonnes par an de minerai (2 790 t d'U/an), pour la porter à 2 millions de tonnes par an (4 240 t d'U/an) d'ici au milieu de 1997. Si le projet de l'ERA d'aménager le site de Jabiluka est approuvé, la capacité de l'usine augmenterait encore jusqu'à environ 5 090 t d'U/an. Aux termes d'un accord passé avec le gouvernement fédéral d'Australie, l'ERA peut porter la production jusqu'à 5 090 t/an (6 000 t d'U₃O₈/an), si elle estime qu'il est commercialement possible de le faire.

(c) Source : Rapport de la société WMC à la *Securities and Exchange Commission*, Washington DC, 1992.

(d) La capacité de production de l'usine doit être portée à 8,5 millions de tonnes de minerai par an pour produire 3 900 t d'U/an (4 600 t d'U₃O₈/an) d'ici à 1999.

(e) L'option préférée de l'ERA est de traiter le minerai du projet Jabiluka à l'usine de Ranger.

(f) La production de Jabiluka devrait passer à 3 400 t d'U/an (4 000 t d'U₃O₈/an) au bout de quatorze ans.

Par suite de la révision des échéanciers de construction et de production, la société WMC a annoncé qu'elle accélérerait son calendrier d'agrandissement et qu'elle atteindrait la cadence nominale prévue de 200 000 tonnes de cuivre par an d'ici à la fin de 1999. Cette accélération du projet se traduira par une augmentation du coût global d'investissement de 1,25 à 1,48 milliard de dollars australiens. WMC a annoncé que la réalisation des travaux d'agrandissement porterait la production d' U_3O_8 à environ 4 600 t/an, ce qui, sur la base des niveaux actuels de production des mines en exploitation, placerait le centre d'Olympic Dam parmi les cinq plus importants centres mondiaux de production d'uranium.

Aux termes du contrat bilatéral passé entre la société WMC et l'État d'Australie méridionale, et des autorisations existantes relatives à l'environnement accordées par le Gouvernement australien et cet État, le centre d'Olympic Dam peut produire jusqu'à 150 000 tonnes de cuivre et de produits connexes par an. Le contrat bilatéral a été modifié pour que le projet puisse produire, sous réserve des autorisations relatives à l'environnement, jusqu'à 350 000 tonnes de cuivre et d'autres produits associés par an. Une procédure de déclaration d'incidences sur l'environnement (EIS) est engagée à la fois au plan fédéral et devant les autorités d'Australie méridionale concernant le projet visant à porter la production au-delà de 150 000 t/an. Le projet d'EIS a été soumis au public pour commentaires en mai 1997.

En Juin 1996, la société WMC a communiqué les chiffres suivants en ce qui concerne les réserves et les ressources du gisement d'Olympic Dam :

RÉSERVES/RESSOURCES	Minerai (millions de t)	Cuivre (%)	Teneur en U_3O_8 (kg/tonnes)	Tonnes d'U_3O_8 contenues
Réserves : Prouvées	73	2,5	0,8	58 400
Probables	496	2,0	0,6	297 600
Ressources: Mesurées	0			
Indiquées	1 220	1,1	0,4	488 000
Présumées	400	1,3	0,4	160 000

Note : Les ressources s'ajoutent aux réserves.

Prospection – Un programme de forages de prospection s'est poursuivi en 1996 et 1997 en vue d'évaluer le potentiel de la section méridionale du complexe bréchiq ue d'Olympic Dam (qui renferme la minéralisation). Le trou de forage RD 1090 a recoupé à 405 m de profondeur une zone cuprifère de 84 m ayant une teneur de 2,1 pour cent, tandis que le trou de forage RD 1095, qui a été foré à 300 m à l'ouest du premier, a traversé deux importantes zones de minéralisation, l'une de 60 m d'une teneur en cuivre de 1,4 pour cent à 300 m de profondeur, et l'autre de 90 m d'une teneur en cuivre de 1,1 pour cent à 414 m de profondeur. Les teneurs en uranium de ces sections n'ont pas encore été communiquées.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

En août 1996, la société *Energy Resources of Australia Ltd* (ERA), qui exploite la mine et l'usine de *Ranger*, appartenait aux sociétés suivantes :

	% du capital émis
Peko Wallsend Ltd	34,29
North Broken Hill Peko Ltd	34,10
Autres actionnaires de catégorie A	6,51
Rheinbraun Australia Pty Ltd	6,45
UG Australia Developments Pty Ltd	4,19
Interuranium Australia Pty Ltd	1,98
Cogéma Australia Pty Ltd	1,31
OKG Aktiebolag	0,54
Japan Australia Uranium Resources Development Co. Ltd	10,64

Le projet d'Olympic Dam est désormais entièrement contrôlé par WMC.

Emploi dans le secteur de l'uranium

Les effectifs des centres de production australiens ont très légèrement augmenté par suite de la reprise du traitement en continu du minerai au complexe de *Ranger* au début de 1996 et de l'achèvement, au milieu de 1995, du second projet d'optimisation au centre d'Olympic Dam.

Centres de production futurs

Depuis l'abandon de la politique des « trois mines » en mars 1996, deux sociétés, ERA et *Canning Resources Ltd* (filiale de RTZ-CRA), ont notifié officiellement au Ministre fédéral des ressources et de l'énergie leur intention de donner suite à leurs projets d'aménagement de nouvelles mines d'uranium. Il s'agit des projets de *Jabiluka* (Territoire du Nord) et du projet de *Kintyre* (Australie occidentale). Une troisième société, *General Atomics* des États-Unis, cherche actuellement à faire approuver une demande d'investissement étranger en vue de la mise en exploitation éventuelle du gisement d'uranium de *Beverley* (Australie méridionale).

Jabiluka

Le projet de Déclaration d'incidences sur l'environnement des projets de *Jabiluka*, qui a été diffusé en octobre 1996, examine un certain nombre de solutions possibles pour l'aménagement du gisement de *Jabiluka*. L'option préférée de l'ERA consisterait en une exploitation minières en souterrain, le minerai devant être traité à l'usine de *Ranger*. Le minerai serait transporté par camion sur une distance de 20 km jusqu'à *Ranger* en empruntant une voie d'acheminement qui est entièrement située à l'intérieur de la zone de la concession minière.

Le projet de l'ERA se caractérise principalement par les aspects suivant :

- aucun de bassin de retenue des résidus ni aucune usine de traitement ne serait construit à Jabiluka ;
- la superficie des installations en surface ne dépasserait pas 20 ha ;
- la superficie totale de terrain perturbé, y compris le corridor de transport, est estimée à 80 ha, ce qui est de loin inférieur aux autres options envisageables ;
- les résidus seraient placés dans les puits à ciel ouvert de Ranger qui seraient remis en état à la fin de la vie de la mine.

L'ERA se propose d'aménager Jabiluka avant 1999-2000. Au début, elle compte traiter annuellement 300 000 t de minerai de Jabiluka pour produire environ 1 800 t d' U_3O_8 par an. Au cours de la quatorzième année, la production serait portée à environ 4 000 t d' U_3O_8 par an grâce au traitement de 900 000 t de minerai.

L'ERA a fait état de réserves totales prouvées et probables de 19,5 millions de tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 0,46 pour cent d' U_3O_8 et renfermant 90 400 t d' U_3O_8 . Les ressources géologiques totales (qui comprennent les réserves de minerai) sont estimées à 28,7 millions de tonnes de minerai d'une teneur moyenne en U_3O_8 de 0,52 pour cent.

La proposition de déclaration d'incidences sur l'environnement de ce projet a été rendu public en octobre 1996 pour commentaires. La version finale de cette déclaration a été soumise au Gouvernement australien en juin 1997.

Kintyre

Le gisement de Kintyre est situé sur la bordure occidentale du Grand Désert de sable qui se trouve dans la région orientale de Pilbara (Australie occidentale), à environ 1 200 km au nord-nord-ouest de Perth. La zone du projet est située immédiatement au nord du parc national de Rudall River.

La société Canning Resources propose d'exploiter les quatre corps minéralisés qui composent le gisement de Kintyre à partir d'un certain nombre de mines distinctes à ciel ouvert. Le traitement du minerai se déroulera en deux phases principales :

- une *phase de préconcentration à sec* au cours de laquelle le minerai provenant de la mine sera concassé et trié selon sa granulométrie. Les morceaux les plus gros seront concentrés par tri radiométrique, tandis que les plus petits le seront par séparation des matériaux lourds de la gangue contenant des ferrosilicates. La minéralisation du gisement de Kintyre se présente sous forme de filons à forte teneur en uranium à l'intérieur de roches encaissantes stériles, de sorte que ce minerai se prête au tri radiométrique ;
- une *phase par voie humide* dans laquelle l'uranium sera extrait du minerai en trois temps : lixiviation, pré-précipitation du fer et précipitation de l'uranium.

Le démarrage de la production est prévu en 1999. Au début, l'exploitation produira 1 200 t d' U_3O_8 par an, avec la possibilité de porter la production jusqu'à 2 000 t d' U_3O_8 par an sur une période

de vingt ans. On estime que les ressources probables s'élèvent à 24 500 t d' U_3O_8 , auxquelles s'ajoutent 11 500 t d' U_3O_8 supplémentaires dans la catégorie des ressources présumées.

Le projet de Kintyre fait l'objet d'une procédure de déclaration des incidences sur l'environnement menée conjointement auprès du Gouvernement australien et de l'État d'Australie occidentale. Cette procédure devrait être achevée d'ici à la fin de 1997.

Beverley

Le gisement de Beverley est renfermé dans des grès. Il est situé près du lac Frome, à environ 530 km au nord-nord-est d'Adelaide. Depuis 1990, le gisement appartient à *Heathgate Pty Ltd*, filiale contrôlée à 100 pour cent par la société privée américaine *General Atomics*. La société *Heathgate Pty Ltd* cherche actuellement à obtenir l'approbation nécessaire aux investisseurs étrangers, afin d'entreprendre des études géologiques et métallurgiques complémentaires du corps minéralisé qui devraient lui permettre d'obtenir les autorisations requises pour entreprendre son projet d'exploitation par lixiviation in situ.

Compte tenu de ressources globales de 16 200 t d' U_3O_8 à une teneur moyenne de 0,27 pour cent d' U_3O_8 , il est envisageable de récupérer environ 11 600 t d' U_3O_8 par lixiviation in situ.

Le projet actuel, pour lequel la phase initiale de la procédure de Déclaration d'incidences sur l'environnement, engagée conjointement auprès du Gouvernement australien et de l'État d'Australie méridionale, est en cours, a pour objet d'aménager une installation de lixiviation in situ, capable de produire chaque année 900 t d' U_3O_8 vers l'an 2000.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Territoire du Nord

Alors que l'extraction de l'uranium dans le Territoire du Nord est contrôlée par le Gouvernement australien, la réglementation visant les aspects courants des activités minières et la surveillance des programmes de préservation de l'environnement sont du ressort du gouvernement de ce Territoire. La mine de Ranger est actuellement la seule mine d'uranium en exploitation. La mine de Nabarlek a cessé de produire en 1988 et d'importants travaux de remise en état du site ont été réalisés avec succès en 1995. La surveillance du site du point de vue de l'environnement se poursuit. Les deux mines sont situées dans la région d'Alligator Rivers (RAR).

Les projets de Ranger et de Nabarlek font l'objet d'exigences strictes en matière d'environnement. Notamment, la conception de la mine et de l'usine et les activités d'extraction et de traitement doivent faire appel à la meilleure technologie applicable dans la pratique. Cette technologie est définie comme celle qui entraîne la pollution et la dégradation de l'environnement les plus faibles qu'il est raisonnablement possible d'atteindre en tenant compte du coût, de la preuve de détriment, de l'emplacement du projet, de l'âge du matériel et des facteurs sociaux.

Un organisme fédéral [*Office of the Supervising Scientist – OSS*] a surveillé les aspects des activités d'extraction intéressant l'environnement dans la région d'Alligator Rivers depuis le

démarrage des travaux d'extraction dans les mines de Ranger et de Nabarlek au début des années 80. L'Expert à l'environnement, avec le concours de l'Institut de recherches écologiques relevant de l'Expert à l'environnement [*Environmental Research Institute of the Supervising Scientist – ERISS*], coordonne et supervise les mesures prises pour protéger l'environnement de la région d'Alligator Rivers des effets de l'exploitation minière et pour le remettre en état. L'OSS évalue le comportement des mines du point de vue de l'environnement, y compris les travaux de remise en état de la mine Nabarlek, par une procédure d'audits semestriels.

L'Expert à l'environnement a régulièrement attesté, notamment dans son rapport annuel pour l'exercice s'achevant le 30 juin 1996, du niveau élevé de protection de l'environnement atteint dans la région d'Alligator Rivers et observé que les activités minières ont eu une incidence négligeable sur l'environnement alentour.

La société *Energy Resources of Australia Ltd* (ERA) est en train de parachever une déclaration d'incidences sur l'environnement (DIE) visant la mise en valeur de son gisement de Jabiluka qui est également situé dans la région d'Alligator Rivers. Dans le cadre du processus d'évaluation de l'environnement du gouvernement australien et du gouvernement du Territoire du Nord, un projet de DIE a été diffusé en octobre 1996. L'ERA a été saisie de 83 observations au cours de la période de consultation publique qui a pris fin le 9 janvier 1997. Les principales questions soulevées touchaient notamment à des considérations sociales, à la radioprotection, à la gestion de l'eau et à l'évacuation des résidus. Ces questions seront prises en compte par l'ERA pour élaborer la version finale de sa DIE qu'elle doit soumettre en mai 1997.

Australie méridionale

La procédure initiale d'évaluation de l'environnement du projet d'Olympic Dam, comprenant une DIE exhaustive, a été achevée en 1983 dans le cadre d'une procédure conjointe menée par les autorités fédérales et l'État d'Australie méridionale. L'évaluation concernait un projet visant à produire chaque année 150 000 t de cuivre et de produits connexes. Le projet assure actuellement une production annuelle de 85 000 t de cuivre, 1 700 t d' U_3O_8 , ainsi que d'or et d'argent en sous-produits connexes.

En 1995, la société WMC a notifié aux organismes fédéraux et aux agences d'État son intention d'agrandir le projet d'Olympic Dam en vue d'atteindre un niveau maximal de production annuelle 150 000 t de cuivre et de produits connexes, comme le prévoyait la DIE initiale. Le projet a été soumis par le Gouvernement australien à une évaluation du point de vue de l'environnement conformément à la Loi de 1974 sur la protection de l'environnement (Incidence des projets) [*Environment Protection (Impact of Proposals) Act 1974*]. Cette évaluation a comporté la prise en compte de l'examen par l'État d'Australie méridionale, du point de vue de l'environnement, du projet incluant le dispositif de retenue des résidus et les procédés métallurgiques, ainsi que l'achèvement par cet État d'une évaluation portant sur un nouveau champ de forage situé dans le Grand Bassin artésien à partir duquel le projet couvre ses besoins en eau. Cette évaluation a été terminée en janvier 1996 et la WMC a reçu l'approbation du Gouvernement australien du point de vue de l'environnement lui permettant d'exécuter tout projet d'expansion de la production jusqu'à 150 000 t/an de cuivre et de produits connexes.

En juillet 1996, la WMC a annoncé que le centre d'Olympic Dam serait agrandi pour produire 200 000 tonnes par an de cuivre et de produits connexes (y compris 3 700 t d' U_3O_8 /an) d'ici à 2001. Afin de conférer de la souplesse à l'expansion future, la société a indiqué qu'elle solliciterait les

autorisations appropriées en matière de réglementation et d'environnement pour produire à terme 350 000 tonnes par an de cuivre et de produits connexes. En février 1997, il a été annoncé que l'agrandissement serait accéléré pour atteindre le niveau de production prévu de 200 000 t/an de cuivre avant la fin de 1999. En avril 1997, la WMC a fait part de son intention de porter sa production annuelle d'uranium à environ 4 600 t d' U_3O_8 . L'évaluation du projet d'agrandissement du point de vue de l'environnement est exécutée conjointement par le Gouvernement australien et l'État d'Australie méridionale. En mai 1997, une DIE exhaustive a été diffusée par la WMC pour commentaires de la part du public.

Le projet d'Olympic Dam est régi par la législation du gouvernement de l'État d'Australie méridionale, essentiellement au travers d'un contrat bilatéral passé entre le gouvernement de cet État et la WMC. Ce contrat prévoit pour ce projet la rédaction et l'application d'un programme de gestion de l'environnement qui doit être revu et soumis de nouveau pour approbation tous les trois ans. Conformément à cette prescription, la WMC a soumis en 1996 son Plan de gestion et de surveillance de l'environnement le plus récent au gouvernement d'Australie méridionale. Ce Plan, qui est un document public, a été approuvé par le gouvernement.

Heathgate Pty Ltd a présenté une proposition visant à aménager une seconde mine en Australie méridionale, à Beverley. En décembre 1996, le Ministre fédéral de l'Environnement a décidé que la proposition ferait l'objet d'une procédure conjointe de DIE du Gouvernement australien et de l'État.

Australie occidentale

En septembre 1996, le Ministre fédéral de l'Environnement a décidé que la proposition d'aménager le gisement de Kintyre serait soumise à la procédure conjointe de DIE du Gouvernement australien et de l'État d'Australie occidentale. Le projet de lignes directrices relatives à la DIE a été diffusé en novembre 1996 pour commentaires de la part du public et la version finale devrait être prête vers le milieu de 1997.

DONNÉES STATISTIQUES SUR LA PRODUCTION D'URANIUM

Capacité théorique de production à long terme

L'abandon de la politique des « trois mines » signifie que plusieurs nouvelles mines d'uranium sont susceptibles d'être aménagées en fonction des débouchés sur le marché. La production annuelle de l'Australie, qui était de 4 975 t d'U en 1996, pourrait atteindre environ 10 800 t d'U d'ici à l'an 2000 par suite des augmentations projetées de la production du complexe de Ranger et du centre d'Olympic Dam, et de la réalisation possible des projets de mise en exploitation de nouvelles mines (Jabiluka, Kintyre et Beverley). Ces augmentations de production dépendront des conditions du marché.

À plus long terme, le centre d'Olympic Dam pourrait s'agrandir encore et porter son niveau de production annuelle à 350 000 t de cuivre, entraînant de nouvelles augmentations de la production d'uranium. En outre, il existe un certain nombre de gisements importants liés à des discordances datant du Protérozoïque dans la région d'Alligator Rivers, et des gîtes uranifères renfermés dans du

calcrète en Australie occidentale, qui sont susceptibles d'être exploités à long terme. La production à partir de ces gisements permettra à l'Australie de maintenir sa position parmi les principaux producteurs d'uranium.

POLITIQUES, STOCKS ET PRIX EN MATIÈRE D'URANIUM

Politiques nationales relatives à l'uranium

Après son élection en mars 1996, le gouvernement de coalition Libéral-National a abandonné la politique de l'ancien gouvernement (connue sous le nom de politique des « trois mines »), qui restreignait la mise en valeur de nouvelles mines d'uranium en Australie. La politique actuelle du gouvernement est d'approuver les nouvelles mines et les exportations d'uranium à condition que soient observées des prescriptions strictes en matière d'environnement, de patrimoine et de garanties de non-prolifération nucléaires. En ce qui concerne les intérêts des Aborigènes, le Gouvernement s'est engagé à procéder à une consultation en bonne et due forme des communautés autochtones concernées.

Les contrats d'exportation d'uranium restent soumis à l'approbation du Gouvernement, mais ne font plus l'objet d'examen minutieux à des fins de fixation des prix.

En novembre 1996, le gouvernement a annoncé que, par suite de l'abandon de la politique des « trois mines », la stratégie en matière d'investissements étrangers, qui s'applique au secteur minier en général, s'appliquerait aussi désormais au secteur de l'uranium. En conséquence, tout investissement étranger supérieur aux seuils de notification dans le secteur de l'uranium sera soumis à un critère d'« intérêt national » mais aucune restriction spéciale n'est applicable à ces investissements. L'établissement de toute nouvelle mine d'uranium impliquant un investissement égal ou supérieur à 10 millions de dollars australiens ou l'acquisition d'intérêts substantiels dans une mine d'uranium existante d'une valeur égale ou supérieure à 5 millions de dollars australiens exigera une autorisation préalable mais aucune objection ne sera soulevée à moins que la proposition ne soit considérée contraire à l'intérêt national.

Stocks d'uranium

En raison de leur caractère confidentiel, les informations sur les stocks des producteurs ne sont pas disponibles. En vertu d'un programme de ventes étalé sur deux ans et qui a pris fin en 1995, le Gouvernement australien a disposé du stock de 1 900 t d'U qu'il avait accumulées à la suite des activités minières menées à Rum Jungle dans les années 50 et 60. Ce stock a été vendu pour la production l'électricité en Amérique du Nord.

Prix de l'uranium

Les prix annuels moyens de l'uranium exporté d'Australie sont indiqués dans le tableau ci-dessous en dollars australiens par kg d'U.

1992	1993	1994	1995	1996
57,42	60,29	53,06	53,35	55,74

• Belgique •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Jusqu'en 1977, on n'a eu connaissance que de quelques indices d'uranium en Belgique. Ceux-ci étaient liés en général aux schistes noirs d'âge viséen supérieur-namurien dans le bassin de Dinant, et d'âge révinien dans le massif de Stavelot, ou associés aux brèches de la craie du Viséen et du Frasnien dans le massif de Visé.

De 1977 à 1979, la prospection de l'uranium a connu un regain d'intérêt, qui s'est traduit par deux études, l'une sur les indices du massif de Visé et l'autre sur l'uranium contenu dans les phosphates crétacés du bassin de Mons.

De 1979 à 1981, la Communauté européenne et le Ministère des affaires économiques ont financé une reconnaissance générale des ressources en uranium dans les régions où affleure le Paléozoïque en Belgique. Le Service géologique a coordonné trois types de prospection sur une superficie d'environ 11 000 km² : levés radiométriques autoportés, exploration géochimique alluvionnaire et étude hydrochimique. Les universités belges de Mons, Louvain (UCL) et Bruxelles (ULB) ont été chargées des travaux. Le compte rendu général a été publié en 1983.

De 1981 à 1985, les recherches ont essentiellement été réalisées au laboratoire de Mons dans le but d'examiner l'environnement géologique des principales anomalies identifiées au cours de la prospection générale (Viséen-Namurien, Dévonien inférieur).

Activités récentes et en cours

Pendant la période 1985-88, un programme de prospection financé par le Service des ressources souterraines (région wallonne) a débouché sur la découverte d'anomalies et de gisements (contenant

plus de 1 pour cent d'équivalent uranium en certains points) dans des formations de grès et de schistes du Dévonien inférieur et dans des formations superficielles en Haute-Ardenne.

Des activités de prospection stratégique et tactique de l'uranium ont été poursuivies dans le Dévonien inférieur des Ardennes belges et à partir d'indices uranifères isolés découverts au cours d'une prospection préliminaire autoportée. Le projet a été financé conjointement par la CEE et le Service géologique de Belgique, durant la période 1979-1982. Au cours de cette campagne, différentes méthodes géochimiques et géophysiques ont été appliquées (radon dans les eaux de source, radon souterrain, spectrométrie gamma) pour les indices découverts au cours de la seconde phase, et fouilles et sondages à faible profondeur (environ 10 m). Le Service géologique a prélevé des carottes de sondage à plus grande profondeur et a mené des levés par diagraphie dans des trous de sondage, à l'échelon régional.

On estime actuellement qu'aucune des régions étudiées ne présente d'intérêt économique. Bien que de nombreux indices variés aient été découverts, les quantités d'uranium contenues dans les indices présentant une teneur supérieure à 100 ppm sont inférieures à une tonne.

On a également évalué la quantité d'uranium contenue dans les phosphates du Bassin de Mons et une nouvelle évaluation des ressources en P_2O_5 de ce bassin permet de fixer les ressources non classiques en uranium à environ 40 000 t d'U. Ce chiffre comprend quelque 2 000 t d'U renfermées dans des zones se prêtant à l'extraction des phosphates, bien que les concentrations soient inférieures à 10 pour cent de P_2O_5 et à 100 ppm d'équivalent uranium.

RESSOURCES EN URANIUM

Il n'est fait mention d'aucun gisement important d'uranium en Belgique.

PRODUCTION D'URANIUM

État de la capacité théorique de production

La Belgique possède une capacité de production de 45 tonnes d'uranium par an à partir de phosphates importés. La production d'uranium à partir de ressources nationales est inexistante.

Structure de la propriété et emploi dans le secteur l'uranium

Depuis l'édition de 1995 du Livre rouge, il n'y a pas eu de changement dans la structure de la propriété de la production d'uranium, ni dans l'emploi dans ce secteur. La capacité de production d'uranium de 45 tonnes d'U appartient à 100 pour cent à une société privée, PRAYON RUPEL TECHNOLOGIES (PRT). Toute la production d'uranium est vendue à SYNATOM, société belge des combustibles nucléaires.

Production future

On ne prévoit pas de nouvelles capacités de production en Belgique d'ici à 2010.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LE CENTRE DE PRODUCTION D'URANIUM (au 1er janvier 1997)

	Centre n° 1
Dénomination du centre de production	PRT
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	Usine de traitement en service
Date de mise en service	1980
Source de minerai : • Nom du gisement • Type de gisement	Phosphates provenant du Maroc
Exploitation minière : • Type (CO/ST/in situ) • Tonnage (tonnes de minerai/an) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	Aucune
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (tonnes de minerai/an) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	Procédé DEPA-TOPO 130 000 t de P ₂ O ₅
Capacité nominale de production (<i>t d'U/an</i>)	45
Projets d'agrandissement	Aucun

BESOINS EN URANIUM

La puissance nucléaire nette installée en Belgique a augmenté passant de 5 528 MWe à 5 713 MWe par suite de l'accroissement de la puissance nominale des sept réacteurs suivants : Doel-1, Doel-2, Doel-3, Doel-4, Tihange-1, Tihange-2 et Tihange-3. La production d'électricité d'origine nucléaire couvre environ 57 pour cent des besoins en électricité de la Belgique, ce qui place ce pays au troisième rang mondial en ce qui concerne la part du nucléaire dans la production d'électricité. Les tranches les plus anciennes, Doel-1, Doel-2 et Tihange-1, ont été mises en service industriel en 1974 et 1975. La demande d'uranium pour les centrales nucléaires ne devrait pas changer à court terme.

En 1990, les trois plus grandes compagnies privées d'électricité belges ont fusionné pour former une seule compagnie d'électricité privée dénommée Electrabel. Synatom est la société belge chargée

par Electrabel de la gestion du cycle du combustible nucléaire des sept réacteurs commerciaux. Jusqu'en 1994, Synatom était une société détenue à part égales par le secteur privé, représenté par Electrabel, et par le secteur public, représenté par la Société nationale d'investissement (SNI). En 1993, l'État belge a décidé de privatiser la SNI et de vendre à Tractabel, qui est la société mère d'Electrabel, les parts détenues par la SNI dans le secteur énergétique, y compris Synatom. L'État belge a gardé une part lui conférant un droit de veto sur toute décision qui ne serait pas conforme à la politique énergétique du gouvernement.

STOCKS D'URANIUM

SYNATOM détient un stock stratégique d'uranium correspondant à deux ans de fonctionnement des centrales. Ces réserves sont constituées d' U_3O_8 , d' UF_6 naturel et d' UF_6 enrichi.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

À la fin de 1993, le Parlement belge a tenu un débat approfondi sur la partie terminale du cycle du combustible et a voté une résolution approuvant la poursuite du contrat de retraitement passé en 1978 par Synatom avec la Cogéma. Il est ainsi possible de recycler les quantités de plutonium produites sous forme de combustible MOX utilisé dans les centrales de Doel-3 et Tihange-2, ce qui réduira la demande annuelle d'uranium naturel d'environ 4 pour cent au cours des prochaines années.

PRIX DE L'URANIUM

Aucune information sur les prix de l'uranium n'est disponible.

• Brésil •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

C'est en 1952 que le Conseil national de la recherche du Brésil a entrepris la prospection systématique des minéraux radioactifs. Ces travaux ont permis de découvrir les premiers indices d'uranium à Poços de Caldas (État de Minas Gerais) et à Jacobina (État de Bahia). En 1955, un accord de coopération technique a été conclu avec le gouvernement des États-Unis en vue d'évaluer le potentiel uranifère du Brésil. Après la création de la Commission nationale de l'énergie nucléaire [*Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN*], une division de la prospection minérale a été organisée, en 1962, avec le concours du Commissariat français à l'Énergie atomique (CEA).

Au cours des années 70, la CNEN a intensifié ses activités de prospection visant les minéraux radioactifs, ayant à sa disposition davantage de ressources financières. Un nouvel élan a été donné en 1974, lorsque le gouvernement a créé NUCLEBRÁS, organisme ayant pour mission exclusive de prospecter et de produire de l'uranium. L'un des premiers résultats obtenus par ces organismes publics a été la découverte et la mise en valeur du gisement d'Osamu Utsumi sur le plateau de Poços de Caldas.

Vers la fin de 1975, le Brésil et l'Allemagne ont signé un accord de coopération pour l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire. Cet accord a servi de base à un ambitieux programme de développement de l'énergie nucléaire, qui nécessitait également un accroissement des activités de prospection de NUCLEBRÁS. Ceci a conduit à la découverte de huit zones renfermant des ressources en uranium, à savoir le plateau de Poços de Caldas, Figueira, le Quadrilátero Ferrífero, Amarinópolis, Rio Preto/Campos Belos, Itataia, Lagoa Real et Espinharas, toutes découvertes et évaluées par NUCLAM, une entreprise conjointe germano-brésilienne.

Activités récentes et en cours

En 1991, après la restructuration du programme brésilien de développement de l'énergie nucléaire de 1988, la société INB [*Industrias Nucleares do Brasil S.A.*] a mis fin à toutes ses activités de prospection de l'uranium.

À la suite de la réorganisation du programme nucléaire brésilien en 1988, les activités dans le secteur de l'uranium ont été confiées à un organisme spécial dénommé *Urânio do Brasil S.A.*, qui est une filiale de *Indústrias Nucleares do Brasil (INB)*, un holding chargé des activités liées au cycle du combustible nucléaire. Par suite d'une nouvelle restructuration en 1994, *Urânio do Brasil S.A.* a été dissoute et ses activités ont été transférées à l'INB.

En 1995, on a entrepris des études de faisabilité relatives au projet d'exploitation minière de Lagoa Real qui ont été achevées en 1996. Le démarrage de l'exploitation de Lagoa Real est prévu en 1998.

Il n'a pas été communiqué de données sur les dépenses consacrées à la prospection de l'uranium ni sur les travaux de forage de 1994 jusqu'à la fin de 1996.

RESSOURCES EN URANIUM

Les ressources classiques en uranium du Brésil sont renfermées dans les gisements suivants :

- Poços de Caldas (mine d'Osamu Utsumi), comportant les corps minéralisés A, B, E et Agostinho (gisements de type remplissage de cheminées bréchiques) ;
- Figueira et Amarinópolis (grès) ;
- Itataia, y compris les gisements contigus d'Alcantil et de Serrotes Baixos (gisements métasomatiques) ;
- Lagoa Real, Espinharas et Campos Belos (gisements métasomatiques [albitiques]) ;
- autres gisements, notamment celui du Quadrilátero Ferrífero renfermant les gisements de Gandarela et de Serra des Gaivotas (conglomérats à galets de quartz).

Ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I)

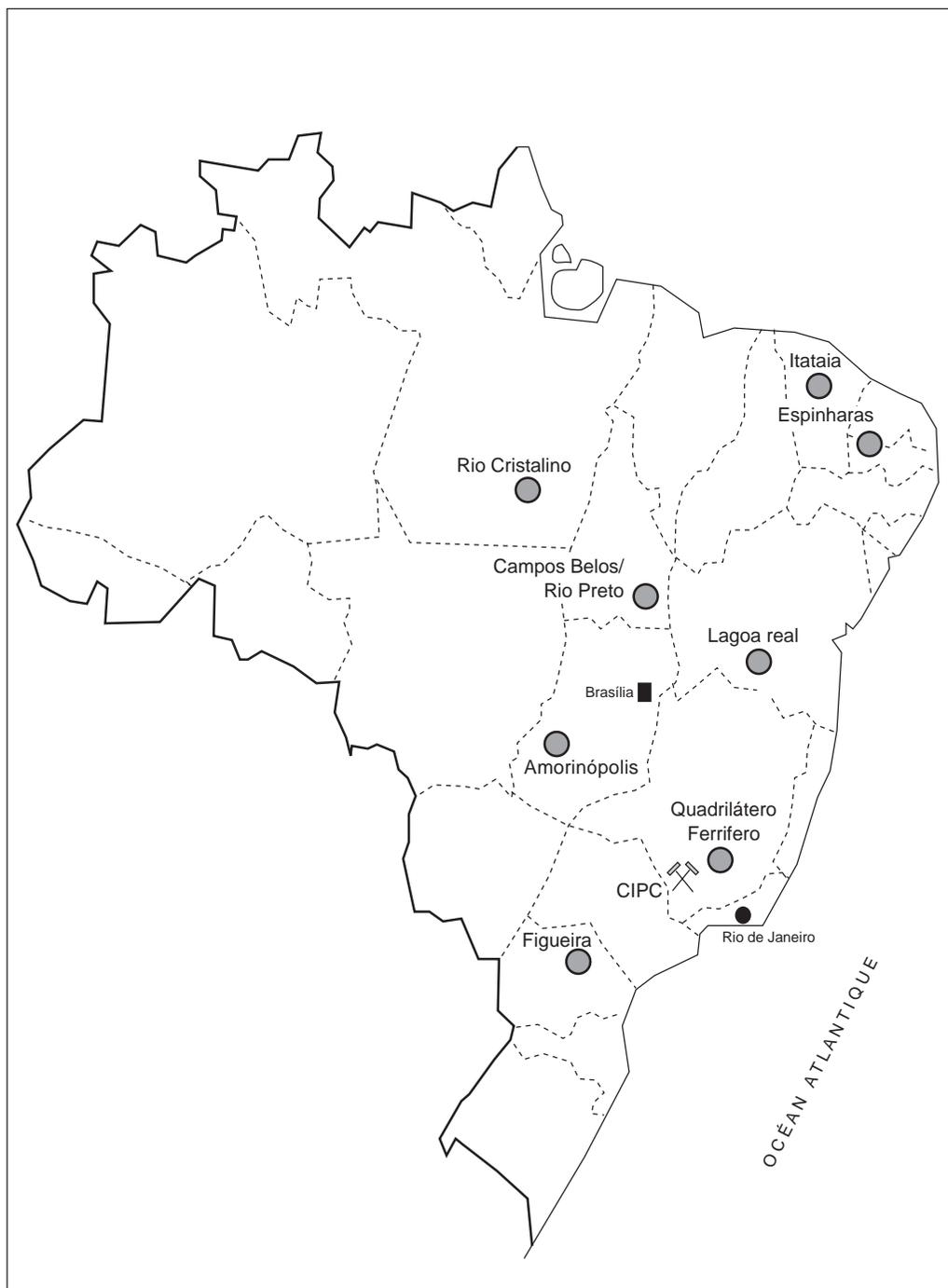
Les ressources classiques connues du Brésil ont été estimées avant 1992. Au 1er janvier 1997, les ressources connues du Brésil s'élevaient à un total de 262 000 t d'U dans la catégorie des ressources in situ récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U. Ces ressources incluent : 162 000 t d'U dans la catégorie RRA exploitables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U, dont 56 100 t d'U entrent dans la tranche de coût inférieur à 40 \$/kg d'U ; et 100 200 t d'U dans la catégorie RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U. La quantité de RSE-I dans la tranche de coût inférieur à 40 \$/kg d'U n'a pas été communiquée.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
56 100	162 000	162 000

* S'agissant de ressources in situ.

Gisements et indices uranifères au Brésil



Note : Espinharas et Rio Cristalino correspondent à des indices uranifères. Tous les autres sites recèlent des gisements d'uranium. CIPC est le centre de production implanté à Poços de Caldas.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
n.d.	100 200	100 200

* S'agissant de ressources in situ.

On ne possède pas de données sur la disponibilité des ressources connues.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les estimations relatives aux ressources non découvertes sont résumées dans les tableaux suivants.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II* (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	120 000	120 000

* S'agissant de ressources in situ.

RESSOURCES SPÉCULATIVES (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		TOTAL
< 130 \$/kg d'U	Indéterminée	
0	500 000	500 000

* S'agissant de ressources in situ.

PRODUCTION D'URANIUM

L'installation de production d'uranium de Poços de Caldas, dont la capacité nominale est de 425 tonnes d'U par an, est entrée en service en 1981. Elle a appartenu à l'entreprise d'État NUCLEBRÁS jusqu'à la restructuration des activités nucléaires du Brésil, en 1988. NUCLEBRÁS a été dissoute et ses actifs ont été transférés à *Urânio do Brasil S.A.* Depuis qu'*Urânio do Brasil S.A.* a été à son tour dissoute, en 1994, la production d'uranium est contrôlée à 100 pour cent par la société d'État *Indústrias Nucleares do Brasil*.

Entre 1990 et 1992, le centre de production de Poços de Caldas a été maintenu en réserve en raison de la hausse des coûts de production et de la réduction de la demande. La production a

redémarré vers la fin de 1993 et s'est poursuivie jusqu'en 1995. Pour le moment, le centre de Poços de Caldas est toujours maintenu en réserve. On trouvera ci-après un tableau récapitulatif de la production d'uranium au Brésil.

PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenu dans des concentrés)

Méthode de production	Avant 1994	1994	1995	1996	Total jusqu'à la fin de 1996	Prévisions 1997
Exploitation classique à ciel ouvert	818	106	106	0	1 030	0

État de la capacité théorique de production

Le centre de production de Poços de Caldas a été fermé en 1997 et un programme de déclasserement commencera en 1998. Sa production sera remplacée par celle provenant du gisement de Lagoa Real qui dont l'exploitation devrait démarrer en 1998.

Les détails techniques sur les centres de production actuels et futurs sont résumés dans le tableau ci-après.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

Nom du centre de production	Poços de Caldas	Lagoa Real	Itaiaia
Catégorie de centre de production	Existant	Commandé	Prévu
Stade d'exploitation	Fermé	Etude de faisabilité	Etude de faisabilité
Date de mise en service	1981	1998	n.d.
Source de minerai : • Nom des gisements • Types de gisements	Mine de Cercado En remplissage de cheminées bréchiqes	Cachoeira Métasomatiques	Itaiaia Phosphorite
Exploitation minière : • Type (CO/ST/in situ) • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	CO 2 500 80	ST/CO 350 80	CO n.d. n.d.
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	ES 2 500 90	LET/ES 350 90	ES n.d. n.d.
Capacité nominale de production (tonnes d'U/an)	425	300	350
Projets d'agrandissement	Aucun	Aucun	n.d.
Autres remarques	Fermé en 1997	–	–

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

À l'heure actuelle, la propriété du secteur des mines d'uranium du Brésil est à 100 pour cent entre les mains du Gouvernement représenté par l'entreprise d'État, *Indústrias Nucleares do Brasil*. Celle-ci contrôle la société qui exploitait le centre de Poços de Caldas, dénommée *Complexo Minero-Indústriar do Planalta de Poços de Caldas (CIPC)*. Les données relatives à la structure de la propriété des centres de production engagés et prévus ne sont pas disponibles.

Emploi dans le secteur de l'uranium

Au cours de la période 1988-1996, la société CIPC a réduit ses effectifs d'environ 50 pour cent. L'évolution des effectifs des centres de production existants est indiquée dans le tableau suivant.

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	Prévisions 1997
408	390	305	305

Centres de production futurs

Le démarrage de la production au centre de Lagoa Real est prévu de façon ferme en 1998 et sa production remplacera celle de l'installation de Poços de Caldas fermée en 1997. Le gisement a été découvert en 1977 et ses ressources connues sont estimées à 85 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U. Le minerai sera exploité par des méthodes d'extraction à ciel ouvert, d'abord à partir des Anomalies N°13 et 8, désormais dénommées respectivement mines de Cachoeira et de Quebradas. L'uranium sera extrait par lixiviation en tas par voie acide. La capacité nominale de production annuelle du centre de Lagoa Real sera de 300 t d'U et sa production devrait atteindre 250 tonnes d'U par an. Les coûts d'investissement de l'installation sont estimés à 23 millions de dollars des États-Unis.

Dans le centre de production prévu d'Itataia, l'uranium serait récupéré comme co-produit du phosphate à partir d'épisyénites renfermant de l'apatite et de la collophanite. La décision de mettre en valeur l'uranium et les phosphates d'Itataia, et le moment choisi pour ce faire, dépendront de nombreux facteurs, notamment des débouchés s'offrant à ces deux produits. En tout état de cause, un démarrage de la production ne peut être escompté avant la fin de ce siècle.

Le tableau suivant indique les projections de capacité théorique de production jusqu'en 2015.

CAPACITE THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (tonnes d'U/an)

1997				1998				2000			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	400	400	0	0	400	400	500	500	500	500

2005				2010				2015			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	1 360	0	1 360	0	1 360	0	1 360	0	1 360	0	1 360

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Les principaux problèmes d'environnement auxquels le secteur de production d'uranium doit faire face actuellement comprennent la surveillance de l'exploitation du centre de Poços de Caldas et la préparation du déclassement de ce complexe constitué par la mine et l'usine de traitement. En outre, une étude d'impact sur l'environnement du centre de production prévu à Lagoa Real est en cours de préparation.

BESOINS EN URANIUM

Actuellement, une centrale nucléaire est en service au Brésil, Angra I, un REP de 630 MWe et les besoins annuels en uranium de cette unité sont d'environ 120 tonnes d'U. Avec l'achèvement et le démarrage de la tranche Angra II, un REP de 1 245 MWe, les besoins en uranium augmenteront de 250 t d'U/an, au-delà du premier coeur qui exigera 560 t d'U. Il est prévu que la tranche Angra II soit achevée vers 1999.

L'évolution de la puissance nucléaire installée et des besoins associés en uranium jusqu'en 2010 est indiquée dans les tableaux suivants.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (*MWe nets*)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
626	626	1 871		1 871		3 110	n.d.	n.d.

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (*tonnes d'U*)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
400	400	120		370		620	n.d.	n.d.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Aucune information actuelle n'est disponible.

STOCKS D'URANIUM

Aucune information actuelle n'est disponible.

• **Bulgarie** •

INTRODUCTION

La Bulgarie a mené de longue date des activités liées à la prospection et à la production d'uranium. La production a démarré en 1946 et s'est poursuivie jusqu'en 1994, faisant appel tant aux techniques classiques qu'à la lixiviation. Toutes ces activités se sont déroulées dans le cadre d'un programme gouvernemental. La production a totalement cessé en 1994 après que le gouvernement ait décidé de fermer les usines de production. Pendant près de 50 années d'exploitation, quelque 16 720 t d'U ont été produites. Les détails sur les caractéristiques géologiques, les ressources et la production de l'uranium figurent dans les éditions de 1993 et de 1995 du Livre rouge.

En 1995 et 1996, il n'y a eu ni prospection ni production d'uranium en Bulgarie. Aucune production future n'est prévue, car toutes les installations de production ont été fermées et sont en cours de démantèlement.

Les activités actuelles portent sur la remise en état technique et biologique (autrement dit, la remise en végétation). La surveillance de l'environnement se poursuit durant les activités de remise en état. Aucune information sur les dépenses ou l'emploi n'a été fournie.

HISTORIQUE DE L'ARRÊT DE LA PRODUCTION

En 1992, le Gouvernement de la République de Bulgarie a pris l'Ordonnance n° 163, par laquelle il a décrété la cessation des activités de production d'uranium et ordonné la fermeture des sites de production et de traitement d'uranium. Cet acte du gouvernement a été complété et développé en 1994 par l'Ordonnance N°56 qui a instauré les règles et règlements visant la mise en œuvre d'un programme global de remise en état de l'environnement dans les zones affectées.

Le Comité de l'énergie a été chargé de mettre en œuvre les décisions du gouvernement. Ultérieurement, il a été instauré un Conseil inter-institutionnel d'experts composé de représentants de tous les organismes précédemment parties prenantes à la production d'uranium. Ce Conseil comprend des membres appartenant à la Commission sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, au Comité de géologie et des ressources minérales, au Comité chargé des forêts, au Ministère de la Santé, au Ministère de l'Agriculture, au Ministère des Finances et au Ministère de l'Environnement. Ce Conseil d'experts a pour mission d'évaluer tous les sites recensés et d'établir une liste de sites agréés pouvant bénéficier d'une remise en état de l'environnement dans le cadre de ce programme. Il incombe aussi au Conseil de coordonner et de diriger toutes les activités relatives à la cessation de la production d'uranium.

Un autre acte gouvernemental est prévu en vue de définir la structure de l'organe responsable de ces activités. Il s'agit d'améliorer l'organisation et de prévoir le financement requis pour mettre en œuvre les étapes de restauration restant à effectuer : remise en état technique et biologique ; et décontamination, gestion et surveillance des eaux.

Les travaux menés dans le cadre de ce programme ont notamment consisté à définir les paramètres environnementaux des zones affectées par la production d'uranium. Au total, 128 études comportant des levés radioécologiques et hydrologiques ont été exécutées par des équipes d'experts. Ces études ont été menées afin de cerner les problèmes d'environnement et d'évaluer la faisabilité des différentes solutions proposées pour la fermeture définitive. Les différentes activités successives de fermeture définitive et de restauration de l'ensemble des sites ont été classées, à titre préliminaire, en cinq catégories : fermeture technique ; remise en état technique ; remise en état biologique ; décontamination des eaux d'exhaure des mines et des eaux de surface ; et surveillance.

En avril 1995, l'étape de fermeture technique avait été approuvée pour 61 sites de production d'uranium. Il était prévu d'achever ces travaux en septembre 1995 (sauf pour les deux sites d'installations de traitement). À la fin du mois de mars 1995, 70 pour cent des travaux avaient été effectués moyennant un coût de 50 millions de deutsche mark (DM). Cette somme est considérable compte tenu de la taille et de la situation économique du pays.

Parmi les sites restant à remettre en état, les sites sur lesquels les problèmes d'environnement sont les plus importants sont les suivants: ville de Boukhovo, village d'Elechnitza, district de Plovdiv, district de Haskovo et à Smolian. Sur ces sites, les problèmes sont liés aux bassins de retenue des résidus, à la contamination des eaux souterraines, aux déblais de résidus miniers et à l'absence de systèmes de surveillance appropriés.

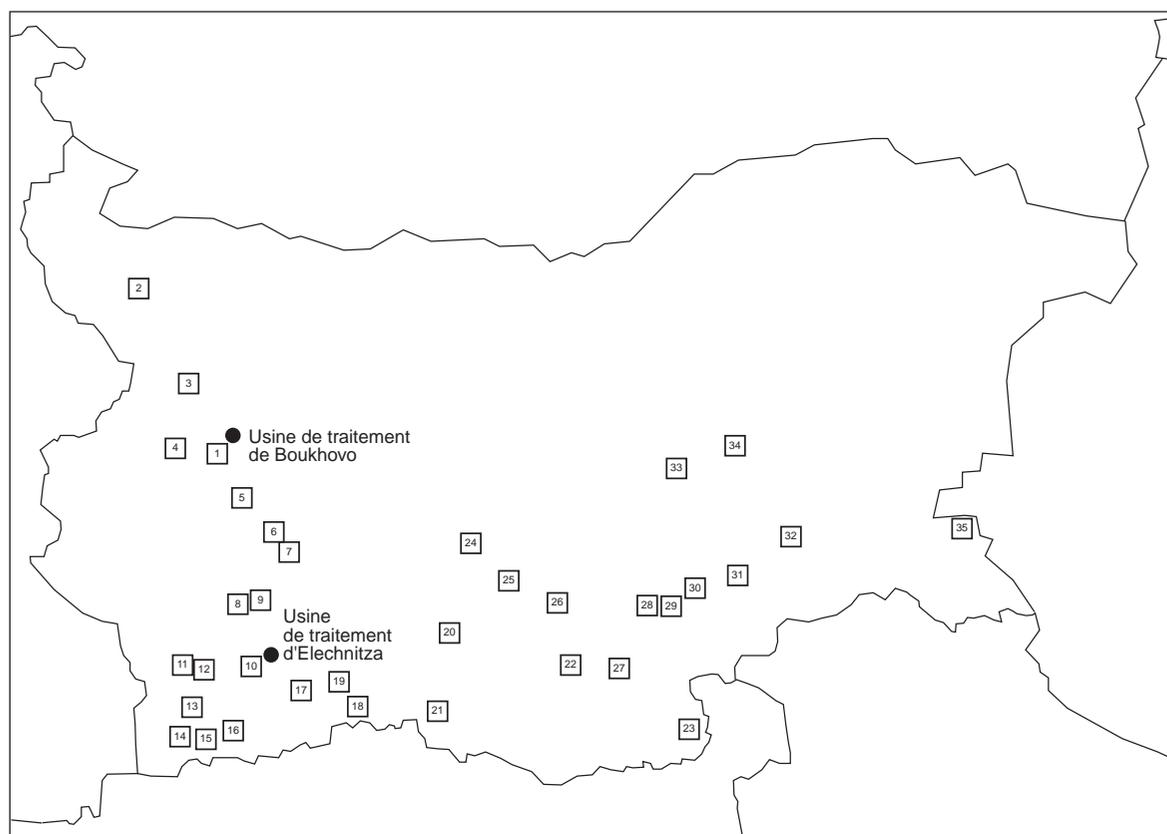
CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

La cessation de la production d'uranium et la remise en état des zones affectées par des activités d'exploitation minière de l'uranium ont conduit à entreprendre les tâches suivantes :

- sélection d'une technologie permettant de traiter, au meilleur coût, les eaux d'exhaure et de surface contaminées par des radionucléides ;
- sélection d'un équipement pour surveiller, du point de vue de l'environnement, les sites de production d'uranium en cours de fermeture ;
- conception et/ou la sélection de méthodes offrant le meilleur rapport coût/bénéfice pour traiter et de remettre en état les bassins de retenue de résidus et les déblais de déchets résultant de la production d'uranium.

On trouvera dans l'édition de 1995 du Livre rouge un tableau indiquant l'état des sites de production d'uranium où des activités de fermeture et remise en état sont en cours.

Gisements d'uranium en Bulgarie



- | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 Boukhovo | 13 Graved | 25 Belosem |
| 2 Smolianovtzi | 14 Igralichte | 26 Pravoslaven |
| 3 Proboinitza | 15 Pripetchen-Deltchevo | 27 Haskovo |
| 4 Kourilo | 16 Melnik | 28 Maritsa |
| 5 Gabra | 17 Beslet | 29 Navasen-Troïan |
| 6 Biala Voda | 18 Dospat | 30 Orlov Dol |
| 7 Kostenetz | 19 Selichte | 31 Isgrev |
| 8 Partisanska Poliana | 20 Narretchen | 32 Okop-Tenebo |
| 9 Beli Iskar | 21 Smolian | 33 Sborichte |
| 10 Elechnitza | 22 Sarnitza | 34 Sliven |
| 11 Simitli | 23 Planinetz | 35 Rosen |
| 12 Senokos | 24 Momino | |

• Canada •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Au Canada, la prospection de l'uranium a débuté en 1942 ; elle s'est déroulée en plusieurs phases distinctes, d'abord dans le secteur du Grand lac de l'Ours (Territoires du Nord-Ouest), puis dans les régions de Beaverlodge (Saskatchewan), de Blind River et d'Elliot Lake (Ontario) et enfin, vers la fin des années 60, dans le bassin d'Athabasca (Saskatchewan). Ces deux dernières régions, qui se sont révélées les plus favorables au Canada, ont fourni la totalité de l'uranium produit dans ce pays jusqu'à la fermeture de la mine Stanleigh à la fin de juin 1996. Après cette fermeture, qui mettait fin à plus de 40 ans de production d'uranium dans la région d'Elliot Lake (Ontario), la Saskatchewan est devenue la seule province productrice d'uranium au Canada.

Activités récentes et en cours

Comme les années précédentes, les activités de prospection de l'uranium ont été concentrées dans les régions favorables à la formation de gisements associés aux discordances du Protérozoïque, surtout dans le bassin d'Athabasca (Saskatchewan), mais aussi dans le bassin de Thelon (Territoires du Nord-Ouest).

Bien que le nombre des sociétés menant d'importants programmes de prospection ait baissé, plus de la moitié des 70 projets de prospection se sont poursuivis à un bon niveau 1996-1997 et ont fait l'objet de travaux intensifs. Comme durant les dernières années, ce sont les projets avancés qui ont enregistré les dépenses de prospection les plus élevées. Sur un total communiqué de 39 millions de dollars canadiens pour les dépenses de prospection au Canada, une part notable a été consacrée à des activités de maintenance et de surveillance portant sur des projets en attente d'autorisation de mise en production. Il est donc probable que les dépenses de prospection de base soient de l'ordre de 20 millions de dollars canadiens pour la campagne 1996-1997 ; la Saskatchewan a fait état de dépenses s'élevant à 17 millions de dollars canadiens pour la campagne 1996-1997, contre 12,5 millions en 1995-1996.

En 1995 et 1996, les travaux combinés de prospection et de forages en surface ont représenté respectivement près de 75 000 et 80 000 m ; plus de 90 pour cent de ces travaux ont été réalisés en Saskatchewan. En 1997, l'ensemble des forages de prospection de l'uranium pourrait dépasser 100 000 m.

Les cinq principaux exploitants, qui ont dépensé la quasi totalité des 39 millions de dollars canadiens engagés, sont : Cigar Lake Mining Corporation ; Cogema Resources Inc. (y compris les dépenses engagées par Urangesellschaft Canada Limited ; Corporation Cameco, Exploration ; PNC Exploration (Canada) Co. Limited ; et Uranerz Exploration and Mining Limited.

La prospection de l'uranium se poursuit principalement dans les mêmes régions qu'au cours des années précédentes, avec des levés géophysiques et géochimiques et des travaux de forage en surface

axés sur le prolongement des zones minéralisées, ainsi que sur des cibles plus profondes situées dans la partie peu explorée du bassin d'Athabasca (Saskatchewan). De même, dans les Territoires du Nord-Ouest, des travaux ont été exécutés le long de la formation Kiggavik ainsi que de la bordure occidentale et de la partie nord-est du bassin de Thelon. Les recherches géologiques et les travaux de prospection de base se poursuivent dans la zone magmatique de Great Bear (Territoires du Nord-Ouest) et dans la partie ouest du bassin d'Athabasca (Alberta).

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE SUR LE TERRITOIRE NATIONAL

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
Dépenses du secteur privé (millions de dollars canadiens courants)	36	44	39*	n.d.
Dépenses du secteur public (millions de dollars canadiens courants)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
TOTAL DES DÉPENSES (millions de dollars canadiens courants) (milliers de dollars des États-Unis)	36 26 087	44 32 353	39 28 467	n.d. n.d.
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé (m)	68 000	75 000	79 000	100 000
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sondages superficiels exécutés par le secteur public (m)	Néant	Néant	Néant	Néant
Nombre de trous de sondage forés par le secteur public	Néant	Néant	Néant	Néant
TOTAL DES SONDRAGES SUPERFICIELS (m)	68 000	75 000	79 000	100 000
NOMBRE TOTAL DE TROUS FORÉS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

* Note : Ce total correspond pour une large part aux coûts de « maintenance et surveillance » de projets en attente d'autorisation de mise en production.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les estimations au 1er janvier 1997 des ressources canadiennes connues en uranium récupérables à un coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U ont baissé, s'établissant à environ 430 000 t d'U contre les 490 000 t d'U au 1er janvier 1996. Cette baisse est surtout imputable aux pertes de ressources résultant de la fermeture de la mine Stanleigh de Rio Algom Limited, et à l'augmentation de la production totale d'uranium en 1996.

La majeure partie des ressources canadiennes connues en uranium se trouvent dans les gîtes associés aux discordances du Protérozoïque du bassin d'Athabasca (Saskatchewan) et du bassin de Thelon (Territoires du Nord-Ouest). La minéralisation d'uranium dans ces gîtes se trouve à la limite des discordances ou au-dessus et/ou en dessous de cette limite, dans des associations minéralogiques monométalliques ou polymétalliques. La pechblende domino dans les gisements monométalliques, tandis que dans les gisements polymétalliques les associations uranium-nickel-cobalt sont prépondérantes. Les teneurs moyennes en uranium varient de moins de 1 pour cent à 2-5 pour cent,

bien qu'elles dépassent 10 pour cent dans certaines parties de gisements. Jusqu'à la fermeture de la mine Stanleigh, la presque totalité des autres ressources en uranium connues se trouvaient dans les conglomérats à galets de quartz du Protérozoïque de la région d'Elliot Lake où la minéralisation, située à la base du supergroupe de l'Huronien, est répartie en plusieurs couches d'une teneur moyenne en uranium comprise entre 0,05 et 0,1 pour cent.

Aucune des ressources en uranium mentionnées ou quantifiées dans le présent rapport n'est associée à la production de co-produits ou de sous-produits de tout autre minéral d'importance économique.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

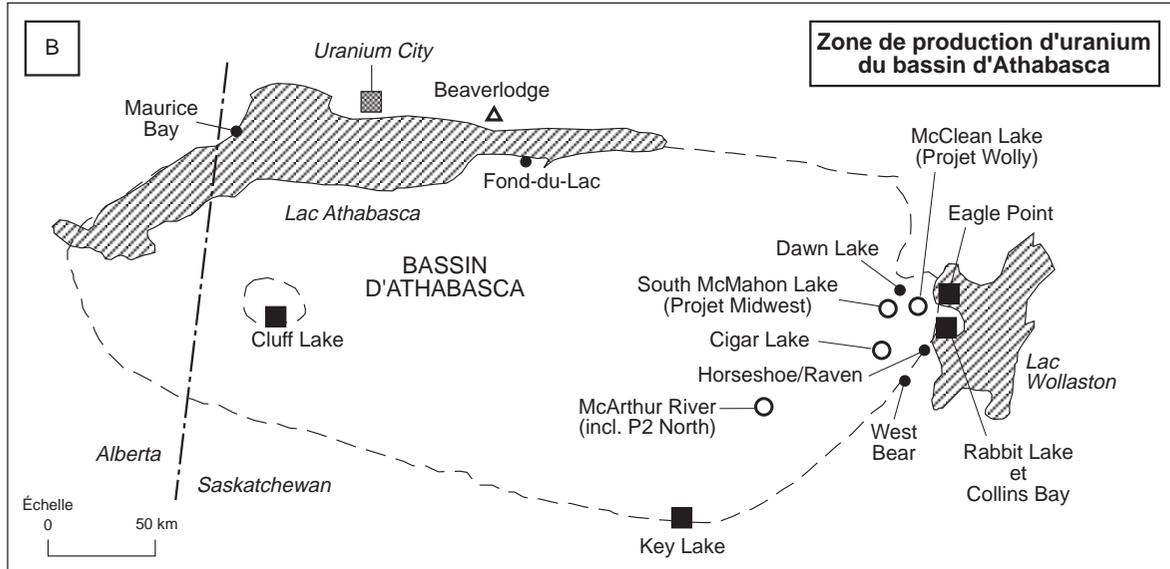
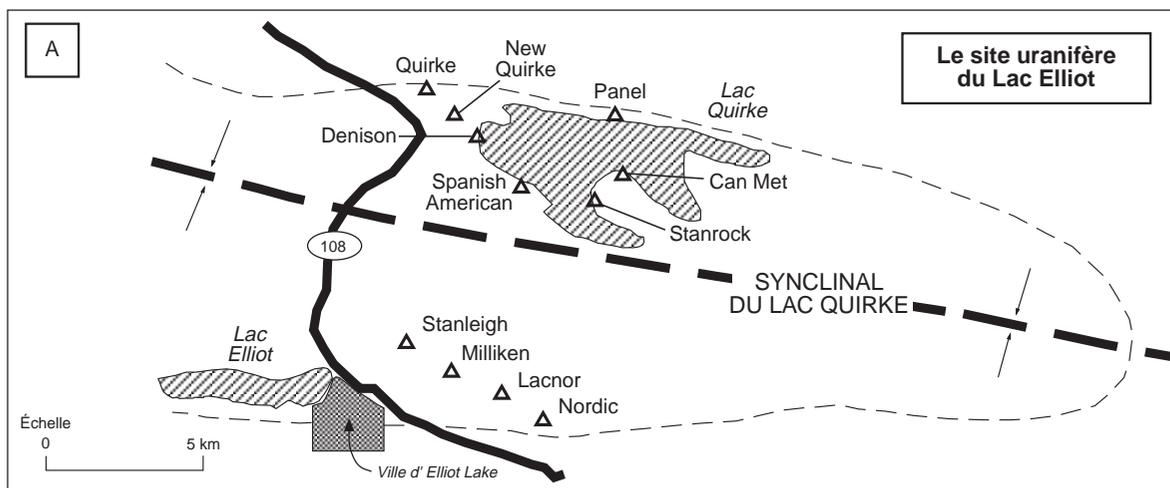
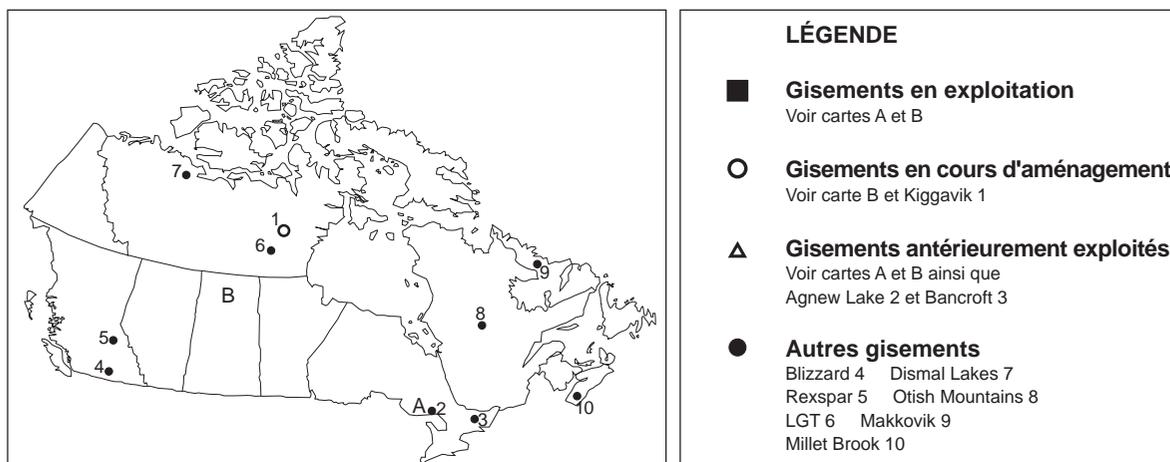
L'évaluation au 1er janvier 1997 est identique à celle du 1er janvier 1996 en ce qui concerne les tonnages de RSE-II et de RS. Les travaux de prospection se poursuivent dans les secteurs favorables à la découverte de ressources en uranium dans le bassin d'Athabasca (Saskatchewan) et dans le bassin de Thelon (Territoires du Nord-Ouest), où des gisements associés aux discordances du Protérozoïque sont les plus susceptibles de se trouver. Ces travaux ont donné des résultats positifs dans l'est du bassin d'Athabasca, ainsi que le long de la formation Kiggavik (Territoires du Nord-Ouest), où des découvertes ont été faites dans des secteurs où des estimations préalables avaient indiqué des ressources pronostiquées (RSE-II).

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

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 pour son radium de 1933 à 1940, puis remis en exploitation en 1942 afin de répondre à la demande d'uranium générée par les programmes de défense britannique et américain. L'interdit frappant les travaux de prospection et de mise en valeur par des intérêts privés a été levé en 1947. 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 un niveau record en 1959 (12 200 t d'U), après quoi elle a commencé à diminuer en l'absence de nouveaux contrats d'approvisionnement pour la défense. Malgré les programmes de constitution de réserves du gouvernement, 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. 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 a régulièrement augmenté pendant les années 80, au cours desquelles on a assisté à un transfert d'est en ouest de la majeure partie de la production canadienne d'uranium. Au début des années 90, la faiblesse des marchés et des prix a conduit à la fermeture de trois des quatre centres de production d'uranium de l'Ontario. Le dernier centre de production de cette province a fermé au milieu de 1996.

Gisements d'uranium du Canada



Source : Division de l'uranium et des déchets radioactifs, NRCan.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM* (tonnes d'U)

Méthode de production	Avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1996	Prévisions 1997
Exploitation classique :						
• à ciel ouvert	n.d.	6 514 (e)	5 816 (e)	6 528 (e)	n.d.	n.d.
• en souterrain	n.d.	3 133 (e)	4 657 (e)	5 178 (e)	n.d.	n.d.
TOTAL GENERAL	266 847	9 647	10 473	11 706	298 673	12 000

* Production primaire. En 1996, 48 tonnes d'uranium supplémentaires ont été récupérées à partir des sous-produits de l'installation de raffinage et de conversion de la Cameco, à Elliot Lake ; environ 55 t d'U avaient été récupérées en 1995 et quelque 53 t d'U en 1994.

(e) Répartition estimée entre exploitation à ciel ouvert et exploitation souterraine.

État de la capacité théorique de production

Aperçu général

La capacité théorique de production des installations canadiennes existantes a baissé au début des années 1990, en raison de la fermeture de plusieurs installations à Elliot Lake. Toutefois, l'accroissement de la production en Saskatchewan au milieu des années 90, surtout dans les exploitations minières de Rabbit Lake et de Cluff Lake, a permis à la capacité théorique de production de retrouver les niveaux de la fin des années 80. En renouvelant le permis d'exploitation de Cluff Lake, en mars 1996, la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) a autorisé une augmentation de la production annuelle de 1 500 à 2 020 t d'U, ce qui a eu pour effet de compenser l'effet de la fermeture de la mine Stanleigh, en juin 1996. La production canadienne demeure en deçà de sa pleine capacité théorique, dans la mesure où les exploitants continuent à éviter de vendre sur le marché au comptant et adaptent leurs productions aux obligations de leurs contrats à long terme, mais la récente hausse des prix au comptant pourrait porter la production du Canada au voisinage de sa pleine capacité théorique, qui dépasse actuellement 12 000 t d'U.

Ontario

La société Rio Algom Limitée a maintenu ses niveaux de production à la mine Stanleigh jusqu'en juin 1996 aux termes du contrat qu'elle avait passé avec Ontario Hydro. En 1996, la production de cette mine a dépassé 400 t d'U, y compris le tonnage récupéré à partir des sous-produits de raffinage et de conversion de la Cameco. Ce chiffre est bien en deçà des 700 t d'U produites en 1995, qui comprenaient 55 t d'U récupérées à partir de sous-produits. La fermeture de la mine Stanleigh met fin à 40 années de production canadienne d'uranium par la société, et vraisemblablement à l'exploitation au Canada des gisements profonds et relativement pauvres en uranium, contenus dans des conglomérats à galets de quartz.

Au centre de production de Key Lake, la société Cameco, en partenariat avec Uranerz, exploite à ciel ouvert de riches gisements d'uranium associés à des discordances. Vers la fin de 1995, Cameco a annoncé que l'usine fonctionnerait à un rythme de 6 900 t d'U par an lorsque commencera le traitement du minerai de McArthur River. En 1996, la production de Key Lake a dépassé 5 400 t d'U, en baisse par rapport aux 5 464 t d'U de 1995 et en deçà de la capacité annuelle autorisée. En augmentant les volumes d'alimentation et en y mélangeant aussi un minerai plus pauvre en uranium, l'usine de Key Lake pourrait maintenir sa production jusqu'en 1998 à partir des stocks de minerai provenant du gîte Deilmann. Le minerai du gisement de McArthur River devrait permettre de doubler la durée de vie utile de l'usine de Key Lake, à condition que l'entreprise puisse obtenir en 1997 les autorisations requises sur le plan environnemental et réglementaire pour une mise en service en 1999. (Voir plus loin la section intitulée « Considérations relatives à l'environnement » pour plus d'informations sur les commissions d'évaluation environnementale chargées d'étudier les nouveaux projets d'exploitation de mines d'uranium en Saskatchewan).

Toujours en partenariat avec Uranerz, Cameco exploite à ciel ouvert et en souterrain des gisements d'uranium à teneur élevée, associés à des discordances, qui alimentent le centre de production de Rabbit Lake. En juin 1995, la CCEA a modifié le permis d'exploitation de Rabbit Lake pour permettre la construction d'un batardeau à cellules d'acier à Collins Bay afin d'isoler le gîte A de cette baie. Au début de 1996, le gîte D de Collins Bay a été exploité, et la digue a été achevée pour isoler le gîte A en prévision de son exploitation au cours de l'hiver 1996-1997. Le minerai des gîtes A et D de Collins Bay serait suffisant pour approvisionner l'usine pendant à peu près deux ans. En y ajoutant le minerai de la mine d'Eagle Point, l'usine pourrait fonctionner jusqu'au-delà de l'an 2000. L'usine de Rabbit Lake a produit plus de 3 900 t d'U en 1996, soit une nette augmentation par rapport aux 3 148 t d'U de 1995, mais en deçà de la capacité autorisée. Le 24 octobre 1996, la CCEA a fait savoir qu'elle renouvelait le permis d'exploitation de Rabbit Lake pour une période de deux ans, soit jusqu'au 31 octobre 1998. Le nouveau permis autorise un relèvement de la limite de production annuelle de la mine, de 5 400 à 6 500 t d'U, au cas où les conditions du marché justifieraient d'augmenter sensiblement la production actuelle d'ici à la fin de la présente décennie.

Dans l'ouest du bassin d'Athabasca, le centre de production de Cluff Lake, propriété de *Cogema Resources Inc.*, exploite également de riches gisements à forte teneur associés à des discordances ; le centre comporte des mines à ciel ouvert et en souterrain. Vers la fin de 1995, l'usine qui ne fonctionnait qu'une semaine sur deux, a commencé à être exploitée à pleine capacité. Le 8 mars 1996, la CCEA a renouvelé le permis d'exploitation de l'usine de Cluff Lake, portant la limite de production annuelle de 1 500 à 2 200 t d'U. Le prolongement à ciel ouvert du puits Dominique-Janine (DJ) a atteint 50 m de profondeur en septembre 1996, et l'extraction du minerai devait s'achever en 1997. Bien que les réserves connues de la mine souterraine Dominique-Peter (DP) puissent être épuisées au cours des années 90, l'ensemble des ressources dans les autres parties de la zone minéralisée, y compris celles de la mine souterraine DJ et des zones nouvellement délimitées de West DJ, permettra de poursuivre l'exploitation jusqu'en 2005 environ. La production de l'installation de Cluff Lake a dépassé 1 900 t d'U en 1996, ce qui est bien supérieur aux 1 214 t d'U produites en 1995.

Le centre de production d'uranium de McClean Lake, en cours d'aménagement sur la bordure orientale du bassin d'Athabasca, est exploité par *Cogema Resources Inc.* qui en est le propriétaire majoritaire. Depuis que le montage financier a été achevé en mars 1995, l'aménagement du site de ce projet, représentant un investissement de 250 millions de dollars canadiens, a progressé rapidement.

Toutefois, la date de mise en production prévue pour le 1er juillet 1997 a été reportée au début de 1998. Dans les derniers mois de 1996, les travaux d'aménagement étaient à moitié achevés : le système d'alimentation électrique, des logements en dur, les bureaux et entrepôts de l'usine, la station de traitement des eaux et les puits de dénoyage pour le gisement JEB étaient déjà prêts. À la fin de l'année, le bâtiment de l'usine, les installations de réception et de broyage du minerai, et les autres éléments de l'usine de concentration étaient soit achevés, soit bien avancés. Il était prévu de terminer l'extraction minière à ciel ouvert du gisement JEB au cours du premier trimestre de 1997, afin de l'utiliser ultérieurement comme installation de gestion des résidus.

Le traitement du minerai de la mine souterraine Midwest débutera vers 2003, une fois que les derniers chargements de minerai provenant des mines à ciel ouvert JEB et Sue auront été traités à l'usine de McClean. Si elle est approuvée, la concentration du minerai de Cigar Lake débutera, peut-être en 1999 ou 2000, suivie par celle du minerai de la mine souterraine de McClean vers 2009. On quadruplera la capacité annuelle de l'usine de McClean en la portant de 2 300 à 9 200 t d'U pour permettre le traitement du minerai de Cigar Lake. La participation dans le projet McClean se répartit comme suit : Cogéma, 70 pour cent ; Denison Mines Limited, 22,5 pour cent ; OURD (Canada) Co., Limited. [filiale d'*Overseas Uranium Resources Development Corporation* (OURD) du Japon], 7,5 pour cent.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Les gouvernements de la Saskatchewan et du Canada ont poursuivi leurs démarches en vue d'une privatisation complète de Cameco. Les émissions d'actions en 1993, 1994 et en 1995 ont nettement réduit la participation de l'État dans Cameco, et, 9 février 1995, la participation fédérale dans Cameco a d'ailleurs cessé. Le 26 février 1996, Cameco a annoncé que son principal actionnaire, la Crown Investments Corporation of Saskatchewan (CICS), était prête à émettre 9,5 millions d'actions ordinaires de Cameco au Canada, aux États-Unis et à l'étranger, avec option de sur-attribution allant jusqu'à 1 million d'actions « supplémentaires ». Ces actions ont rapidement été écoulées à 75,50 dollars canadiens chacune, assurant au gouvernement de la Saskatchewan une rentrée de quelque 580 millions de dollars canadiens. Le 24 avril 1996, Cameco a annoncé que 620 500 actions « supplémentaires » avaient été vendues. Depuis que la CICS s'est dessaisie de 10 120 500 actions au total, le secteur privé détient 89,7 pour cent des actions ordinaires de Cameco, tandis que le gouvernement provincial, par l'entremise de la CICS, en détient 10,3 pour cent.

Le 20 août 1997, Cameco a annoncé la mise en vente de 4 millions d'actions ordinaires à 51 dollars canadiens chacune. La société a fait savoir, le 4 septembre 1997, que toutes les actions émises avaient trouvé preneur.

Emploi dans le secteur de l'uranium

La fermeture au milieu de 1996 de la dernière exploitation d'uranium à Elliot Lake (Ontario) a fait chuter le nombre d'emplois directs dans l'industrie canadienne de l'uranium. Toutefois, cette baisse a été en partie compensée par les emplois créés dans le cadre du projet de McClean Lake (Saskatchewan). Ainsi, à la fin de 1996, les emplois directs dans le secteur de l'uranium au Canada représentaient quelque 1 155 travailleurs. Au cours des prochaines années, l'ouverture de nouvelles mines à forte teneur en uranium en Saskatchewan devrait de nouveau porter le nombre d'emplois directs dans l'industrie canadienne de l'uranium à plus de 1 300.

Centres de production futurs

En 1991, six projets d'exploitation de mines d'uranium en Saskatchewan ont été soumis pour évaluation du point de vue de l'environnement : le prolongement du gisement Dominique-Janine à Cluff Lake, le projet de McClean Lake, le projet en coparticipation de Midwest, le projet de Cigar Lake, le projet de McArthur River et le projet d'agrandissement d'Eagle Point et de Collins Bay à Rabbit Lake. Comme il a déjà été indiqué, seul le projet en coparticipation de McClean/Midwest vise à créer un nouveau centre de production. Les autres projets ont simplement pour objet de prolonger la durée de vie de centres existants ou commandés. L'installation de Cigar Lake alimentera la nouvelle usine de McClean Lake, et l'installation de McArthur River prolongera la durée de vie de celle de Key Lake. En dehors de ces projets en Saskatchewan, seul le projet de Kiggavik (Territoires du Nord-Ouest), est actuellement envisagé comme un centre de production supplémentaire au Canada, mais il est peu probable qu'il y soit donné suite avant le début du siècle prochain. Les dates de démarrage de ces nouveaux projets dépendent de la délivrance des autorisations environnementales et des permis réglementaires, de l'évolution du marché international de l'uranium et des décisions économiques prises par les propriétaires de ces projets.

L'exploitation du gisement de Midwest se fera dans le cadre de la mise en valeur des gisements de McClean et de Cigar Lake. Les ressources in situ du gîte Midwest sont évaluées à 13 000 t d'U à une teneur moyenne de 3,8 pour cent d'uranium dans le minerai. La participation dans l'Entreprise conjointe Midwest se répartit comme suit : Cogéma, 56 pour cent ; Denison, 19,5 pour cent ; Uranerz, 20 pour cent ; et OURD (Canada), 4,5 pour cent. [Voir plus loin la section « Considérations relatives à l'environnement » pour plus d'informations sur les commissions d'évaluation des incidences sur l'environnement chargées d'analyser les propositions d'exploitation de mines d'uranium en Saskatchewan.]

À Cigar Lake (Saskatchewan), les essais d'extraction du minerai à forte teneur en uranium ont été concluants et le projet a été mis en attente pendant la préparation d'un Énoncé des incidences environnementales (EIE). La participation dans le projet se répartit comme suit : Cameco, 48,75 pour cent ; Cogéma, 36,375 pour cent ; Idemitsu Uranium Exploration Canada Limited ; 12,875 pour cent ; et Korea Electric Power Corporation, 2 pour cent (sans droit de vote). Au milieu de 1997, la Tokyo Electric Power Corporation, principale compagnie d'électricité nucléaire du Japon, a racheté à Idemitsu Kosan 5 pour cent des parts de Cigar Lake. Les ressources in situ sont évaluées à 148 000 t d'U à une teneur moyenne de 7,7 pour cent. Lors des premiers essais sur le corps minéralisé, au préalable congelé, une foreuse-soutireuse a permis d'extraire à distance 53 tonnes de minerai d'une teneur en uranium de près de 15 pour cent, tandis qu'une nouvelle méthode de forage au jet d'eau à haute pression a permis d'extraire plus de 100 tonnes de minerai d'une teneur de plus de 13 pour cent.

À McArthur River (Saskatchewan), des travaux de prospection et d'évaluation des réserves de minerai se sont poursuivis en 1995 pour permettre d'achever l'établissement d'un EIE, préalable à la mise en route de la procédure publique d'évaluation des incidences sur l'environnement. Si les autorisations nécessaires sont obtenues en temps voulu, l'aménagement du site pourra être terminé assez tôt pour qu'il soit possible de traiter sans interruption le minerai de McArthur River à Key Lake (voir plus haut). Au stade de la production, la propriété sera répartie comme suit : Cameco, 56,435 pour cent ; Uranerz, 27,331 pour cent ; et Cogéma, 16,234 pour cent. En 1995, les ressources du gîte de McArthur River ont été révisées à la hausse, passant de 100 000 tonnes avec une teneur moyenne de 4,2 pour cent d'uranium à 160 000 tonnes avec une teneur moyenne de 12,7 pour cent, les réserves exploitables s'élevant au total à 73 000 t d'U avec une teneur en uranium de 16 pour cent.

Le projet de Kiggavik est situé à l'ouest du lac Baker (Territoires du Nord-Ouest). Jusqu'au début de 1997, la participation dans ce projet se répartissait comme suit : *Urangesellschaft Canada Limited* (filiale exploitante de Cogéma), 79 pour cent ; *CEGB Exploration (Canada) Limited*, 20 pour cent ; et *Dae Woo Corporation* (Corée du Sud), 1 pour cent. En 1990, une évaluation du point de vue de l'environnement a révélé l'existence de plusieurs lacunes dans l'EIE relatif au projet, et un délai supplémentaire a été accordé aux requérants, pour leur permettre la réévaluation de leur proposition en y incluant des informations complémentaires. Il n'est pas prévu que le projet de Kiggavik démarre au cours des années 90. À la fin de 1996, Cameco a cherché à diversifier sa base de ressources en convenant d'acheter les avoirs nord-américains de Magnox Electric, société d'État britannique à responsabilité limitée. Elle est également parvenue, en janvier 1997, à acquérir les projets d'exploitation de l'uranium de *Power Resources Inc.*, au Wyoming, et les avoirs de la CECB en Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest, notamment 20 pour cent du projet de Kiggavik qu'elle a revendus à la Cogéma, en juin 1997.

**PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION
D'URANIUM AU CANADA (au 1er janvier 1997)**

	Centre N° 1	Centre N° 2	Centre N° 3
Nom du centre de production	Key Lake	Rabbit Lake	Cluff Lake
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En service	En service
Date de mise en service	1983	1976	1980
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	Gaertner et Deilmann Liés à des discordances	Rabbit Lake, Collins Bay, et Eagle Point Liés à des discordances	Dominique-Peter/Janine Liés à des discordances
Exploitation minière : • Type (CO/ST/IS) • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	CO n.d. 90 (estim.)	CO/ST n.d. 90 (estim.)	CO/ST n.d. 85 (estim.)
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	LA2/ES > 800 98	LA/ES > 2 500 97	LA/ES > 900 98
Capacité de production (<i>t d'U/an</i>) • nominale • autorisée	5 400 5 700	3 900 6 500	1 900 2 020
Projets d'agrandissement	Visent le gîte de McArthur River	Visent le gîte d'Eagle Point et autres	Visent le prolongement du gisement D-J
Autres remarques	Minerai de McArthur River destiné à alimenter l'usine	Minerai d'Eagle Point destiné à alimenter l'usine	Minerai du prolongement du gîte D-J destiné à alimenter l'usine

Note : Les données relatives au taux moyen de récupération en cours de traitement sont de 1996.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION
D'URANIUM AU CANADA (au 1er janvier 1997)

	Centre N° 1 A	Centre N° 5	Centre N° 6	Centre N° 7
Nom du centre de production	McArthur River	Cigar Lake	McClellan/Midwest	Kiggavik
Catégorie de centre de production	Prévu	Prévu	Commandé (McClellan) Prévu (Midwest)	Prévu
Stade d'exploitation	Examen public en 1996 ; rapport de la Commission mixte au début de 1997	Examen public en cours par la Commission mixte	Mise en production de McClellan au milieu de 1997 et révision du projet de Midwest	Étude de faisabilité en cours
Date de mise en service	Fin des années 90	Fin des années 90	Milieu de 1997 et 2003	Début des années 2000
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	P2N et autres Liés à des discordances	Cigar Lake Liés à des discordances	JEB, McClellan, Sue, Midwest Liés à des discordances	Kiggavik, Andrew Lake Liés à des discordances
Exploitation minière : • Type (CO/ST/IS) • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	ST n.d. n.d.	ST n.d. n.d.	CO et ST n.d. n.d.	CO n.d. n.d.
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	Traitement du minerai à Key Lake n.d. n.d.	Traitement du minerai à McClellan Lake n.d. n.d.	n.d. n.d. n.d.	n.d. n.d. n.d.
Capacité de production nominale (<i>t d'U par an</i>) Projets d'agrandissement	6 900 (estim.) Porter la capacité à 6 900 t d'U/an	4 600 (estim.) Aucun à ce stade	2 300 (estim.) D'abord McClellan, puis Midwest	1 200 (estim.) Aucun à ce stade
Autres remarques : Durée de vie de la mine	> 15 ans	> 20 ans	> 15 ans	> 10 ans

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Commissions d'examen et d'évaluation des incidences sur l'environnement des projets en Saskatchewan

Historique

En 1991, six propositions d'exploitation de mines d'uranium en Saskatchewan ont été soumises pour examen en application du Décret fédéral sur les lignes directrices visant le Processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (PEEE). Une commission mixte fédérale-provinciale a fait rapport en octobre 1993 sur trois projets : le prolongement du gisement Dominique-Janine à Cluff Lake ; le projet de McClean Lake ; et le projet en coparticipation de Midwest. Les autorités fédérales et provinciales ont donné suite aux recommandations de la Commission mixte en décembre 1993. Elles ont les unes et les autres déclaré pour l'essentiel que les projets de Cluff Lake et de McClean Lake devaient être poursuivis sous réserve de la procédure d'autorisation menée par la CCEA, mais que le projet de Midwest ne devrait pas être approuvé dans sa forme actuelle. Une seconde commission uniquement constituée de représentants du gouvernement fédéral a fait rapport, en décembre 1993, sur le projet d'agrandissement d'Eagle Point et de Collins Bay à Rabbit Lake. Les autorités fédérales ont donné suite aux recommandations de cette commission strictement fédérale en mars 1994, en déclarant également que le projet devait être poursuivi sous réserve de la procédure d'autorisation de la CCEA.

Événements récents

En 1995, les énoncés des incidences environnementales relatifs aux projets de Cigar Lake et de McArthur River, ainsi que la version modifiée visant le projet en coparticipation de Midwest, ont été soumis pour examen. Des informations complémentaires ont été fournies au début de 1996 en réponse à des demandes ultérieures. En avril 1996, la Commission mixte fédérale-provinciale d'évaluation des incidences sur l'environnement des projets d'exploitation de l'uranium dans le nord de la Saskatchewan s'est réunie de nouveau et a procédé, en mai et en juin, à l'examen du projet de Midwest dans sa version modifiée. Les audiences publiques concernant les projets de Cigar Lake et de McArthur River ont eu lieu pendant tout le mois de septembre et au début d'octobre 1996. L'examen de ces propositions par la Commission vise à déterminer si elles sont acceptables compte tenu de leurs incidences sur l'environnement, la santé et la sécurité, et de leurs aspects socio-économiques. Les audiences offrent aux participants la possibilité de présenter leurs opinions et leurs vues sur le caractère acceptable des propositions, en se référant aux données figurant dans les EIE rédigés par Cameco (McArthur River), Cogema (Midwest) et Cigar Lake Mining Corporation. Au cours des deux mois d'audiences publiques prévues pour ces trois projets, la Commission mixte a entendu quelque 75 groupes, agences et représentants du gouvernement.

Le 26 août 1996, *Cogema Resources Inc.*, maître-d'œuvre du projet de McClean Lake, a informé la Commission mixte qu'elle modifierait son plan d'évacuation des résidus de la mine JEB. La méthode d'évacuation « en milieu perméable » avait été approuvée pour le projet de McClean Lake, en 1993. Toutefois, le recours à des techniques améliorées d'évacuation par réduction des résidus sous forme de pâte et immersion pour tous les résidus des projets de McClean Lake, de Midwest et de Cigar Lake, serait préférable à condition que ces nouvelles technologies soient approuvées. Le délai nécessaire pour les faire approuver a amené la Cogéma à présenter une nouvelle proposition. Les

résidus de McClean Lake seraient évacués en milieu perméable, technique déjà approuvée, ceux des projets de Cigar Lake et de Midwest étant ultérieurement immergés sous forme de pâte si cette technique est approuvée.

Comme la proposition modifiée porte sur une nouvelle méthode d'évacuation, sur laquelle la Commission ne dispose d'aucune information, Cogéma a été invitée à fournir une description complète de la technique mixte de gestion des résidus par élimination en milieu perméable et par immersion sous forme de pâte, y compris des données relatives au projet de Midwest. La Commission a fait remarquer que, tant que ces informations n'auront pas été reçues, communiquées au public pour examen et commentaires, et débattues au cours d'audiences publiques, elle ne pourra pas achever son examen du projet de Midwest. Comme les résidus de Cigar Lake seraient aussi évacués dans la mine JEB, les audiences supplémentaires prévues pour débattre de l'évacuation des résidus de Midwest porteront également sur l'évacuation des résidus de Cigar Lake.

Le 31 octobre 1996, les initiateurs des projets de Cigar Lake et de Midwest ont soumis une documentation sur le nouveau plan d'évacuation des résidus, que la Commission a diffusée en vue d'un examen public de 30 jours. Toutefois, après examen, la Commission a annoncé que les informations fournies étaient insuffisantes pour justifier des audiences supplémentaires et qu'elle avait besoin d'autres données. Les requérants ont fourni ces données le 2 mai 1997. Les dernières audiences publiques se sont déroulées en août 1997, et la Commission devrait être en mesure de soumettre aux autorités publiques ses recommandations sur ces deux rapports avant la fin de l'année. Ceci devrait permettre au gouvernement de répondre à la Commission au début de 1998.

La Commission a terminé son examen du projet de McArthur River à la fin de 1996 et a soumis ses recommandations aux autorités publiques vers la fin de février 1997. Elle a recommandé d'autoriser la poursuite du projet, sous certaines réserves. Les réponses respectives des autorités provinciales et fédérales ont été rendues publiques les 5 et 8 mai 1997. Les une et les autres ont souscrit aux conclusions de la Commission, à savoir que l'on pouvait désormais passer à la procédure de délivrance des permis pour le projet de McArthur River.

Opération de déclasséement des résidus d'uranium d'Elliot Lake

En juin 1996, la Commission d'évaluation des incidences sur l'environnement d'Elliot Lake a soumis au Ministre fédéral de l'Environnement ses recommandations, souscrivant aux propositions de Rio Algom et de Denison concernant les opérations de déclasséement des résidus. Plus tôt dans l'année, la Commission avait terminé l'examen des plans des requérants pour le déclasséement de leurs sites de résidus d'usine de traitement dans la région d'Elliot Lake (Ontario). Les recommandations de la Commission ne devraient pas modifier sensiblement les coûts estimatifs de fermeture et de remise en état des installations d'évacuation des résidus de Quirke, Panel, Denison et Stanrock. La réponse fédérale, rendue publique au début d'avril 1997, a avalisé la plupart des 29 recommandations de la Commission.

Nouvelle politique cadre du Canada sur les déchets radioactifs

Le 10 juillet 1996, le Gouvernement du Canada a rendu publique sa politique-cadre concernant les déchets radioactifs. Conçue pour orienter la démarche du Canada quant à l'évacuation des déchets radioactifs au siècle prochain, elle énonce les règles fondamentales à respecter, et définit le rôle du gouvernement, des producteurs et des propriétaires de déchets. Elle recommande que la gestion et

l'évacuation à long terme des combustibles irradiés, des déchets faiblement radioactifs et des résidus d'extraction et de concentration de l'uranium, se fassent de manière sûre, cohérente, respectueuse de l'environnement, économiquement efficace et intégrée. Conformément au principe du « pollueur-payeur », il y est précisé que les producteurs et les propriétaires de déchets sont responsables du financement, de l'organisation, de la gestion et de l'exploitation des sites d'évacuation et autres installations requises pour leurs déchets. Ce principe reconnaît que les modalités peuvent varier selon qu'il s'agit de combustibles irradiés, de déchets faiblement radioactifs ou de résidus d'extraction et de concentration de l'uranium.

DONNÉES STATISTIQUES SUR LA PRODUCTION D'URANIUM

Capacité théorique de production à long terme

Il n'est pas prévu d'ouvrir d'autres centres de production que ceux qui sont décrits plus haut, et aucun centre potentiel n'a été défini comme susceptible d'être alimenté par des ressources connues. Certains des nouveaux projets susmentionnés permettront de prolonger la durée de vie utile des centres de production existants ou envisagés, comme ceux de McArthur River, Dominique-Janine, Eagle Point et Midwest. À part le projet de Kiggavik, qui ne devrait pas être entrepris avant le tournant du siècle, il n'est pas prévu d'aménager de nouveaux centres de production. La capacité théorique de production d'uranium pourrait approcher les 20 000 t d'U vers l'an 2000, mais elle devrait revenir peu après à environ 15 000 t d'U et se maintenir à ce niveau pendant de nombreuses années.

Facteurs les plus susceptibles d'influer sur la capacité théorique de production à long terme

Le niveau de capacité théorique de production d'uranium susceptible d'être maintenu au cours de la prochaine décennie dépend de plusieurs facteurs. Les deux facteurs principaux qui détermineront le calendrier de mise en service de nouvelles capacités seront l'évolution des marchés internationaux de l'uranium et le délai d'exécution de la procédure publique d'évaluation des incidences sur l'environnement évoquée plus haut. Une fois obtenues les approbations environnementales et réglementaires, la décision de démarrer la production sera une décision d'ordre économique que prendront en dernier ressort les requérants en tant qu'investisseurs, sur la base de leurs perceptions du marché de l'uranium et du succès de leurs efforts de commercialisation.

BESOINS EN URANIUM

Au début de 1997, 21 réacteurs CANDU représentant au total une puissance installée de près de 14 700 MWe étaient en exploitation au Canada. La tranche N 2 de la centrale Bruce A a été fermée le 8 octobre 1995, mais les plans de production d'électricité d'Ontario Hydro prévoient son éventuelle remise en service pour répondre à la demande après l'an 2000. Cet événement, parmi d'autres survenus récemment, a réduit les besoins en uranium au Canada de quelque 1 900 tonnes d'U par an à environ 1 800 tonnes d'U par an.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

Pour la première fois en 1992, Ontario Hydro a lancé un appel d'offre aux producteurs d'Australie, de Namibie, des États-Unis, ainsi que du Canada, pour s'approvisionner en uranium. En 1993, elle a choisi quatre producteurs (trois canadiens et un étranger) pour couvrir environ 35 pour cent de ses besoins en uranium de 1996 à 2002. Cameco, Uranerz, Cogéma et Western Mining Corporation (Olympic Dam) ont chacune accepté de fournir quelque 150 tonnes d'U par an pendant la durée du contrat. À la fin de 1993, Ontario Hydro a lancé un deuxième appel d'offre adressé aux mêmes fournisseurs, en vue de couvrir 20 pour cent de ses besoins de 1997 à 2000. En 1994, elle a retenu *Energy Resources of Australia* (mine de Ranger) et Cameco pour lui fournir chacune environ 100 t d'U par an, et Uranerz pour lui fournir environ 75 t d'U par an, pendant la durée du contrat. En juin 1995, Ontario Hydro a lancé un troisième appel d'offre pour obtenir 50 et/ou 100 t d'U par an de 1997 à 1999. Cet appel a non seulement été adressé aux producteurs du Canada, de l'Australie, des États-Unis, de la Namibie et de l'Afrique du Sud, mais aussi à des entreprises conjointes opérant dans la CEI ou à des offres soumises conjointement par des pays occidentaux et des fournisseurs de l'ex-Union Soviétique (étant entendu que chacun de ces deux groupes de fournisseurs devrait fournir 50 pour cent du total). En novembre 1995, dans son premier appel d'offres important sur le marché au comptant, Ontario Hydro a sollicité des soumissions pour des quantités variant entre 38 et 230 t d'U, précisant que quelque 154 t d'U devaient être livrées en janvier 1996, et le reste en milieu d'année. Aucune restriction n'a été imposée quant à l'origine de l'uranium qui pouvait ainsi provenir d'un ou de plusieurs fournisseurs, à la condition que le lieu d'origine soit spécifié. Dans tous les cas, les soumissionnaires retenus doivent garantir que leurs opérations de production respectent tous les règlements applicables, notamment ceux en matière de protection de l'environnement, et que leurs soumissions indiquent à la fois un prix plafond lié à celui du marché et un prix de base avec clause d'indexation.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

L'examen global le plus récent de la politique canadienne en matière d'exportation d'uranium remonte à 1990. Il était axé sur les aspects commerciaux de la politique et a entraîné un certain assouplissement de plusieurs exigences, conformément aux engagements pris par le gouvernement en faveur d'une libéralisation des échanges (les résultats de cet examen figurent dans l'édition de 1991 du Livre rouge). Les modifications intervenues depuis quant au *traitement additionnel* et aux exigences en matière de *fixation des prix* sont indiquées dans l'édition de 1995 du Livre rouge.

En mars 1993, le Canada a conclu officiellement avec les États-Unis un accord autorisant l'exportation d'uranium canadien destiné à être utilisé dans des réacteurs nucléaires pour la production d'électricité dans le Taïpeh chinois. Cet uranium doit être transféré du Canada aux États-Unis pour y être enrichi et transformé en combustible nucléaire avant d'être envoyé au Taïpeh chinois. Les modalités prévues dans le cadre de cet accord répondent aux objectifs de la politique canadienne de non-prolifération nucléaire.

En janvier 1995, la nouvelle Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE) a été promulguée par décret, venant compléter la récente création de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale. Tous les projets qui doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale par les autorités fédérales seront désormais étudiés dans le cadre du Processus canadien d'évaluation environnementale (PCEE), naguère appelé PEEE. La création de ce nouvel organisme et la promulgation de la nouvelle Loi n'auront aucune incidence sur l'évaluation des projets d'exploitation

de mines d'uranium en Saskatchewan, puisque l'évaluation des six projets en question a été entreprise et sera menée à terme dans le cadre du PEEE.

Le 21 mars 1996, le projet C-23 de *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires (LSRN)*, a été déposé à la Chambre des communes. Alors que la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique (LCEA)* en vigueur régit les activités nucléaires du point de vue tant de la réglementation que du développement, la nouvelle loi abrogera les sections de la LCEA qui instaurent la Commission de contrôle de l'énergie atomique et en régisse le fonctionnement, remplaçant cette dernière par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). La nouvelle législation modifiera les autres sections de la LCEA, qui seront regroupées dans la nouvelle *Loi sur l'énergie nucléaire*, et continueront de régir les aspects de la mise en valeur de l'énergie nucléaire, y compris le fonctionnement de l'Énergie Atomique du Canada Limitée (EACL), organisme fédéral de recherche, de développement et de commercialisation de l'énergie nucléaire. En séparant les deux fonctions, la nouvelle loi confèrera à la nouvelle CCSN une identité propre, tout en soulignant la distinction entre son rôle et celui de l'EACL. Cette mesure devrait permettre de réglementer plus explicitement et plus efficacement l'énergie nucléaire au Canada. Le 20 mars 1997, la LSRN a reçu la sanction royale.

STOCKS D'URANIUM

Le gouvernement canadien ne maintient aucun stock d'uranium naturel et les données relatives aux producteurs et compagnies d'électricité ne sont pas disponibles. En outre, comme il n'existe pas au Canada d'installations d'enrichissement ou de retraitement, il n'y a pas dans ce pays de stocks d'uranium enrichi ou retraité.

Cependant, même si les réacteurs canadiens fonctionnent à l'uranium naturel, de faibles quantités d'uranium enrichi sont utilisées au Canada à des fins expérimentales ainsi que dans les barres de dopage de certains réacteurs CANDU. De plus, de faibles quantités d'uranium appauvri sont parfois importées au Canada pour la fabrication à la demande de pièces de métal appauvri par la Cameco.

Aucun changement important n'est intervenu dans les pratiques en matière de stocks des compagnies d'électricité, depuis ceux qui ont été indiqués dans l'édition de 1989 du Livre rouge.

PRIX DE L'URANIUM

Statistiques sur les prix* de l'uranium à l'exportation

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Prix moyen du kg d'U (dollars canadiens)	71 \$	61 \$	59 \$	50 \$	51 \$	47 \$	53.60 \$
Taux de change moyen	1.1668	1.1458	1.2083	1.2898	1.366	1.373	1.364
Prix moyen de la livre d'U ₃ O ₈ (dollars des États-Unis)	24 \$	21 \$	19 \$	15 \$	14 \$	13 \$	15.10 \$
Pourcentage de livraisons sur le marché au comptant	< 1%	< 2%	< 1%	< 1%	< 1%	< 2%	< 1%

* Prix moyen de TOUTES les livraisons en exécution de contrats d'exportation.

Note : Seul les prix de 1996 sont disponibles avec une précision de deux décimales.

• Chili •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les activités de prospection de l'uranium au Chili remontent au début des années 50. Au cours des quelques années qui ont suivi, la Commission de l'énergie atomique des États-Unis (USAEC), travaillant en coopération avec plusieurs organismes publics chiliens, a découvert des minéralisations uranifères liées à des gisements filoniens de cuivre de type hydrothermal et de haute température, des cheminées bréchiques à tourmaline comportant des minéralisations de cuivre et de molybdène, ainsi que dans des dykes pegmatitiques.

Peu de travaux de suivi ont été menés jusqu'en 1974, date à laquelle un programme à long terme de prospection de l'uranium a été entrepris. Ce projet a été exécuté par la Commission chilienne de l'énergie nucléaire (CChEN) avec l'aide du PNUD et de l'AIEA. Le PNUD a fourni le financement et une assistance technique, de même que des équipements de terrain et de laboratoire. Plusieurs levés radiométriques aéroportés et autoportés ont été effectués parallèlement à des programmes d'échantillonnage géochimiques. Ces activités, conjointement avec des travaux analogues exécutés par des sociétés privées, ont permis de confirmer la présence de minéralisations uranifères dans plusieurs milieux géologiques. Il s'agit notamment de gisements filoniens, de gisements en remplissage de cheminées bréchiques, de gîtes de contact métamorphiques, de gisements superficiels, ainsi que d'autres minéralisations associées à des anomalies radiométriques.

En 1983, la réalisation du programme électronucléaire projeté par le Chili a été repoussée à l'an 2000. Cet ajournement, joint à la faiblesse du marché de l'uranium, a conduit à des compressions budgétaires et à des réductions d'effectifs à la CChEN.

À la fin des années 80 et au début des années 90, la CChEN étudiait le potentiel uranifère de certains milieux géologiques. Ses travaux ont porté notamment sur des zones affectées par le magmatisme datant du Permo-Trias et par le volcanisme acide à intermédiaire datant du Crétacé supérieur, de même que sur des dépressions remplies de sédiments évaporitiques datant du Cénozoïque supérieur.

Activités récentes et en cours

La politique du gouvernement en vue de satisfaire les besoins énergétiques nationaux n'envisage pas la possibilité de recourir à l'électronucléaire avant le courant du siècle prochain. Toutefois, la possibilité d'utiliser l'énergie nucléaire pour le dessalement de l'eau de mer fait l'objet de discussions. Vu les très modestes perspectives s'offrant en matière de programme de développement de l'énergie nucléaire, les activités de la Section d'études géologiques et minières de la CChEN ont été réduites au minimum.

Malgré les restrictions affectant son budget et ses effectifs, cette Section poursuit quelques activités de recherche. Pour optimiser les efforts, des accords de coopération ont été conclus avec d'autres institutions gouvernementales et des universités.

Récemment, le projet comprenant la stratigraphie et la reconnaissance régionale de l'uranium dans une zone liée à la province métallogénique de fer a été achevé. L'étude, qui couvre la zone côtière s'étendant sur 820 km du nord au sud entre les villes de Chanaral et Ovalle et sur 50 km d'est en ouest, a permis de cerner un certain nombre d'anomalies radiométriques, et de définir la relation zonale entre les minéralisations de fer, de cuivre, d'or, d'uranium et de thorium. Des indices d'éléments de terres rares ont également été découverts.

D'après l'association existant entre l'uranium et le thorium, d'une part, et les éléments de terres rares, d'autre part, un projet commun entre la CChEN et la Société minière nationale, l'ENAMI, est en cours en vue d'étudier la présence d'éléments de terre rares dans le Secteur III de la Cordillera de la Costa, formation d'Atacama.

En outre, un nouveau projet d'exploration est en train d'être mis au point dans le but de découvrir de nouvelles sources de minéraux radioactifs et d'autres minéraux présentant de l'intérêt dans le domaine nucléaire, d'élaborer des modèles de gisement et de poursuivre l'évaluation périodique du potentiel en uranium et en thorium du pays.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM

DÉPENSES DU GOUVERNEMENT	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
<i>(milliers de pesos chiliens)</i>	39 751	81 621	58 057	65 379
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	93,53	217,66	143,35	155,66

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Le Chili fait état de ressources classiques connues représentant 296 t d'U au total, sans ventilation par tranche de coût. Ce total comprend 60 t d'U entrant dans la catégorie des RRA renfermées dans le gisement superficiel de Salar Grande (28 t) et dans le gisement de type filonien d'Estación Romero (32 t), ainsi que 366 t d'U dans la catégorie des RSE-I dans les gisements de Estación Romero et de Pejerreyes.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les ressources classiques non découvertes sont estimées à 758 t d'U au total, s'agissant de RSE-II sans ventilation par tranche de coût. La majeure partie de ces ressources (630 t d'U) se trouve dans les gisements de type filonien de Estación Romero et de Los Mantos-El Durazno. Les 128 t d'U restantes sont renfermées dans les gîtes superficiels de Salar Grande (100 t d'U), Pampa Camerones (4 t d'U) et de Quillagua-Qda. Amarga (24 t d'U).

BESOINS EN URANIUM

Selon le plan énergétique national, il ne semble pas que la construction d'une centrale nucléaire soit nécessaire à court terme. L'industrie privée, toutefois, envisage d'en construire une pour produire de l'électricité susceptible de servir au dessalement de l'eau de mer.

La CChEN a aussi étudié la possibilité d'acheter de l'uranium enrichi sous forme d' UF_6 , dans le cadre de son projet de fabrication de combustible pour son réacteur de recherche de La Reina.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Comme le prévoit la Loi 16 319, la CChEN a pour mandat de conseiller le Gouvernement sur toutes les questions liées à l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire. Elle est également chargée d'élaborer, de proposer et d'appliquer les plans nationaux de recherche, de développement, d'utilisation et de contrôle visant tous les aspects de l'énergie nucléaire.

• Chine •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les travaux d'exploration et de prospection de l'uranium ont débuté en Chine en 1955. La période de 40 ans écoulée depuis cette date peut être subdivisée en quatre phases. Les principaux travaux accomplis au cours de la première phase (de 1955 aux années 60) comportent l'organisation d'équipes de prospecteurs, la mise à niveau des techniques de prospection, et des travaux de prospection générale de l'uranium en Chine. Au cours des années 60, les travaux de prospection ont été approfondis par l'étude et l'acquisition d'une meilleure connaissance de la métallogénie de l'uranium. Au cours des années 70, des méthodes exhaustives de prospection géophysique et géochimique ont été largement utilisées en vue de localiser des gisements d'uranium sous couverture. Depuis les années 80, les travaux de recherche portant sur le cadre géologique régional ont été intensifiés en vue de localiser de nouveaux types de gisements d'uranium, y compris de grands gisements à teneur élevée et des gisements présentant davantage d'intérêt économique.

La responsabilité de la gestion de la prospection et de l'exploration de l'uranium en Chine incombe au Service d'études géologiques (SEG) de la Société nucléaire nationale de Chine (CNNC).

Cet organisme public est investi des fonctions suivantes : enregistrer les activités de prospection et d'exploration des ressources minérales radioactives ; recueillir et diffuser des matériaux et des données relatifs à la prospection et à l'exploration ; et homologuer les réserves. Le Service d'études géologiques dispose de six agences régionales : le Service géologique de la Chine de l'Est (Nanchang), le Service géologique de la Chine du Centre-Sud (Changsha), le Service géologique de la Chine du Nord-Ouest (Xi'an), le Service géologique de la Chine du Nord-Est (Shenyang), le Service géologique de la Chine du Sud (Shaoguan) et le Service géologique de la Chine du Sud-Ouest (Guanghan). Le Service d'études géologiques supervise 52 équipes de géologues, un centre de levés aéroportés et de télédétection, huit instituts de recherche, un collège, trois écoles techniques, six centres de formation de techniciens, un institut d'ingénieurs de prospection, huit installations de fabrication et trois hôpitaux. L'effectif total compte 45 000 personnes, dont 14 000 techniciens.

Au cours des 40 dernières années, les activités de prospection ont comporté des levés radiométriques au sol sur 3 millions de km², des levés radiométriques aéroportés sur 2 500 000 km², 30 millions de mètres de forage et de galeries. Ces travaux ont débouché sur la découverte de 12 zones uranifères et de huit régions présentant un potentiel uranifère.

Face à l'évolution du marché international de l'uranium, le SEG a changé sa stratégie de prospection, en 1990, en délaissant les gisements granitiques, carbonés-siliceux-pélimitiques et volcaniques situés principalement en Chine septentrionale pour se concentrer sur les gisements renfermés dans des grès, situés en Chine méridionale, qui sont exploitables par les techniques de lixiviation in situ.

Les travaux de prospection et d'exploration de l'uranium ont fait appel principalement aux méthodes suivantes : levés par spectrométrie gamma au sol et aéroportée, émanométrie, levés hydrochimiques visant les substances radioactives, méthodes d'exploration structurelles et géophysiques, méthodes géologiques utilisant la radioactivité, télédétection, géologie mathématique, ainsi que prévisions et évaluations des ressources non découvertes.

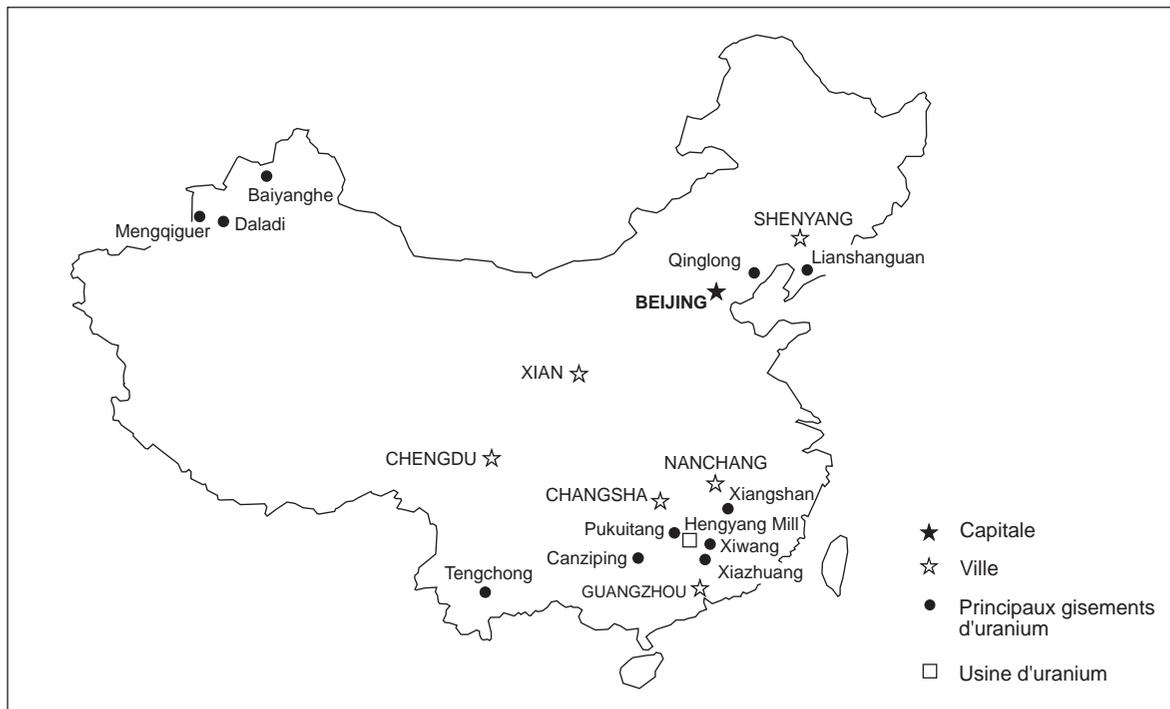
Activités récentes et en cours

La prospection de l'uranium continue d'être axée sur la découverte de gisements renfermés dans des grès. Les projets sont en majorité menés dans les régions autonomes du Xinjiang et de Mongolie intérieure. Seuls quelques projets sont entrepris dans le nord-est et le sud-ouest de la Chine.

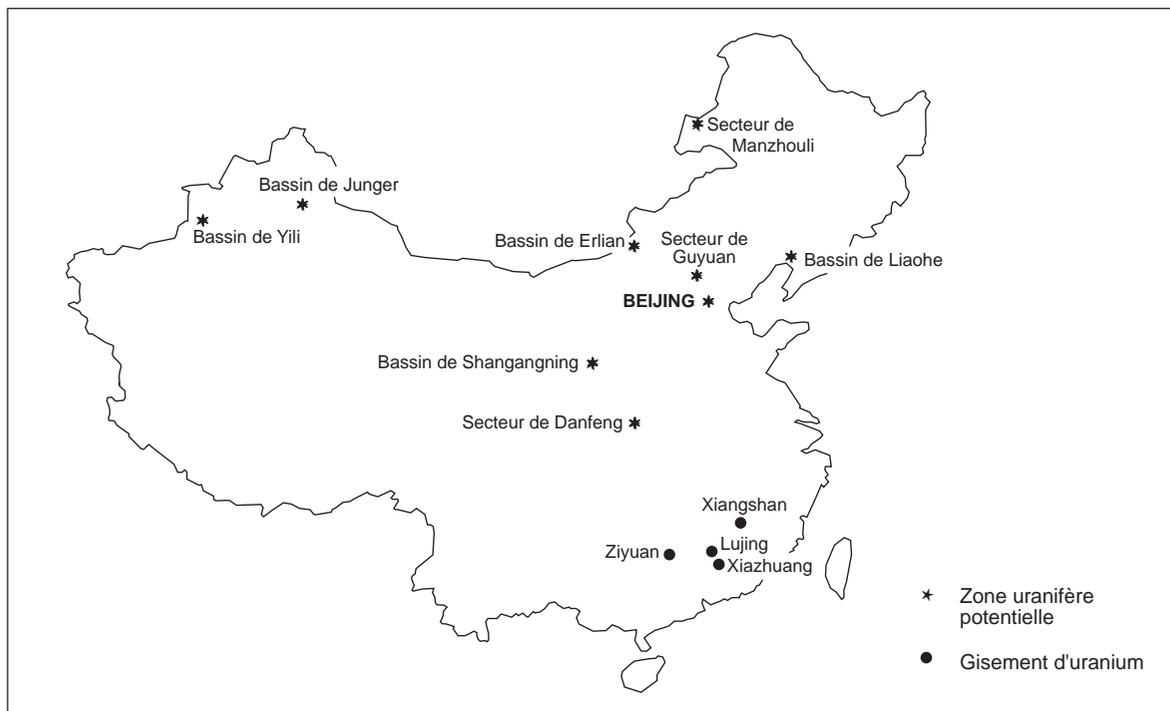
Jusqu'à une date récente, des gisements renfermés dans des grès qui sont exploitables par LIS ont été découverts dans le bassin de Yili (région autonome du Xinjiang). Deux de ces gisements font l'objet de recherches se situant à divers stades. À l'heure actuelle, les projets de prospection font pour la plupart appel à des levés géologiques et géophysiques visant à évaluer les secteurs ou bassins favorables dans les régions autonomes tant du Xinjiang que de Mongolie intérieure. En 1997, ce sont au total 75 projets de prospection qui sont menés par le SEG, situés pour la plupart dans ces deux régions.

La concentration des efforts de prospection de la Chine sur les gisements renfermés dans des grès a entraîné une réduction sensible de la prospection visant d'autres types de gisements en Chine méridionale. Les quelques projets encore en cours dans les terrains granitiques et volcaniques ont pour objectif soit d'évaluer le potentiel uranifère au plan régional, soit de pratiquer des expériences de lixiviation sur des minerais d'uranium renfermés dans des roches cristallines.

Principaux gisements d'uranium en Chine



Zones faisant l'objet de travaux de prospection en Chine



Outre les projets de prospection que le SEG entreprend à son compte, deux autres projets sont menés en collaboration avec des organismes japonais dans le cadre de co-entreprises. Le premier de ces projets porte sur la prospection de gisements liés à des discordances dans la partie orientale de la province de Liaoning, tandis que le second comprend l'établissement d'un modèle de prospection visant les gisements de type volcanique. Ces deux projets en co-entreprise prendront fin en 1998.

Il n'est pas fourni de précisions sur les dépenses de prospection de l'uranium et les activités de forage. Toutefois, on signale qu'en raison du rapide accroissement prévu des besoins en uranium, les activités de prospection de l'uranium se sont intensifiées ces dernières années, en termes de dépenses encourues et de longueur des forages.

RESSOURCES EN URANIUM

Les réserves connues d'uranium sont réparties dans les catégories suivantes, en fonction de la lithologie de la roche encaissante :

Type de roche encaissante	Part des réserves (%)
granitique	38,11
gréseux	21,34
volcanique	19,51
roches carbonées-siliceuses-pélitiques	16,40
migmatites, pegmatites	3,05
quartzites	0,61
roches alcalines	0,61
phosphates	0,31

Les gisements connus d'uranium de type granitique sont principalement situés dans : le massif de Guidong (province de Guangdong) ; le massif de Zhuguanshan (Chine méridionale) ; le massif de Taoshan (province de Jiangxi) ; et le massif de Jiling, datant du Calédonien (Chine du Nord-Ouest). Les gisements d'uranium de type volcanique qui ont été découverts sont situés principalement : à Xiangshan (province de Jiangxi) ; à Xiaoqiuvuan (province de Zhejiang), à Baiyanghe (région autonome de Xinjiang) ; et sur la bordure septentrionale de la plate-forme de la Chine septentrionale. Les gisements uranifères renfermés dans des grès sont principalement situés dans : le bassin de Yili (région autonome du Xinjiang) ; le bassin de Hengyang (province du Hunan) ; à Xunwu (province de Jiangxi) ; à Jianchang (province de Liaoning) ; et dans la partie occidentale de la province du Yunnan. Les gisements d'uranium contenus dans des roches carbonées-siliceuses-pélitiques sont principalement situés : au Huangcai (Laowolong, Chine du Centre-Sud) ; à Canziping (province de Guangxi) ; et à Ruoergai (à la frontière entre les provinces de Sichuan et de Gansu).

La Chine fait état de ressources connues représentant au total 64 000 t d'U, comme cela a été indiqué dans la précédente édition du Livre rouge. Il s'agit de ressources in situ qui ne sont pas ventilées par tranche de coût de production.

Les ressources en uranium connues renfermées dans certains districts et gisements uranifères de Chine sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

	District/Gisement	Ressources connues (tonnes d'U)
1.	District de Xiangshan (province de Jiangxi)	26 000
2.	District de Xiazhuang (province de Guangdong)	12 000
3.	District de Qinglong (province de Liaoning)	8 000
4.	Gisement de Canziping (province de Guangxi)	5 000
5.	Gisement de Cengxian (province du Hunan)	5 000
6.	Gisement de Tengchong (province du Yunnan)	6 000
7.	Gisement de Lantian (province de Guangxi)	2 000
TOTAL		64 000

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

Au cours des dernières années, la Chine a apporté de nombreuses modifications à son industrie de la production de l'uranium et aux activités connexes. Outre la poursuite des progrès techniques, une série d'ajustements et de perfectionnements ont été apportés au cours de la dernière décennie afin de mieux répondre aux exigences de l'économie de marché. Ces modifications comprennent une diminution de la production et la fermeture de mines et usines d'uranium à coûts de production relativement élevés. Il est demandé aux producteurs restants de définir des teneurs de coupure adéquates et de réduire la dilution du minerai, tout en diminuant les effectifs ainsi que la consommation de matériaux, de fournitures et d'énergie.

La Chine a également élargi la mission confiée à l'industrie de production d'uranium à des produits et des techniques en dehors du secteur de l'uranium, en particulier les pigments à base de titane, le magnésium métal, les éléments de terres rares et le phosphore.

Une attention particulière a été portée à l'amélioration tant des techniques que des pratiques de gestion en vue d'accroître la compétitivité de la Chine en réduisant les coûts de production de l'uranium.* Les améliorations techniques permettant de réduire les coûts comportent la mise en œuvre de systèmes d'extraction minière sans rail, ainsi que la mise au point et l'utilisation d'équipements de tri radiométrique pour les minerais extraits par des méthodes classiques. Le recours à la lixiviation a été étendu à la lixiviation souterraine après abattage, et à l'emploi de techniques de lixiviation en tas et in situ (LIS). La lixiviation en tas avec traitement par des solutions acides concentrées et lessivage au sulfate ferrique est utilisée actuellement pour la production d'uranium.

L'application des systèmes d'exploitation minière sans rail, qui a débuté au cours des années 80 dans la mine d'uranium de Quzhou, est également prévue dans le cas des mines de Renhua et de Benxi. Elle a permis de multiplier par un facteur compris entre 2 et 4 la quantité de minerai extrait, tout en réduisant les effectifs nécessaires de 40 à 60 pour cent. On a aussi réduit les pertes et la dilution du minerai, et les coûts d'exploitation ont baissé de 15 à 40 pour cent.

Le tri radiométrique est utilisé pour une production annuelle atteignant 150 000 t de minerai. Cette technologie a été appliquée pour la première fois dans la mine de Fuzhou au cours des années 80.

La lixiviation en place après fracturation a été appliquée pour la première fois en 1990 à la mine de Lantian. Le corps minéralisé N°30 représentait une réserve géologique de 7 160 t d'U, dont la teneur moyenne était de 0,171 pour cent. Le minerai se trouvait dans une zone tectonoclastique constituée de granite fracturé, sur une épaisseur moyenne de 6,6 mètres. Le sommet du corps minéralisé était proche de la surface et les conditions hydrogéologiques ne présentaient pas de complications. La solution de lixiviation était injectée au sommet et elle était recueillie à la partie inférieure du corps minéralisé. Le taux de récupération a dépassé 83 pour cent.

Dans ses programmes futurs, la Chine privilégie tout particulièrement l'extraction par lixiviation in situ. L'Institut de recherche sur l'extraction minière de l'uranium de la CNNC étudie la lixiviation in situ depuis 1970.** Des essais à petite échelle d'extraction in situ ont été menés dans la province de Guangdong jusqu'en 1979, sur le gisement N°501 (1978-1981) et sur le gisement N°381 (Tengchong, province du Yunnan). Sur la base d'un petit essai sur le terrain mené depuis octobre 1982 sur le gisement N°381, une usine pilote d'une capacité annuelle de 3 à 5 t d'U a été achevée à la fin de 1991. Au total 72 puits de mine permettent la mise en valeur d'une réserve de 47 t d'U.

De 1987 à 1991, des essais de production ont été effectués sur le gisement N°512, à Yili (région autonome de Xinjiang à l'extrémité occidentale de la Chine). La mine pilote, d'une capacité de production de 10 t d'U par an, est exploitée par lixiviation au moyen d'une solution d'acide sulfurique

* Zhang, Rong, 1995, « *Improvement of uranium production efficiency to meet China's nuclear power requiremen* » (Améliorer le rendement de la production d'uranium afin de répondre aux besoins du parc nucléaire de la Chine), document présenté à la réunion du Comité technique sur l'évolution récente de la situation en ce qui concerne l'uranium (mise en valeur des gisements, prospection, ressources, et état de l'offre et de la demande mondiales), Kiev, Ukraine, mai 1995.

** Yunbin, Du, 1995, *In-situ Leaching of Uranium in China* (Lixiviation in situ de l'uranium en Chine), document présenté à la Réunion de travail sur l'extraction par lixiviation in situ, Harrachov, République tchèque, mai 1995.

dans cinq puits espacés de 25 m. La capacité de production a été portée à 20 t d'U par an en 1993 et à 40 t d'U par an en 1994. Il est prévu d'achever l'aménagement d'une mine à échelle industrielle d'une capacité de 100 t d'U par an au cours de 1995. Le minerai est constitué de pechblende renfermée dans un grès poreux meuble oxydé constituant un gisement de type remplissage laminé. Il est donné comme étant comparable aux gisements renfermés dans des grès du Texas, aux États-Unis, et de l'ex-URSS. Le bassin de Yili offre de bonnes perspectives d'extension des réserves d'uranium. En 1996, il est prévu de lancer un programme expérimental de lixiviation in situ sur le gisement N°511. La capacité de production par lixiviation in situ dans cette région devrait être portée à environ 400 t d'U par an d'ici à l'an 2000.

Plusieurs autres gisements d'uranium renfermés dans des grès meubles ont été localisés. Des gisements de ce type existent au sud de Xinjiang, qui sont susceptibles d'être exploités par lixiviation in situ, incluant les gisements N°506, 508, 509 et 510, auxquels s'ajoute le gisement N°511. À Longchan (province du Yunnan), on a établi l'existence des gisements N°381, 382, 384 et 50. Le gisement N°205 se trouve à Linchang. Parmi d'autres gisements similaires figurent ceux de la Mongolie intérieure portant les numéros 505, 512, 861, 2022 et 9131, entre autres. Des travaux complémentaires d'analyse seront nécessaires avant que ne soit établie la possibilité d'exploiter ces gisements par lixiviation in situ. Les travaux de recherche se poursuivent en vue d'améliorer les techniques et d'étendre la capacité de production d'uranium par lixiviation in situ de la Chine.

En 1995 et 1996, l'industrie de l'uranium a mené à terme son processus d'adaptation. Outre la fermeture des mines et usines de traitement à coûts élevés ou leur mise en réserve, on a mis en service de nouveaux centres de production, notamment l'installation de LIS de Yining, l'installation de lixiviation en tas de Lantian et la mine de Benxi. Bien que la capacité totale de production de la Chine ait été réduite, elle est maintenue à un certain niveau.

Les améliorations apportées aux niveaux techniques et administratifs ont permis d'accroître sensiblement le rendement de la production d'uranium, qui a triplé ou quadruplé en moyenne. Cette évolution a notamment consisté à réduire les effectifs, qui sont passés de 45 000 personnes en 1984 à 9 000 actuellement. Des précisions sont fournies ci-après.

État de la capacité théorique de production

Depuis 1996 le traitement du minerai a cessé à l'usine de Hengyang, qui été mise en réserve. Toutefois, l'usine de traitement d'uranium qui lui est rattachée, est encore en exploitation. Au cours de la même année, les nouveaux centres de production de Yining, Lantian et de Benxi ont produit au total 260 t d'U.

Les coûts actuels moyens de production d'uranium dans les nouveaux centres de production sont de 30 à 50 pour cent moins élevés que dans les centres qui viennent de fermer.

Les tableaux suivants résument les précisions techniques concernant les centres de production d'uranium.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(1er janvier 1997)

	Centre n° 1	Centre n° 2	Centre n° 3	Centre n° 4
Nom du centre de production	Hengyang	Fuzhou	Chongyi	Tengchong
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En réserve	En service	En service	En service
Date de mise en service	1963	1966	1979	1991
Source de minerai : • Noms des gisements • Type de gisement	Chenxian et autres mines Schiste siliceux et grès	Volcanique	Mine de Chongyi Granite	N°381 Grès
Exploitation minière : • Type (CO/ST/LIS) • Tonnage (<i>t de minerai/an</i>) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	ST 3 000 85-90	ST/CO 700 92	ST/CO 350 90	LIS n.d. n.d.
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (<i>t de minerai/j</i>) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	Classique EI/LA 3 000 85-88	Classique EI/LA 700 90	LET EI/LA 350 n.d.	LIS EI/LA n.d. n.d.
Capacité nominale de production (<i>tonnes d'U/an</i>)	500	300	120	20

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(1er janvier 1997)

	Centre n° 5	Centre n° 6	Centre n° 7
Nom du centre de production	Yining	Lantian	Benxi
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En service	En service
Date de mise en service	1993	1993	1996
Source de minerai :			
• Noms des gisements	N°512	Lantian	Benxi
• Type de gisement	Grès	Granite	Granite
Exploitation minière :			
• Type (CO/ST/LIS)	LIS	n.d.	n.d.
• Tonnage (t de minerai/a)	n.d.	200	100
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	80	85
Installation de traitement :		LET	LET
• Type (EI/ES/LA)	EI/LA	EI/LA	ES/LA
• Tonnage (t de minerai/j)	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	n.d.	90	90
Capacité nominale de production (tonnes d'U/a)	100	100	120
Projets d'agrandissement	Porter à 400 t d'U/a		

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Aucune modification n'est intervenue depuis 1994 dans la structure de la propriété dans le secteur de l'uranium en Chine. Il appartient intégralement à l'État.

Emploi dans le secteur de l'uranium

Depuis la fermeture de certaines mines et usines de traitement, l'emploi dans l'industrie de l'uranium en Chine a continué de baisser. Le tableau suivant récapitule l'évolution la situation de 1994 à 1996.

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
9 100	8 800	8 500	8 500

Centres de production futurs

À l'heure actuelle, le centre de production le plus prometteur est l'installation de LIS de Yining qui exploite le gisement N°512 renfermé dans des grès datant du Jurassique. Sa capacité nominale actuelle de production de 100 t d'U par an devrait être portée à court terme à 400 t d'U par an ou davantage.

Capacité théorique de production à long terme.

La capacité théorique de production d'uranium à long terme dépendra en Chine des besoins en uranium des réacteurs, dont le nombre devrait augmenter rapidement à court terme.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Avec la fermeture partielle ou totale de 12 usines de traitement de l'uranium, d'importants volumes de déchets et de résidus doivent faire l'objet de mesures de déclasserment et de gestion à long terme. Les activités connexes sont en préparation pour quatre sites et les études préliminaires sont en cours pour les huit autres.

BESOINS EN URANIUM

La Chine possède deux centrales nucléaires en exploitation : Qinshan (province de Zhejiang), comportant une tranche de 300 MWe, conçue et construite par la Chine, et Daya Bay (province de Guangdong), construite dans le cadre d'une co-entreprise sino-française, et comportant deux tranches de 900 MWe. La centrale de Qinshan a atteint sa pleine puissance en juillet 1992, tandis que celle de Daya Bay a été couplée au réseau en 1994. Les besoins totaux en uranium de ces deux centrales d'une puissance nucléaire installée globale de 2 100 MWe s'élevaient à 300 tonnes à la fin de 1995.

En 1996, un certain nombre de décisions d'une portée considérable ont été prises en ce qui concerne le développement de l'énergie nucléaire en Chine. De 1996 à 2002, il est prévu de construire huit nouvelles centrales nucléaires représentant globalement une puissance nucléaire installée d'environ 6 900 MWe. Les projets décidés sont les suivant :

- à Qinshan, deux tranches d'une puissance totale d'environ 1 360 MWe. Le projet est actuellement exécuté par la CNNC. La construction de ces deux tranches a démarré respectivement en 1996 et en 1997 ;
- également à Qinshan, dans le cadre d'une co-entreprise sino-canadienne, la construction en 1998 de deux réacteurs de type CANDU d'une puissance installée totale de 1 450 MWe ;
- la construction, dans le cadre d'un projet sino-russe, de deux réacteurs d'une puissance installée totale de 2 120 MWe à Lanyugang (province de Jiangsu). Le projet, qui devait d'abord être réalisé dans la province de Liaoning, a été transféré sur le site actuel où les travaux de construction commenceront en 1998 ;
- enfin, la construction par Framatome, dans le cadre d'un projet sino-français, de deux tranches d'une puissance installée totale de 1 970 MWe à partir de 1997.

La réalisation de ces projets permettra à la puissance nucléaire installée totale d'atteindre environ 9 000 MWe, en 2005. Il est prévu de construire des tranches supplémentaires entre 2005 et 2015, comme l'indiquent les tableaux suivants, qui présentent parallèlement les besoins connexes en uranium.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (*MWe nets*)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
2 100	2 100	3 300	7 000	9 000	17 000	21 000	22 000	27 000

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (*tonnes d'U*)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
300	300	600	900	1 500	2 400	3 000	3 200	4 000

STRATÉGIE EN MATIÈRE D'ACHAT ET D'APPROVISIONNEMENT

Les réserves et les ressources connues en uranium, combinées à l'augmentation récente de la capacité théorique de production d'uranium, seront suffisantes pour satisfaire les besoins à court terme du programme de développement de l'énergie nucléaire de la Chine. Pour faire face à des besoins supplémentaires il faudra des ressources qui n'ont pas encore été découvertes. Pour convertir

ce potentiel uranifère en ressources et réserves connues, la Chine met l'accent sur ses activités de prospection de l'uranium.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

En 1996, la Société d'uranium de Chine (*China Uranium Corporation*) a été créée pour adapter l'industrie de l'uranium aux conditions de l'économie de marché. Cette entité, contrôlée par la CNNC, est chargée de la production de l'uranium.

• Colombie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium en Colombie a débuté en 1967. Environ 300 anomalies uranifères ont été localisées le long des Cordillères orientales et sur le versant oriental de la Cordillère centrale.

Au départ, des sociétés étrangères spécialisées dans l'uranium ont mené des travaux de prospection dans le cadre de contrats d'association passés avec le Gouvernement colombien. Après le retrait de ces sociétés, l'INEA, institut colombien chargé des sciences nucléaires et des formes d'énergie non conventionnelles, a procédé à certains travaux de sondage au cours des années 80. Toutes les activités liées à l'uranium ont pris fin en 1992.

Il n'existe pas de ressources connues entrant dans les catégories des RRA ni des RSE-I en Colombie.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Le Gouvernement colombien ne mène aucun projet lié à la prospection ou à la production d'uranium.

• République de Corée •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Activités récentes et en cours

La Compagnie d'électricité de Corée (*Korea Electric Power Corporation – KEPCO*), dans le cadre de son programme de prospection, participe à un certain nombre de projets à l'étranger. Ainsi, la KEPCO détient une participation de 10 pour cent dans le projet de lixiviation in situ de Crow Butte (Nebraska), aux États-Unis. Elle participe à hauteur respectivement de 2 et de 4,67 pour cent dans les projets de Cigar Lake et de Dawn Lake (Saskatchewan), au Canada. Une autre société coréenne, la société Dae Woo, est partie prenante au projet de Baker Lake, également au Canada, depuis 1983.

DÉPENSES TOTALES DE PROSPECTION DE L'URANIUM À L'ETRANGER (au Canada)

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES (milliers de dollars des États-Unis)	175	178	373	895

BESOINS EN URANIUM

Au 31 décembre 1996, la KEPCO avait onze centrales nucléaires en exploitation commerciale. Ce parc nucléaire, composé de dix REP et d'un RELP, représente une puissance installée de 9 616 MWe soit 27 pour cent de la puissance installée totale du pays. D'après le plan de développement à long terme de la production d'électricité de la Corée, 17 tranches supplémentaires, dont six REP et trois RELP déjà en construction, seront couplées au réseau d'ici à 2010, la puissance nucléaire installée totale se trouvant ainsi portée à 26 329 MWe.

Parallèlement à l'augmentation régulière de la puissance nucléaire installée, les besoins en concentrés d'uranium et en services liés au cycle du combustible ne cessent de s'accroître.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (MWe nets)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
9 600	10 300	13 700	18 700	18 700	26 300	26 300	–	–

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (tonnes d'U)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
1 810	2 760	2 890	3 010	3 010	4 290	4 290	–	–

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Afin d'appuyer de façon efficace le programme d'expansion du parc nucléaire, la KEPCO s'est employée à poursuivre un programme d'approvisionnement en uranium stable, économique et sûr. En conséquence, les besoins en uranium sont essentiellement couverts par des contrats à long terme avec divers pays tels que le Canada, l'Australie, la France et les États-Unis. La KEPCO importe également de l'uranium sur le marché à court terme, et au travers de sa filiale, la KEPRA, qui détient une participation de 10 pour cent dans le projet de Crow Butte, aux États-Unis.

STOCKS D'URANIUM

Traditionnellement, KEPCO maintient un stock stratégique à un niveau représentant une année de consommation prévisionnelle des centrales nucléaires en exploitation. Récemment, elle a porté ce stock à deux années de consommation prévisionnelle des réacteurs. Les stocks sont constitués pour moitié d'uranium naturel dans des installations de conversion à l'étranger, et pour l'autre moitié d'uranium enrichi dans des installations de fabrication du combustible en Corée.

• Cuba •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

En 1985, l'organisme compétent, à savoir le Centre d'études appliquées au développement de l'énergie nucléaire, du Ministère de la Science, de la Technologie et de l'Environnement, a lancé des activités de prospection de l'uranium à Cuba. Ces activités étaient étroitement liées au démarrage de la construction de deux réacteurs nucléaires.

Les travaux visant à évaluer le potentiel uranifère du pays, ont consisté notamment à :

- examiner et évaluer les informations géologiques disponibles ;
- procéder à des études au sol des anomalies décelées lors d'un levé radiométrique aéroporté exécuté précédemment sur l'ensemble du territoire ;
- exécuter certains sondages limités représentant au total environ 6 000 m dans une zone du nord-ouest de Cuba ;
- appliquer des méthodes de détection du radon par détecteurs de traces et à charbon actif ; et
- procéder à des études pour identifier les zones propices à l'uranium sur 70 pour cent du territoire cubain.

Par suite de restrictions budgétaires, la prospection de l'uranium a été réduite en 1990.

Activités récentes et en cours

En 1993 et 1994, étant donné la situation budgétaire, les travaux sur le terrain ont été très limités. Les recherches sur documents se sont toutefois poursuivies, notamment les études sur les zones propices à la découverte d'uranium.

Les projets jusqu'à 1998 prévoient de poursuivre ces études, qui devraient, à la fin de ce siècle, couvrir la totalité du territoire cubain. D'autres étapes, telles que l'évaluation sur le terrain des zones jugées très favorables à la présence d'uranium, dépendront de la situation économique du Centre.

Les dépenses de prospection de l'uranium encourues par le Centre ces dernières années sont récapitulées dans le tableau suivant.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM DU SECTEUR PUBLIC

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC				
<i>(milliers de pesos courants)</i>	169	105,4	86,5	50
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	228	142	86	50

RESSOURCES EN URANIUM

Cuba ne signale pas de ressources en uranium. L'organisme chargé de la prospection a toutefois indiqué un indice d'uranium pour lequel les teneurs en surface atteindraient 3 500 ppm d'U associé au contact entre une intrusion granitique et des calcaires datant du Crétacé supérieur. Comme ce contexte géologique s'étend sur une zone importante, un certain potentiel est attribué à cette dernière, qui est connue sous la dénomination d'Escambray, dans la partie centrale de Cuba.

• Danemark (Groenland) •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Des activités de prospection de l'uranium ont été menées dans des régions situées dans le sud, l'est et l'ouest du Groenland. Au cours de la période 1955-1984, il a été procédé, dans le sud du Groenland, à l'exploration du gisement d'uranium et de thorium de Kvanefjeld. Il s'agit d'un grand gisement à faible teneur lié à des roches intrusives alcalines. Parmi les méthodes de prospection utilisées figurent des levés radiométriques au sol (à l'aide de compteurs Geiger puis, ultérieurement, de spectromètres gamma), des sondages, une diagraphie des sondages, l'étude de carottes par spectrométrie gamma, l'analyse chimique de carottes, une cartographie géologique détaillée, des travaux expérimentaux d'extraction et de titrage ainsi que des activités métallurgiques. Les ressources sont estimées à 27 000 t d'U, auxquelles s'ajoutent 16 000 t d'U dans la catégorie des « Ressources Supplémentaires ». Les autres activités menées dans le sud du Groenland ont consisté en un programme de prospection régionale exécuté entre 1979 et 1986, et comportant des levés hélicoptérés par spectrométrie gamma, des examens géochimiques du réseau hydrographique et des études géologiques. Trois découvertes intéressantes ont été faites : 1) de l'uraninite contenue dans des fractures et filons minéralisés ; 2) une minéralisation de pyrochlore riche en uranium dans des roches alcalines ; et 3) de l'uraninite dans des métasédiments à minéralisation d'origine hydrothermale. On estime que ces zones d'intérêt sont susceptibles de renfermer 60 000 t d'U entrant dans la catégorie des Ressources Spéculatives.

Dans l'est du Groenland, les activités de prospection de l'uranium ont été menées au cours de la période 1972-1977. Un programme de reconnaissance a été réalisé au moyen notamment de levés aéroportés par spectrométrie gamma, d'études géochimiques relatives au réseau hydrologique, d'une scintillométrie exécutée sur le terrain et d'études géologiques. Ce programme n'a abouti à aucune découverte majeure. Des levés de reconnaissance aéroportés par spectrométrie gamma, avec suivi sur le terrain, exécutés dans l'ouest du Groenland, n'ont pas non plus conduit à des découvertes notables.

Activités récentes et en cours de prospection d'uranium

Au Groenland, des levés portant sur des sédiments fluviaux, notamment des analyses visant l'uranium et le thorium, de même que des lectures de scintillomètres (rayonnement gamma total) sont effectués à chaque point de prélèvement d'échantillons. En 1995, un levé a couvert une zone de 7 000 km² dans le nord-ouest du Groenland, mais n'a pas révélé de zone d'intérêt.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Le Danemark signale des ressources classiques connues représentant au total 43 000 t d'U dans le sud du Groenland. Ce chiffre se décompose en 27 000 t d'U dans la catégorie des Ressources Raisonnablement Assurées et 16 000 t d'U dans celle des Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie I. Toutes ces ressources classiques sont récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Le Danemark fait état de Ressources Spéculatives représentant au total 60 000 t d'U dans le sud du Groenland. Il s'agit de 50 000 t d'U récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U et de 10 000 t d'U entrant dans une tranche de coût non défini.

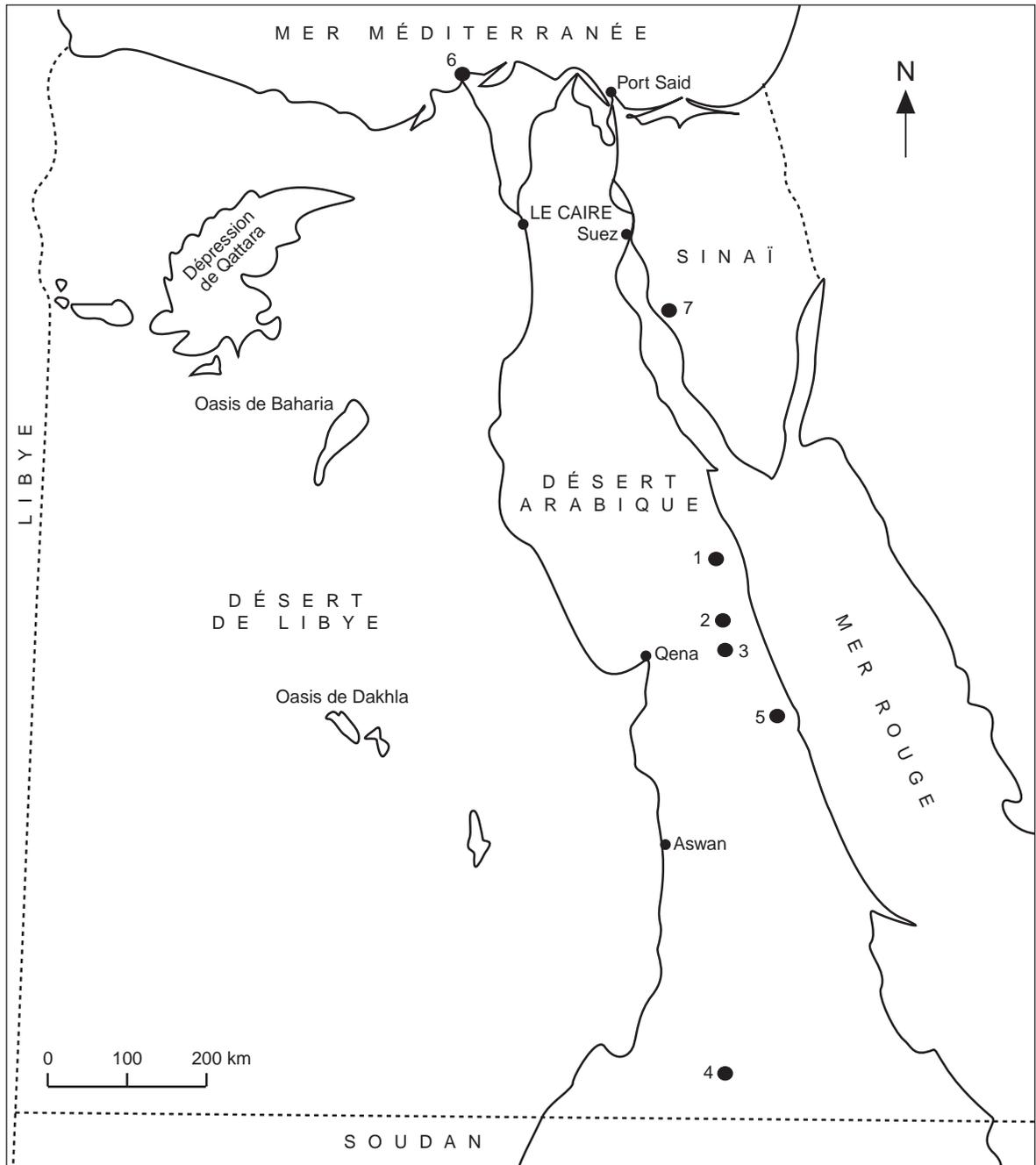
• Égypte •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Activités récentes et en cours

Le Service des matières nucléaires a axé ses travaux de prospection principalement sur la mise en valeur des trois zones minéralisées qui ont été découvertes dans le Désert arabique : Gabal Gattar, El Missikat et El Erediya, et Um Ara. En général, les activités comprennent l'excavation de tranchées profondes et de galeries, des forages au diamant et à percussion, ainsi que la diagraphie de forages, avec à l'appui des analyses en laboratoire. Le tableau ci-dessous montre l'ensemble des activités de 1990 à 1997. Ces activités comprennent également la cartographie topographique, géologique et radiométrique détaillée, ainsi que le prélèvement d'échantillons de lentilles uranifères pour en estimer la teneur et évaluer les réserves qu'elles représentent.

Indices d'uranium en Egypte



Indices d'uranium :

- | | |
|----------------|---------------------|
| 1. G. Gattar | 5. G. Kadabora |
| 2. El Missikat | 6. Rossetta |
| 3. El Eroidya | 7. Sinaï occidental |
| 4. Um Ara | |

ACTIVITÉS DE PROSPECTION DE L'URANIUM DE 1990 À 1997

Emplacement	Excavation de tranchées (m ³)	Sondages	Travaux miniers de reconnaissance (m)
Gabal Gattar	600	–	735
El Missikat et El Erediya	–	1 243	4 950
Um Ara	2 500	230	–

Gabal Gattar

Des travaux miniers de reconnaissance sont en cours, qui servent à suivre la zone de cisaillement renfermant la minéralisation uranifère dans le massif granitique. Les travaux dans le puits vertical se poursuivent pour permettre d'accéder à des galeries horizontales (Site N°1 sur la carte).

El Missikat et El Erediya

Ces gisements ont déjà fait l'objet de travaux de reconnaissance au moyen de quelque 4 000 m de galeries. Des carottages souterrains ont débuté en 1991 et se poursuivent afin de délimiter et d'évaluer les filons uranifères renfermés dans du granite dans ces deux zones (Sites N°2 et 3 sur la carte).

Um Ara

Cette zone se caractérise par des fissures et fractures peu espacées dans un granite à microcline fortement tectonisé et par une zone de cisaillement à proximité du contact entre le granite et les sédiments et roches volcaniques datant du Précambrien dans lesquels il fait intrusion. La minéralisation d'uranium se présente en remplissage secondaire des fractures. La zone fait actuellement l'objet d'une évaluation à l'aide de sondages peu espacés (Site N°4 sur la carte).

Un programme intensif de levés spectrométriques aéroportés sera entrepris pour découvrir de nouvelles zones susceptibles de renfermer un potentiel uranifère. Les zones les plus prometteuses seront couvertes progressivement au cours du programme. Le tableau ci-dessous récapitule les dépenses annuelles de 1994 à 1996.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM

	1994	1995	1996
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC			
<i>(livres égyptiennes)</i>	11 000 000	12 000 000	22 000 000
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	3 244,84	3 560,83	6 528,19

Nouvelles découvertes

Gabal Kadabora

Cette nouvelle zone uranifère a été découverte dans la partie centrale du Désert arabe et se trouve à des stades d'exploration plus ou moins détaillée. Une minéralisation d'uranium est présente dans une masse granitique récente d'une superficie d'environ 320 km². L'uranium est lié à des filons de pegmatite, en particulier le long de la limite externe de cette masse de granite (Site N°5 sur la carte).

Sinaï occidentale

Il s'agit de grès fins et d'argilite uranifères datant du Paléozoïque supérieur. La puissance de l'horizon uranifère varie entre 0,5 et 3,5 m. La teneur en uranium est comprise entre 200 et 500 ppm. La minéralisation est presque complètement exempte de thorium et est associée à du cuivre et à du manganèse. Certaines zones renferment de la xénotime qui présente une forte teneur en terres rares. Plusieurs minéraux d'uranium secondaires ont aussi été décelés, notamment des phosphates, des sulfates, des vanadates, des arsénates et des carbonates. Les indices d'uranium s'étendent sur une zone d'environ 10 km sur 15 km.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I)

L'Égypte ne fait état d'aucune ressource connue en uranium correspondant au système standard de classification de l'AEN/AIEA.

Ressources non classiques et uranium obtenu comme sous-produit

L'Égypte possède des ressources non classiques dans des gisements sédimentaires de phosphates, de même qu'en association avec des gisements de monazite. Ces ressources non découvertes s'établissent à peu près comme suit :

4 000 t d'U pour les RSE-II se répartissant en :	3 000 t d'U dans des phosphates ; et 1 000 t d'U dans des gisements de monazite.
4 000 t d'U pour les RS se répartissant en :	3 000 t d'U dans des phosphates ; et 1 000 t d'U dans des gisements de monazite.

PRODUCTION D'URANIUM

État de la capacité théorique de production d'uranium à partir de ressources non classiques

1. La construction d'une installation à une échelle semi-pilote permettant d'extraire de l'uranium à partir de l'acide phosphorique est presque terminée et sera mise en service dans les premiers mois de 1998. L'installation a une capacité nominale d'environ 15 m³/jour d'acide renfermant approximativement 65 ppm d'uranium.
2. Le Service des matières nucléaires assume désormais l'exploitation des sables noirs égyptiens se trouvant sur la plage de Rosetta, sur la côte méditerranéenne. Ce gisement renferme de la monazite, du zircon et du rutile, ainsi que de l'ilménite et de la magnétite. Le projet prévoit des installations de séparation des minéraux par voie humide et par voie sèche d'une capacité de traitement de 200 m³/h de sable humide. On estime que la zone évaluée renferme environ 6 millions de tonnes de minéraux lourds rentables ayant une teneur moyenne de 2 pour cent. Ces réserves contiennent environ 3 000 t de monazite dans la catégorie de RSE-II. La monazite renferme 0,46 pour cent d'uranium et 6,5 pour cent de thorium, de même que 65 pour cent d'éléments de terres rares (Site N°6 sur la carte).

• Espagne •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium a débuté en 1951 à l'initiative de la *Junta de Energía Nuclear (JEN)*. Les premiers travaux ont porté sur les granites hercyniens de l'ouest de l'Espagne. C'est en 1957 et 1958 qu'ont été découverts les premiers indices dans des schistes précambriens à cambriens, notamment le gisement de Fe, situé dans la province de Salamanque. En 1965, des travaux de prospection ont été entrepris dans des roches sédimentaires et le gisement de Mazarete a été découvert dans la province de Guadalajara. Les activités de prospection poursuivies par la société *Empresa Nacional del Uranio, S.A. (ENUSA)* ont pris fin en 1992. Celles menées dans le cadre d'entreprises communes de l'ENUSA et d'autres sociétés se sont prolongées jusqu'à la fin de 1994. Au cours de cette période, la majeure partie du territoire de l'Espagne a fait l'objet de levés au moyen de diverses méthodes adaptées aux différents stades des recherches. Une vaste couverture des zones les plus intéressantes a été réalisée à l'aide de levés radiométriques aéroportés et au sol.

Activités récentes et en cours relatives à la prospection de l'uranium

En 1995 et 1996, les activités se sont limitées à des sondages de traçage à faible espacement exécutés dans les prolongements du gisement alimentant la mine de Fe de l'ENUSA (province de Salamanque). Ces activités se sont achevées à la fin de 1996.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

De 1993 à 1996, l'ENUSA a déployé des efforts notables en vue d'actualiser les données sur les gisements d'uranium situés dans la province de Salamanque (zone de Ciudad Rodrigo).

Cette tâche a été effectuée à la fois par une intensification des sondages de traçage à faible espacement (plus de 100 000 m étant forés chaque année) et par une actualisation des études de faisabilité et les projets miniers portant sur les corps minéralisés les plus importants de la région.

Pour réaliser cet objectif, on a effectué en 1992-1993 : une mise à niveau complète des capacités de traitement des données, incluant la mise en place de nouveaux systèmes de saisie de ces données ; appliqué des méthodes d'estimation des teneurs ; optimisé l'exploitation à ciel ouvert ; et exécuté des programmes de conception. En conséquence, de nouvelles estimations des ressources récupérables dans les catégories des RRA et des RSE-I ont été réalisées. Les chiffres indiqués pour les RRA sont le résultat d'une optimisation au plan économique de l'exploitation à ciel ouvert, à différents niveaux de prix, qui a été réalisée au cours de l'actualisation du projet minier.

Dans la catégorie des RSE-I pour laquelle il n'existe pas de projet minier détaillé, on a procédé à une estimation des ressources récupérables dans chaque tranche de coût, exprimées en pourcentage des ressources in situ. Toutes les ressources connues en uranium qui sont récupérables à un coût inférieur à 80 \$/kg d'U sont tributaires des centres de production existants.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Il n'a pas été établi d'estimations relatives aux ressources entrant dans ces catégories.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La production a débuté en 1958 dans l'usine d'Andujar (province de Jaen), où elle s'est poursuivie jusqu'en 1980. L'usine de Don Benito (province de Badajoz) a été en service de 1983 à 1990. La production à partir du gisement de Fe (province de Salamanque) a démarré en 1975 par une lixiviation en tas. Une nouvelle installation de lixiviation dynamique est entrée en service en 1993.

État de la capacité théorique de production

La capacité théorique de production à partir du gisement de Fe (province de Salamanque) est de 800 t d'U par an.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenu dans le concentré)

Méthode de production	Avant 1994	1994	1995	1996	Total jusqu'en 1996	1997 Prévisions
Exploitation classique à ciel ouvert	3 175	256	255	255	3 941	255
Autres méthodes (a)	781	0	0	0	781	0
TOTAL	3 956	256	255	255	4 722	255

(a) Comprend la production de la Junta de Energia Nuclear (JEN), obtenue avant 1975 à partir de diverses sources.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Le seul centre de production en exploitation en Espagne appartient à l'ENUSA, société privée détenue à 60 pour cent par la *Sociedad Estatal de Participaciones Industriales* (SEPI) et à 40 pour cent par le Centre de recherche pour l'énergie, l'environnement et la technologie (*Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas – CIEMAT*).

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

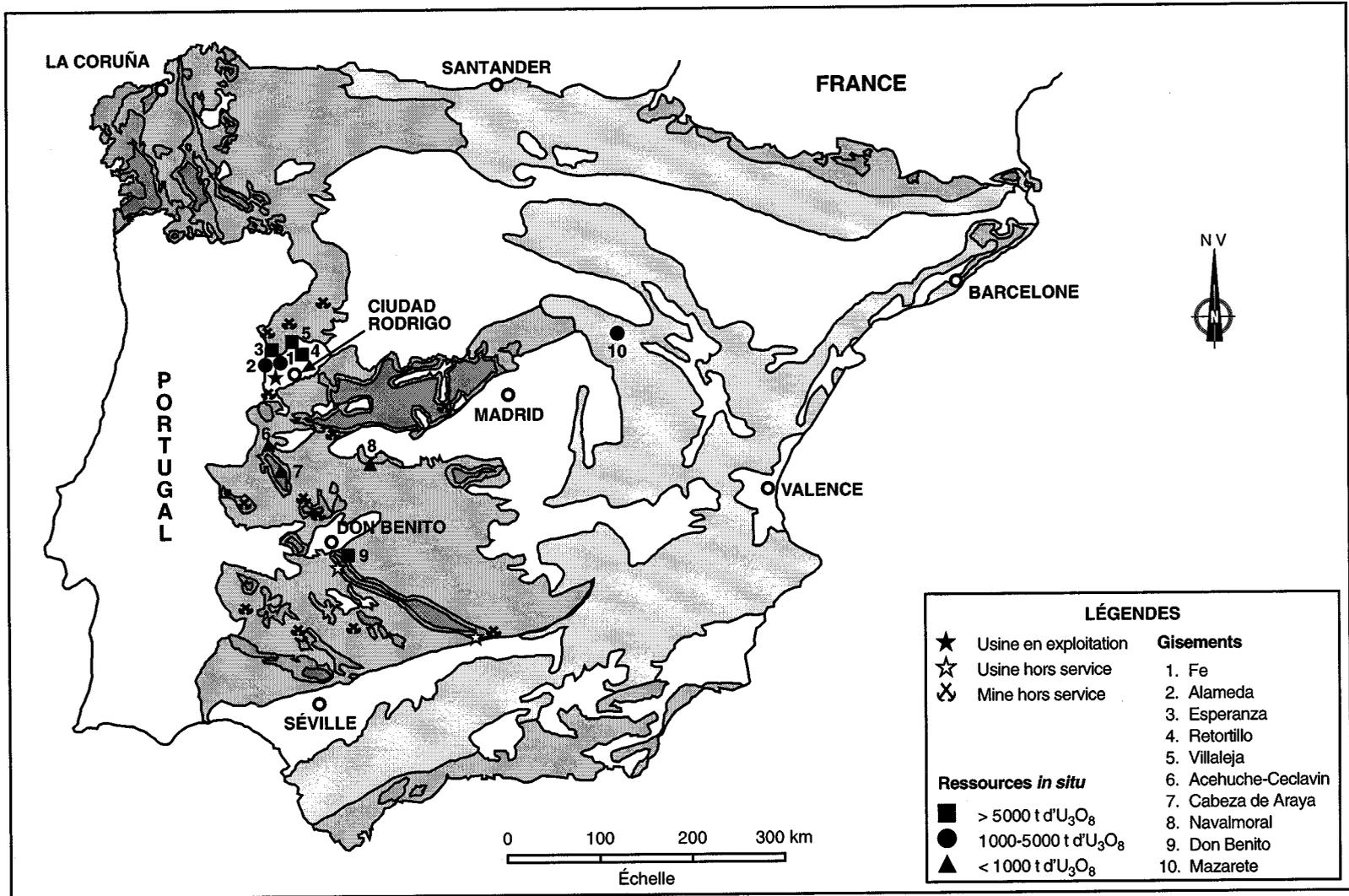
	Centre n° 1
Nom du centre de production	Saelices El Chico
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	1975
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	Fe, D Filonien (type ibérique)
Exploitation minière : • Type (CO/ST/in situ) • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	CO 2 600 (a)
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	LA/ES 5 000 (b) 70 (c)
Capacité nominale de production (tonnes d'U/a)	800
Projets d'expansion	Aucun
Autres remarques	Exploitation intermittente

(a) Les pertes en cours d'extraction sont négligeables, car il s'agit d'une exploitation à ciel ouvert.

(b) La pleine capacité dépend de la granulométrie du minerai, pouvant atteindre 10 000 t/jour lorsque 10 pour cent des particules ont une taille inférieure à 1 mm.

(c) Y compris la lixiviation en tas de 24 pour cent du minerai.

Gisements d'uranium en Espagne



Emploi dans le secteur de l'uranium

À la fin de 1996, les effectifs de la mine de Fe s'élevaient à 178 personnes.

Centres de production futurs

Aucun nouveau centre n'est envisagé.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

C'est en mars 1995 que l'Entreprise nationale chargée des déchets radioactifs (*Empresa Nacional de Residuos Radiactivos SA – ENRESA*) a achevé le démantèlement et la remise en état de l'ancienne usine de concentrés d'uranium d'Andujar, qui a été en service de novembre 1959 à juillet 1981. Un programme de surveillance de 10 ans, qui est l'une des conditions préalables imposées par le Conseil de la sécurité nucléaire (*Consejo de Seguridad Nuclear – CSN*) à la délivrance du certificat final de fermeture, a démarré en 1995, une fois que le démantèlement et la remise en état ont été achevés.

Le déclassement de la décharge de résidus et de l'usine de traitement du centre de production de l'ENUSA à La Haba (province de Badajoz) a été autorisé en novembre 1995. Les opérations de démantèlement et de remise en état du site se sont poursuivies en 1996 et devraient prendre fin au cours du premier semestre de 1997. Les matériaux ont été placés dans le bassin de retenue de résidus qui a été recouvert d'une couche de stériles à forte teneur en argile de 3 à 8 m d'épaisseur et enfin d'une couche de terre. Il a été procédé, au cours de 1995, au déclassement de la mine à ciel ouvert, notamment à la mise en place d'une couverture végétale.

Dès que l'opération de démantèlement et de fermeture sera terminée à La Haba, un programme quinquennal de surveillance sera mis en place afin de s'assurer que les critères de conception et de construction imposés par le CSN sont respectés.

Au Centre minier de Saelices (province de Salamanque), un projet visant le déclassement de l'ancienne usine de traitement d'Elefante et un autre projet concernant les accumulations de résidus provenant des anciennes activités de lixiviation en tas ont été soumis au CSN et sont en attente d'autorisation.

Le Conseil de la sûreté nucléaire et le Ministère de l'industrie et de l'énergie ont approuvé un projet visant la remise en état des sites de 22 anciennes mines d'uranium exploitées par la JEN entre le début des années 50 et 1981. Elles ont été exploitées soit à titre expérimental, soit à des fins de production, et le minerai extrait a été traité à l'usine d'Andajar. Seize de ces 22 mines sont situées dans la communauté autonome de l'Estrémadure, cinq en Andalousie et une dans la communauté autonome de Castille – La Mancha. En mars 1997, le gouvernement autonome de l'Estrémadure a approuvé le projet de déclassement des mines situées dans cette région, les travaux devant débiter vers le milieu de 1997.

DONNÉES STATISTIQUES SUR LA PRODUCTION D'URANIUM

Capacité théorique de production à long terme

À l'heure actuelle aucun projet de nouveau centre de production n'est envisagé. La production devrait se poursuivre dans le seul centre minier en exploitation, celui de Saelices (province de Salamanque), à partir des réserves entrant dans les catégories des RRA et des RSE.

BESOINS EN URANIUM

Besoins en uranium

L'Espagne possède neuf réacteurs en exploitation, représentant une puissance installée totale nette d'un peu plus de 7 GWe. La construction de réacteurs nucléaires supplémentaires, qui faisait l'objet d'un moratoire, a été définitivement annulée, et aucun nouveau réacteur ne devrait être commandé d'ici à l'an 2000.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

La stratégie suivie consiste à maintenir la production nationale à son niveau actuel d'ici à l'an 2000 et au-delà, si la situation sur le marché le rend opportun ; sinon les approvisionnements seront principalement basés sur l'importation, avec des contrats diversifiés.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

La politique relative aux importations d'uranium vise à diversifier les sources d'approvisionnement. La législation espagnole n'impose aucune restriction à la participation de sociétés nationales et étrangères aux activités de prospection et de production de l'uranium.

• Estonie •

PRODUCTION DE L'URANIUM

Historique¹

L'histoire de la production d'uranium en Estonie est liée à l'usine métallurgique de Sillamaä, établie dans la ville du même nom, dans le nord-est du pays. La ville est située à 185 km à l'est de Tallinn, près de la côte du golfe de Finlande. L'usine est en cours de privatisation et sera exploitée par la société SILMET AS. A la date de la rédaction du le présent rapport, l'État détenait environ 30 pour cent des parts de la société.

L'usine de Sillamaä a été construite en 1948 pour traiter des minerais uranifères. Elle a d'abord servi à récupérer l'uranium à partir de schistes alumineux extraits en Estonie. L'extraction de ces schistes s'est poursuivie jusqu'à la fermeture des mines en 1963, principalement à cause des difficultés rencontrées pour récupérer l'uranium des schistes alumineux, étant leur teneur faible et variable en uranium. Au cours de cette période, environ 240 000 t de schistes alumineux extraits localement ont été traités. Dans les années qui ont suivi, des minerais à plus forte teneur en uranium, contenant jusqu'à 1 pour cent d'U, ont été importés d'Europe pour être traités dans l'usine. La production d'uranium s'est poursuivie jusqu'en 1977 environ. L'usine a également servi à traiter des minerais pour récupérer d'autres produits que l'uranium, notamment des terres rares.

La concentration d'uranium dans les schistes alumineux de Sillamaä varie beaucoup d'un endroit à l'autre. Elle est en moyenne d'environ 0,03 pour cent, avec des valeurs maximales atteignant 0,1 pour cent d'U. Les schistes alumineux ont été extraits de mines souterraines, situées à l'ouest de l'usine, et occupant sur une superficie d'environ 2 km². L'accès s'effectuait par une entrée située à environ 500 m de l'usine.

On estime que 4 013 000 t de minerais d'uranium ont été traités à l'usine. La technique utilisée pour traiter le minerai d'uranium a permis d'atteindre un taux de récupération estimé à environ 92 pour cent de l'uranium contenu. La production totale d'uranium de cette usine est estimée à au moins 23 000 t d'U, avec une marge de plus ou moins 10 à 20 pour cent. La production totale d'uranium provenant des schistes alumineux extraits en Estonie est estimée à environ 65 t d'U.

Le majeure partie du minerai était importée de Tchécoslovaquie (2,2 millions de tonnes) et de Hongrie (1,2 million de tonnes). De petites quantités de minerai ont été importées de Pologne, de Roumanie, de Bulgarie et de République démocratique allemande. On estime qu'environ 12 millions de tonnes au total (soit, 8 millions de mètres cubes) de résidus et de déchets divers, y compris les 4 millions de tonnes de résidus issus du traitement des minerais d'uranium, sont présents sur le site.

1. Aucune documentation officielle n'est disponible sur les aspects détaillés de l'histoire et de la production de l'installation de Sillamaä. Ces informations sont confidentielles et les archives ne sont pas ouvertes au public. La plupart des renseignements figurant dans le présent rapport ont été obtenus au cours d'entrevues avec des travailleurs de l'usine et à la suite d'études et d'analyses sur le site de l'usine.

Également, en 1970, a débuté le traitement de la loparite, (minerai renfermant du niobium, du tantale et des terres rares), provenant de la péninsule de Kola. Il n'a pas été récupéré d'uranium à partir de ce minerai qui contenait environ 0,03 pour cent d'uranium et 0,6 pour cent de thorium. De 1977 à 1989, le dépôt de déchets a été utilisé pour y évacuer les résidus provenant du traitement de la loparite, de même que des cendres de schistes bitumineux. Ces cendres sont des résidus de combustion (des cendres lourdes, des cendres de dépoussiéreurs à cyclone et de filtres) provenant d'une centrale thermique alimentée par des schistes bitumineux, qui est implantée dans le secteur et appartient à l'usine de Sillamaä. Des minerais de loparite ont été expédiés vers l'usine jusqu'en 1989. Depuis cette date, le traitement de la loparite se poursuit à partir des stocks de minerai.

Bien qu'aucune activité d'enrichissement de l'uranium (en ^{235}U) n'ait eu lieu à l'usine, celle-ci a tout de même reçu des expéditions d'uranium enrichi et de ses composés en provenance de l'étranger. Après traitement ou fabrication, la matière a été réexpédiée hors du pays. Les informations détaillées sur la fabrication ne sont pas disponibles.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

De 1992 à 1994, un projet en coopération internationale a aidé les spécialistes estoniens à réaliser une évaluation, du point de vue de l'environnement du site de rétention des résidus de traitement de Sillamaä. Les résultats de cette étude servent à estimer les incidences sur l'environnement et à préparer la dépollution du site et la gestion à long terme du bassin de retenue des résidus d'uranium après fermeture. Les conclusions de l'étude sont résumées ci-après.

Entre 1948 et 1959, les résidus d'uranium ont été entassés près de l'usine en surface sur la terrasse littorale inférieure, à proximité immédiate du front de mer du golfe de Finlande. Le dépôt de déchets a été établi dans la même zone en 1959. Le dépôt a été reconstruit à plusieurs reprises depuis cette date. Au cours des travaux de reconstruction entrepris en 1969 et 1970, une partie des résidus solides d'uranium du dépôt a servi de matériau de remblayage pour construire un barrage plus élevé. À l'heure actuelle, le dépôt a la forme d'un bassin ovale de retenue d'une superficie de 330 000 m². Les matières retenues sont entourées d'un barrage d'une hauteur de 25 m au-dessus du niveau de la mer, mais aucun matériau de couverture n'a été mis en place sur ce bassin.

Le dépôt non recouvert émet du radon et ses produits de filiation, et représente la principale source d'incidences radiologiques auxquelles la population de Sillamaä est exposée. Les doses individuelles annuelles correspondantes sont de l'ordre de 0,2 mSv. L'eau qui filtre à travers le dépôt ou qui s'échappe des mines fermées avoisinantes pour se déverser dans le golfe de Finlande a des incidences bien moins importantes. Ces incidences ne sont, en fait, observables qu'à proximité du dépôt. Ce déversement entraîne une dose engagée collective de 1 homme-sievert sur 50 ans, ainsi qu'une dose efficace engagée individuelle d'environ 1 µSv. La principale cause de préoccupation en ce qui concerne l'environnement identifiée par le projet en coopération internationale de 1992-1994 est la stabilité du dépôt. Le risque d'effondrement du barrage ou de glissement de terrain ne peut être négligé.

D'autres préoccupations relatives à l'environnement ont trait à la contamination présente dans l'ancien terminus ferroviaire et sur le lieu d'entreposage des minerais importés, à l'extérieur de l'usine. Les débits de dose sont plutôt élevés en de nombreux endroits. Étant donné que les fonds disponibles pour les travaux d'assainissement étaient limités, le personnel de l'usine n'a procédé qu'à un nettoyage partiel de ces zones.

• États-Unis •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

De 1947 à 1970, le développement d'un secteur national de la prospection et de la production d'uranium a été encouragé par la Commission de l'énergie atomique des États-Unis (*Atomic Energy Commission – AEC*), en vue d'assurer les approvisionnements en uranium du Gouvernement des États-Unis, de poursuivre le développement des applications militaires de l'énergie atomique et d'encourager les travaux de recherche et de développement visant les utilisations pacifiques de l'énergie atomique. À la fin de 1957, lorsque les activités de prospection menées par le secteur privé se sont intensifiées et que de nouveaux gisements d'uranium ont été mis en production, l'AEC a mis fin à ses efforts de prospection de l'uranium. Le Gouvernement a maintenu un programme de suivi des activités de prospection et de mise en valeur de l'uranium menées par le secteur privé, et d'évaluation périodique des réserves et ressources en uranium en regard des besoins, afin de pouvoir évaluer les options s'offrant à l'action des autorités fédérales et de disposer d'informations de base.

Les travaux de prospection menées par le secteur privé ont connu une expansion rapide au cours des années 70 en raison de l'augmentation des prix de l'uranium et des prévisions élevées de demande d'uranium pour alimenter un nombre croissant de réacteurs électronucléaires en construction ou prévus. Les sondages superficiels ont atteint un niveau record en 1978, année au cours de laquelle au total 14 700 km de forages de prospection et de développement ont été réalisés. De 1966 à 1982, la recherche de nouveaux gisements d'uranium a donné lieu, aux États-Unis, à l'exécution d'environ 116 400 km de sondages superficiels. De 1983 à 1996, 8 380 km supplémentaires de sondages superficiels ont été pratiqués par le secteur privé. Les sondages superficiels constituant la principale méthode utilisée pour délimiter des gisements d'uranium, la longueur totale des sondages réalisés chaque année s'est révélée un indicateur fiable de l'activité globale de prospection.

Aux États-Unis, les activités de prospection ont surtout porté sur les gisements renfermés dans des grès, situés dans des districts tels que la ceinture minéralisée de Grants et celle d'Uruvan, dans la région du plateau du Colorado, ainsi que dans les régions des bassins du Wyoming et de la plaine côtière du golfe du Mexique, au Texas. Des gisements de type filonien ainsi que d'autres contrôlés par la structure ont été mis en valeur dans le Front Range du Colorado, près de Marysvale (Utah) et dans le nord-est de l'État de Washington. Depuis 1980, d'importants gisements d'uranium renfermés dans des grès ont été exploités dans le nord-ouest du Nebraska, et d'autres gisements à teneur relativement élevée associés à des structures de cheminées bréchiques ont été exploités dans la partie septentrionale de l'Arizona. Un gisement important a été découvert dans le sud de la Virginie au début des années 80, mais un moratoire imposé par cet État à l'extraction de l'uranium a empêché son exploitation.

Activités récentes et en cours

En 1996, l'ensemble des sondages superficiels (prospection et développement) exécutés aux États-Unis a atteint 928 km, soit une augmentation de 126 pour cent par rapport à 1995. Le chiffre de 1996 ne tient pas compte des forages effectués pour contrôler la production d'uranium sur les sites miniers exploités par lixiviation in situ, en souterrain et à ciel ouvert.

En 1996, les sociétés américaines ont déclaré des dépenses de prospection légèrement inférieures à 10,1 millions de dollars des États-Unis, chiffre en augmentation de 67 pour cent par rapport à 1995. Sur ce montant total, les « autres coûts de prospection » ont représenté 2,5 millions de dollars des États-Unis (25 pour cent), les « sondages superficiels » 7,15 millions de dollars (71 pour cent) et les activités liées à « l'acquisition de terrains » 0,4 million de dollars (4 pour cent). En 1996, le Gouvernement fédéral n'a pas engagé de dépenses de prospection. La participation étrangère aux activités de prospection menées aux États-Unis s'est élevée à 4,42 millions de dollars des États-Unis, soit environ 44 pour cent du montant total des dépenses.

La superficie totale des terrains détenus par des sociétés américaines et étrangères aux États-Unis à des fins de prospection de l'uranium était d'environ 1 166 km² à la fin de 1996. Des sociétés ont acquis environ 146 km² à des fins de prospection en 1996, soit presque cinq fois plus que l'ensemble des terrains acquis en 1995. Le Gouvernement des États-Unis ne réserve aucun terrain en vue de la prospection de l'uranium et n'apporte aucune aide financière à cet effet.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE SUR LE TERRITOIRE NATIONAL

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES <i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>				
Secteur privé	3 654	6 009	10 054	n.d.
Secteur public	675	0	0	–
TOTAL	4 329	6 009	10 054	n.d.
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé (<i>mètres*</i>)	200	411	928	n.d.
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	996	2 312	4 695	n.d.

* Arrondi au millier de mètres le plus proche.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA)

Au 1er janvier 1997, les RRA des États-Unis entrant dans la catégorie de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U étaient estimées à 110 000 t d'U, soit 2 000 t d'U de moins que l'estimation donnée pour la même catégorie de ressources dans le Livre rouge de 1995. L'estimation des RRA récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U, à la fin de 1996, s'élevait à 361 000 t d'U, soit une baisse d'environ 3 000 t d'U par rapport au chiffre indiqué pour 1995.

Pour 1996, les concessions de mines d'uranium en exploitation et d'autres concessions choisies ont été réévaluées afin de prendre en compte la production annuelle et d'intégrer des informations actualisées sur les coûts et les techniques d'exploitation minière. Il en est résulté une réduction des ressources recensées dans chaque tranche de coût. Dans les estimations de 1996 relatives aux RRA, il a été tenu compte de la dilution du minerai et des pertes en cours de traitement.

Ressources classiques non découvertes (RSE et RS)

Au 1er janvier 1997, les RSE récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U et à 130 \$/kg d'U étaient estimées respectivement à 839 000 et 1 273 000 t d'U. Les RS récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 260 \$/kg d'U étaient estimées, à la même date, à 1 340 000 t d'U. Ces estimations ont été révisées marginalement en baisse par rapport aux chiffres du précédent Livre Rouge, afin de refléter les variations annuelles de la valeur des indices économiques utilisés dans les méthodes d'estimation. Les estimations relatives aux RSE et aux RS sont établies par le Service d'information sur l'énergie (*Energy Information Administration – EIA*) à partir des estimations du potentiel uranifère élaborées par le Service géologique des États-Unis (*United States Geological Survey – USGS*).

(Note : Les États-Unis n'établissent pas de distinction entre les RSE-I et les RSE-II.)

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

À la suite de la promulgation de la Loi de 1946 sur l'énergie atomique, élaborée en vue de satisfaire les besoins d'approvisionnements en uranium du Gouvernement des États-Unis, la Commission de l'énergie atomique (AEC) a encouragé, de 1947 jusqu'à la fin de 1970, le développement d'un secteur national de l'uranium, surtout dans l'ouest des États-Unis, par des programmes d'incitation à la prospection, à l'aménagement et à la production. Pour s'assurer que l'approvisionnement en minerai d'uranium serait suffisant afin de satisfaire les besoins futurs, l'AEC a lancé en avril 1948 un programme d'achat de minerai d'origine nationale destiné à stimuler la prospection et à édifier un secteur minier national de l'uranium. Conformément aux Lois sur l'énergie atomique de 1946 et de 1954, l'AEC a aussi négocié des contrats d'approvisionnement en concentrés, assortis de prix garantis pour les matières brutes livrées dans des délais spécifiés. Les contrats ont été formulés de manière à permettre aux sociétés de traitement, qui avaient construit et exploitaient des usines de traitement, d'amortir les coûts des installations au cours de la période couverte par le contrat d'approvisionnements. En 1961, 27 usines de traitement appartenant à des sociétés privées étaient déjà construites, dont 23 étaient en exploitation dans l'ouest du pays. En tout, 32 usines classiques et plusieurs installations pilotes, des installations de tri et de préconcentration, de lixiviation en tas et d'exploitation par dissolution ont été exploitées à diverses époques. L'AEC, en tant que seul organisme d'achat pour le compte du Gouvernement, 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'achats 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 commerciale d'électricité. Vers la fin de 1957, les réserves de minerai et la capacité de traitement existant au plan national étaient suffisantes pour satisfaire les besoins du Gouvernement. En 1958, les programmes d'achats de l'AEC ont été ajustés en baisse et, afin de favoriser l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, les producteurs américains de minerai et de concentré ont été autorisés à vendre de l'uranium à des acheteurs privés nationaux et étrangers. Le premier contrat sur le marché commercial américain a été conclu en 1966. En 1962, l'AEC a annoncé un « étalement » de son programme d'achat, engageant le Gouvernement à n'acquérir que des quantités déterminées d'uranium de 1967 à la fin de 1970, ce qui a aussi eu pour effet d'aider l'industrie nationale de l'uranium à demeurer viable. Le programme d'achats d'uranium naturel du Gouvernement des États-Unis a pris fin le 31 décembre 1970, et les entreprises du secteur opèrent dans un cadre privé et commercial dans lequel le Gouvernement n'intervient plus par ses achats.

Depuis 1970, la production nationale d'uranium a alimenté le marché commercial. Après avoir atteint une production record de 16 800 t d'U, en 1980, l'industrie américaine a connu de 1981 à 1993 une production annuelle généralement en baisse. De 1994 à la fin de 1996, la production américaine de concentré d'uranium s'est accrue chaque année. En 1996, la production s'élevait à 2 431 t d'U, soit près de 5 pour cent de plus que le chiffre relevé en 1995. Depuis 1991, l'extraction par lixiviation in situ et d'autres techniques non classiques de récupération de l'uranium constituent les principaux modes de production aux États-Unis. En 1996, la production par des méthodes non classiques atteignant quelque 2 100 t d'U a principalement été assurée par cinq installations de lixiviation in situ implantées au Nebraska, au Texas et au Wyoming. La même année, de l'uranium a aussi été récupéré dans une usine du Nouveau-Mexique à partir des eaux d'exhaure, ainsi que dans une usine de l'État de Washington, à partir de matières provenant de l'assainissement de sites. Une usine classique de l'Utah, qui a repris la production en 1995 à partir de stocks de minerai, a été remise en réserve à la fin de 1996.

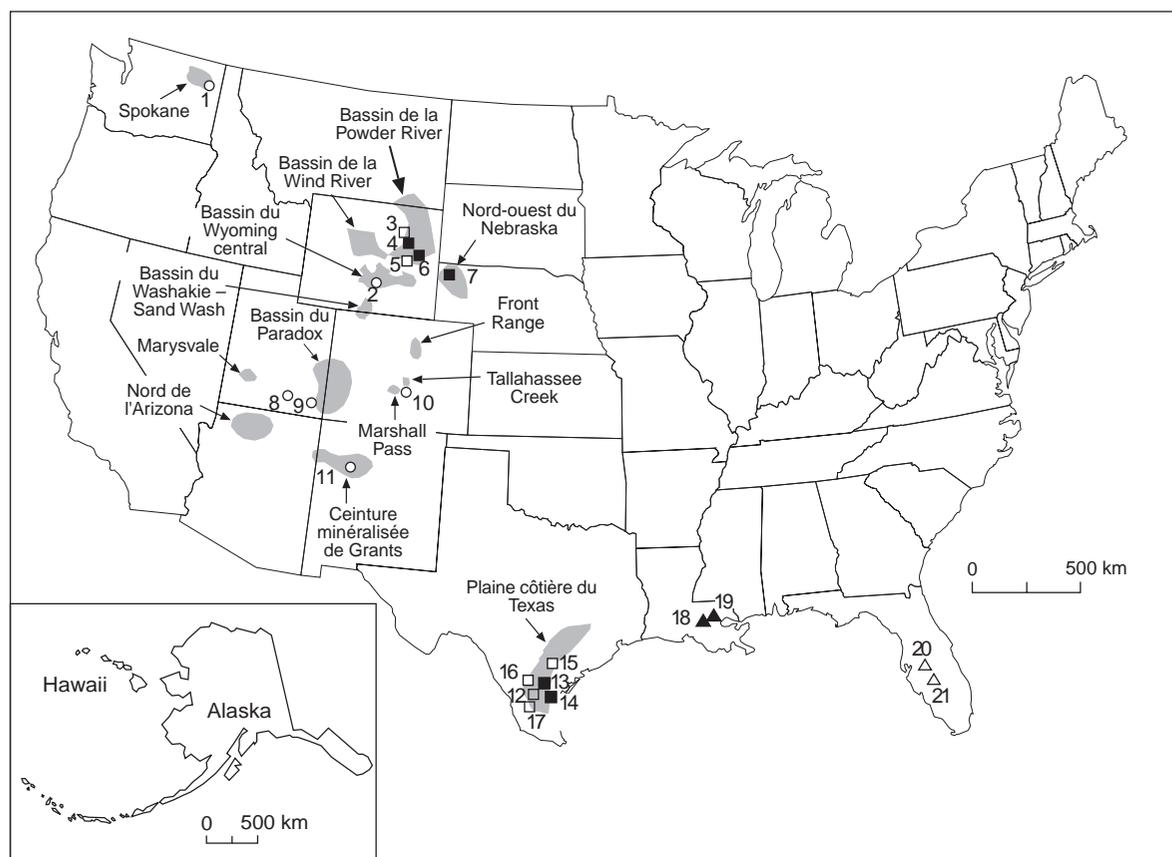
État de la capacité théorique de production

À la fin de 1996, aucune installation classique de traitement n'était en service aux États-Unis. Cependant, six usines de traitement, représentant une capacité totale de 13 060 t de minerai par jour, étaient en réserve. À la même date, on comptait aux États-Unis 14 installations non classiques (d'une capacité globale de 4 180 t d'U par an), dont cinq installations de lixiviation in situ (d'une capacité globale de 2 290 t d'U par an), et deux installations de récupération de l'uranium en tant que sous-produit (d'une capacité globale de 450 t d'U par an) en exploitation, et sept installations en réserve (cinq de lixiviation in situ et deux de récupération de sous-produits).

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

En 1996, les entreprises privées nationales ont assuré la majeure partie de la production de concentré d'uranium aux États-Unis, les entreprises contrôlées par des intérêts étrangers (secteur public et privé) ayant fourni le reste.

Principales zones uranifères et situation des usines et installations au 31 décembre 1996



En exploitation à la fin de 1996

- 4. Malapai Resources, Christensen Ranch
- 6. Converse County Mining Venture, Highland
- 7. Crow Butte Resources, Crow Butte
- 13. Uranium Resources, Rosita
- 14. Uranium Resources, Kingsville Dome
- 18. IMC-Agrico, Sunshine Bridge
- 19. IMCAgrico, Uncle Sam

Hors service à la fin de 1996

- 1. Dawn Mining, Ford^a
- 2. Green Mountain Mining Venture, Sweetwater
- 3. Malapai Resources, Irigaray^b
- 5. Rio Algom Mining, Smith Ranch^b
- 8. U.S. Energy, Shootaring
- 9. Energy Fuels Nuclear, White Mesa^{c, e}
- 10. Cotter Corp., Canon City
- 11. Rio Algom Mining, Ambrosia^d
- 12. Malapai Resources, Holiday-El Mesquite^{b, e}
- 15. Everest Minerals, Hobson
- 16. COGEMA Mining, West Cole^b
- 17. Malapai Resources, O'Hem^b
- 20. IMC-Agrico, Plant City
- 21. IMC-Agrico, New Wales

Centres de production d'uranium

En service	Hors service	
●	○	Installation classique
■	□	Installation de lixiviation in situ
▲	△	Sous-produit du traitement des phosphates
●	←	Principales zones uranifères ^f

a. Uranium récupéré par traitement des boues provenant des stations d'épuration des eaux.

b. Uranium récupéré par traitement des eaux souterraines après opérations de lixiviation in situ.

c. Uranium récupéré par traitement des minerais et d'autres matériaux.

d. Uranium récupéré par traitement des eaux provenant de mines classiques.

e. Installation exploitée pendant moins d'un an.

f. Principales zones renfermant des Ressources Raisonnablement Assurées récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U.

Sources : Carte établie sur la base du *National Uranium Resource Evaluation, Interim Report* (Rapport intérimaire d'évaluation des ressources en uranium) (juin 1979, du Bureau du projet de Grand Junction (*Grand Junction Project Office - GJPO*) du Ministère de l'Énergie des États-Unis, Figure 3.2 ; fichiers de données du GJPO ; Formulaire EIA-858 du Service d'information sur l'énergie, intitulé « Uranium Industry Annual Survey » (1996) ; et de visites sur les sites effectuées par des membres du personnel de la Division de l'analyse et des systèmes, Service du charbon, du nucléaire, de l'électricité et des autres combustibles (*Analysis and Systems Division, Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels*).

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

	Centre n° 1	Centre n° 2	Centre n° 3	Centre n° 4
Nom du centre de production	Ambrosia Lake	Canon City	Christensen Ranch	Crow Butte
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En réserve	En réserve	En service	En service
Date de mise en service	1958	1979	1989	1991
Source de minerai :				
• Nom des gisements	Divers	Schwaltzwalder	Christensen Ranch, Irigaray	Crow Butte
• Type de gisement	Grès	Filonien	Grès	Grès
Exploitation minière :				
• Type (CO/ST/LIS)	ST	ST	LIS	LIS
• Tonnage (<i>t de minerai/jour</i>)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Installation de traitement :				
• Type (EI/ES/LA)	LA/ES	LA/ES	LIS	LIS
• Tonnage : (<i>t de minerai/jour</i>)	6 350	1 090	n.d.	n.d.
(<i>tonnes courtes de minerai/jour</i>)	7 000	1 200	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Capacité nominale de production :				
(<i>tonnes d'U/an</i>)	3 300	620	250	385
(<i>tonnes courtes d'U₃O₈ par an</i>)	4 290	810	330	500
Projets d'expansion	Non connus	Non connus	Non connus	Non connus

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(suite)

	Centre n° 5	Centre n° 6	Centre n° 7	Centre n° 8
Nom du centre de production	Converse Co. Mining Vent.	Ford	Hobson	Holiday- El Mesquite
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En réserve	En réserve	En service
Date de mise en service	1988	1957	1979	1979
Source de minerai :				
• Nom des gisements	Converse Co. Mining Vent.	Midnite	Divers	Divers-El Mesquite
• Type de gisement	Grès	Filonien, disséminé	Grès	Grès
Exploitation minière :				
• Type (CO/ST/LIS)	LIS	CO	LIS	LIS
• Tonnage (t de minerai/jour)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Installation de traitement :				
• Type (EI/ES/LA)	EI	LA/ES	EI	EI
• Tonnage (t de minerai/jour)	n.d.	410	n.d.	n.d.
(tonnes courtes de minerai/jour)	n.d.	450	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Capacité nominale de production :				
(t d'U/an)	770	200	380	230
(tonnes courtes d'U3O8 par an)	1 000	260	500	320
Projets d'expansion	Non connus	Non connus	Non connus	Non connus

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(suite)

	Centre n° 9	Centre n° 10	Centre n° 11	Centre n° 12
Nom du centre de production	Irigaray	Kingsville Dome	New Wales	Plant City
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En réserve	En service	En réserve	En réserve
Date de mise en service	1978	1988	1980	1981
Source de minerai :				
• Nom des gisements	Irigaray	Kingsville Dome	n.d.	n.d.
• Type de gisement	Grès	Grès	Phosphorite	Phosphorite
Exploitation minière :				
• Type (CO/ST/LIS)	LIS	LIS	CO	CO
• Tonnage (t de minerai/jour)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Installation de traitement :				
• Type (EI/ES/LA)	EI	EI	DEPA/TOPO	DEPA/TOPO
• Tonnage (t de minerai/jour) (tonnes courtes de minerai/jour)	n.d. n.d.	n.d. n.d.	n.d. n.d.	n.d. n.d.
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Capacité nominale de production (t d'U/an) (tonnes courtes d'U ₃ O ₈ par an)	130 180	500 650	290 380	230 300
Projets d'expansion	Non connus	Non connus	Non connus	Non connus

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(suite)

	Centre n° 13	Centre n° 14	Centre n° 15	Centre n° 16
Nom du centre de production	Rosita	Shootering	Smith Ranch	Sunshine Bridge
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Prévu	Existant
Stade d'exploitation	En service	En réserve	Usine pilote	En service
Date de mise en service	1990	n.d.	1986	1981
Source de minerai :				
• Nom des gisements	Rosita (Rogers)	Divers	Smith Ranch	n.d.
• Type de gisement	Grès	Grès	Grès	Phosphorite
Exploitation minière :				
• Type (CO/ST/LIS)	LIS	ST	LIS	CO
• Tonnage (t de minerai/jour)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Installation de traitement :				
• Type (EI/ES/LA)	EI	LA/ES	EI	DEPA/TOPO
• Tonnage (t de minerai/jour) (tonnes courtes de minerai/jour)	n.d. n.d.	680 1 000	n.d. n.d.	n.d. n.d.
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Capacité nominale de production :				
(t d'U/an)	380	380	100	160
(tonnes courtes d'U ₃ O ₈ par an)	500	–	130	210
Projets d'expansion	Non connus	Non connus	Non connus	Non connus

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(suite)

	Centre n° 17	Centre n° 18	Centre n° 19	Centre n° 20
Nom du centre de production	Sweetwater	Uncle Sam	West Cole	White Mesa
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En réserve	En service	En réserve	En réserve
Date de mise en service	1981	1978	1981	1980
Source de minerai :				
• Nom des gisements	Divers	n.d.	Divers	Divers
• Type de gisement	Grès	Phosphorite	Grès	Grès
Exploitation minière :				
• Type (CO/ST/LIS)	CO/ST	CO	LIS	ST
• Tonnage (t de minerai/jour)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Installation de traitement :				
• Type (EI/ES/LA)	LA/ES	DEPA/TOPO	EI	LA/ES
• Tonnage :(t de minerai/jour)	2 720	n.d.	n.d.	1 810
(tonnes courtes de minerai/jour)	3 000	n.d.	n.d.	2 000
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Capacité nominale de production :				
(t d'U/an)	350	290	80	1 650
(tonnes courtes d'U ₃ O ₈ par an)	–	380	100	2 140
Projets d'expansion	Non connus	Non connus	Non connus	Non connus

Notes:

Facteurs de conversion : 1 tonne courte d'U₃O₈ = 0,769 t d'U.

DEPA : Acide di (2-ethyl-hexyl) phosphorique.

TOPO : Oxyde de trioctylphosphine.

t de minerai/j : Arrondies à la dizaine de tonnes la plus proche.

tonnes courtes de minerai/j : Arrondies à la dizaine de tonnes la plus proche.

t d'U/a : Arrondies à la dizaine de tonnes la plus proche.

tonnes courtes d'U₃O₈/j : Arrondies à la dizaine de tonnes la plus proche.

– : Non applicable. Valeur originale en unités SI.

La répartition de la production américaine d'uranium s'est établie comme suit en 1996, en fonction du pourcentage de participation des entreprises propriétaires et exploitantes d'installations de production :

intérêts nationaux du secteur privé :	49 pour cent ;
intérêts étrangers du secteur public :	36 pour cent ; et
intérêts étrangers du secteur privé :	16 pour cent.

Emploi dans le secteur de l'uranium

Dans le secteur des matières brutes pour la production d'uranium aux États-Unis, l'emploi (exprimé en personnes-ans) s'est accru chaque année de 1993 à 1996, après avoir connu un déclin général de 1988 à 1992. L'emploi total pour les activités combinées de « prospection-extraction-concentration-traitement » est passé de 535 à 689 personnes-ans entre 1995 et 1996, soit une hausse de 29 pour cent. Les activités de remise en état ont diminué de 25 pour cent au cours de la même période, les effectifs employés passant de 573 personnes-ans en 1995 à 429 personnes-ans en 1996.

Centres de production futurs

En 1992, une autorisation d'exploitation commerciale par lixiviation in situ a été accordée à Rio Algom pour sa concession de Smith Ranch (Wyoming). Cette installation est maintenue en réserve et aucune date de démarrage de la production n'a été annoncée. En 1993, une autorisation pour la production d'uranium à l'échelle industrielle a été accordée à la société Pathfinder Mines pour son projet de lixiviation in situ à North Butte-Ruth (Wyoming) ; aucune date de mise en service de ce projet n'a été annoncée.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

L'une des installations classiques de traitement (d'une capacité de 1 810 t d'U par jour) existant aux États-Unis, qui a traité du minerai d'uranium en 1996, a été remise en réserve plus tard dans l'année. À la fin de 1996, six installations (d'une capacité totale de 13 060 t par jour) étaient maintenues en réserve.

Selon le titre X de la Loi de 1992 sur la politique énergétique [*Energy Policy Act of 1992 (Public Law 102-486)*], il incombe au Ministère de l'énergie [*Department of Energy – DOE*] des États-Unis de rembourser aux titulaires d'autorisations relatives à des sites de traitement de l'uranium et du thorium en service, les frais afférents aux mesures de remise en état qui peuvent être imputés aux produits radioactifs (résidus de traitement) générés en liaison avec la vente au Gouvernement des États-Unis de concentrés d'uranium ou de thorium. En particulier, les titulaires d'autorisations concernés peuvent recevoir jusqu'à 5,50 dollars des États-Unis par tonne de résidus secs imputables à des activités liées à des contrats fédéraux. En 1996, la limite imposée au montant total des remboursements susceptibles d'être versés à tous les titulaires d'autorisations relatives à la production d'uranium, qui était de 270 millions, a été portée à 350 millions de dollars des États-Unis, et le

remboursement maximal autorisé par titulaire d'autorisation relative à la production de thorium a été relevé, passant de 40 à 65 millions de dollars.

BESOINS EN URANIUM

En 1994, la *Tennessee Valley Authority* (TVA) a annoncé qu'elle n'achèverait pas les tranches nucléaires 1 et 2 de la centrale de Bellefonte, ni la seconde tranche de la centrale de Watts Bar. La TVA étudie la possibilité d'une conversion de ces centrales à un combustible non nucléaire ou d'une annulation complète de ces projets. La tranche 1 de la centrale de Watts Bar a été achevée et couplée au réseau au début de 1996.

Au cours de la période allant jusqu'à 2010, on prévoit que les besoins annuels des États-Unis en uranium vont culminer à 21 300 t d'U en 1997, pour décliner ensuite à 18 000 t d'U en 2010. D'après les projections, les besoins annuels devraient retomber à 8 500 t d'U d'ici à 2015, étant donné les fermetures attendues de centrales qui ne feraient pas l'objet de demandes de renouvellement des autorisations d'exploitation (tous les besoins mentionnés se rapportant à l'hypothèse de référence des projections EIA/DOE de 1996).

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

Il n'existe pas aux États-Unis de politique nationale d'achat d'uranium ni de politique nationale d'approvisionnement en uranium. Les décisions concernant la production, les approvisionnements, les ventes et les achats d'uranium sont prises uniquement à titre privé par les entreprises intervenant dans le secteur minier de l'uranium et celui de l'électronucléaire au plan national.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Aux États-Unis, les activités de prospection, de production et de commercialisation de l'uranium relèvent du secteur privé et ne sont soumises à aucune restriction de la part du Gouvernement fédéral qu'elles soient menées par des sociétés nationales ou étrangères. Des entreprises étrangères privées et publiques détiennent, à l'heure actuelle, divers intérêts financiers et des participations dans l'industrie américaine de l'uranium. La position du Gouvernement fédéral visant les importations d'uranium est décrite ci-après.

Le Gouvernement des États-Unis a fourni des services d'enrichissement à tous ses clients jusqu'à ce que le programme fédéral d'enrichissement de l'uranium soit transféré, le 1er juillet 1993, à la Société d'enrichissement des États-Unis (*United States Enrichment Corporation – USEC*), établie par la Loi de 1992 sur la politique énergétique. L'USEC, qui est une société à vocation commerciale, a pour mission d'assurer la fourniture des services d'enrichissement à ses clients sur une base efficace et rentable. À terme, l'USEC doit être entièrement privatisée par suite de sa vente à des entités du secteur privé, le Congrès et le Président devant au préalable examiner et approuver les accords de vente.

La Loi sur la politique énergétique de 1992 prévoit d'autres dispositions visant : a) les actions de restauration à mener sur les sites des installations de traitement de l'uranium et du thorium qui sont en service ; b) un programme en vue de revitaliser l'industrie de l'uranium aux États-Unis ; c) la procédure d'autorisation et de réglementation de la Commission de la réglementation nucléaire (*Nuclear Regulatory Commission – NRC*) applicable aux installations d'enrichissement de l'uranium ; et d) la création d'un Fonds pour la décontamination et le déclassement des installations d'enrichissement de l'uranium (*Uranium Enrichment Decontamination and Decommissioning Fund*).

L'EIA (*Energy Information Administration*) a diffusé un rapport intitulé « The Role of Thorium in Nuclear Energy » (Le Rôle du thorium dans l'énergie nucléaire), dans *Uranium Industry Annual* de 1996.

Politique à l'égard des activités menées à l'étranger

Le Gouvernement des États-Unis n'a pas de stratégie visant à restreindre la participation de sociétés privées américaines à la prospection ou à la production d'uranium dans des pays étrangers.

Politique en matière d'exportation d'uranium

Une autorisation spéciale de la NRC est requise pour exporter des matières renfermant de l'uranium naturel ou enrichi. Les critères applicables à la délivrance d'une telle autorisation incluent que l'exportation: ne doit pas être contraire à la sécurité extérieure des États-Unis ; et, si elle est destinée à des usages nucléaires, doit respecter les clauses des accords de garanties de non-prolifération applicables aux matières nucléaires. À moins qu'un accord de coopération ne le spécifie explicitement, l'uranium exporté des États-Unis ne peut en aucun cas, sans le consentement préalable des États-Unis : 1) être modifié quant à sa forme ou à sa teneur par enrichissement ou retraitement ; ou (2) être transféré d'un accord de coopération à un autre.

Politique en matière d'importation d'uranium

Depuis 1991, les États-Unis se sont engagés à limiter les incidences sur l'industrie américaine des combustibles nucléaires des importations d'uranium en provenance des républiques de l'ex-Union soviétique. Par la suite, en 1994 et 1995, les premiers accords suspensifs signés en 1992 avec le Kazakhstan, la Russie et l'Ouzbékistan ont été amendés pour permettre un accès plus raisonnable au marché des États-Unis et ont établi des contingents séparés pour chacun de ces pays. Les accords amendés passés avec le Kazakhstan et l'Ouzbékistan ont réglé la question des quantités enrichies hors des frontières de ces pays. Dans les accords suspensifs initiaux, c'est le pays dans lequel il était procédé à l'enrichissement, qui était considéré comme pays d'origine du produit enrichi, et non pas le pays d'origine du concentré d'uranium (U_3O_8 naturel). Les amendements de 1994 et de 1995 stipulent que, désormais, l'uranium extrait au Kazakhstan ou en Ouzbékistan et destiné à la vente aux États-Unis sera imputé au contingent de chacun de ces pays, que la matière soit importée sous forme d'uranium naturel ou de produit d'alimentation entrant dans un produit enrichi dans un pays tiers. L'amendement à l'accord passé avec la Russie prévoit que, dans le cadre du contingent spécifié, toute importation d'uranium ou d'unités de travail de séparation (UTS) d'origine russe faisant l'objet d'une transaction sur le marché américain, doit correspondre à une quantité égale d'uranium ou d'UTS produite aux États-Unis.

Accord relatif à l'uranium hautement enrichi

En 1992, les gouvernements des États-Unis et de la Fédération de Russie ont donné leur accord à l'achat par les États-Unis d'uranium hautement enrichi provenant du démantèlement d'armes nucléaires de l'ex-URSS. En 1993, un accord-cadre visant à stipulé que c'est dans la Fédération de Russie que cet uranium hautement enrichi doit être transformé, par mélange, en uranium faiblement enrichi. L'utilisation de cet uranium faiblement enrichi doit réduire au minimum les perturbations affectant le marché de l'uranium et maximiser les avantages économiques pour les deux parties à l'accord.

En 1994, les responsables russes et américains ont signé un accord final, aux termes duquel l'USEC financera le transfert aux États-Unis de l'uranium faiblement enrichi obtenu à partir de l'uranium hautement enrichi de Russie. L'accord, conclu pour 20 ans, prévoit que les États-Unis paieront environ 11,9 milliards de dollars (dollars de 1993 non actualisés) à la Russie, en échange d'au moins 500 t d'uranium hautement enrichi qui seront mélangées à de l'uranium faiblement enrichi ayant une teneur en ^{235}U de 1,5 pour cent, pour donner un produit enrichi à 4,4 pour cent en ^{235}U . On estime que la réduction de l'enrichissement par mélange produira 15 259 t d'uranium faiblement enrichi, soit l'équivalent d'environ 153 000 t d'uranium naturel et de 92 millions d'UTS (dans l'hypothèse d'une teneur de rejet des installations d'enrichissement de 0,30 pour cent en ^{235}U). L'accord d'achat couvre en outre l'acquisition de 50 t supplémentaires d'uranium hautement enrichi obtenu à partir du démantèlement d'armements nucléaires ukrainiens.

En janvier 1994, le Président des États-Unis et le Président de la Fédération de Russie ont publié une « Déclaration conjointe des États-Unis et de la Fédération de Russie sur la non-prolifération des armes de destruction massive et de leurs vecteurs » (*Joint Statement Between the United States and Russia on Non-proliferation of Weapons of Mass Destruction and the Means for Their Delivery*). À cet égard, les efforts des États-Unis en faveur de la non-prolifération visent cinq objectifs : 1) sécuriser les matières nucléaires dans l'ex-Union soviétique ; 2) assurer l'entreposage de longue durée et l'évacuation définitive des excédents de matières fissiles pouvant servir à fabriquer des armements, en conformité avec les exigences de sûreté et de garanties de non-prolifération ; 3) mettre en place des réductions transparentes et irréversibles des armes nucléaires ; 4) renforcer le régime de non-prolifération nucléaire ; et 5) contrôler les exportations nucléaires. Pour témoigner de l'engagement des États-Unis à l'égard de ces objectifs, le Président a annoncé, en mars 1995, qu'environ 200 t de matières fissiles d'origine américaine pouvant servir à fabriquer des armes nucléaires, soit environ 162 t d'uranium hautement enrichi et 38 t de plutonium de qualité militaire, avaient été déclarées excédentaires par rapport aux besoins de la défense des États-Unis. Le Ministre de l'énergie (*Serrera of Energy*) a annoncé que les États-Unis disposent d'un excédent d'environ 213 t de matières fissiles (174,3 t d'uranium hautement enrichi et 38,2 t de plutonium de qualité militaire), y compris les 200 t susmentionnées. En 1995, les États-Unis ont continué à développer et évaluer diverses propositions en vue de réaliser l'entreposage et l'évacuation de leurs excédents d'uranium hautement enrichi et de plutonium pouvant servir à fabriquer des armements dans des conditions garantissant la sûreté, la sécurité physique.

Politique en matière de stocks d'uranium

Aux termes de la Loi de 1992 sur la politique énergétique, une réserve stratégique nationale d'uranium a été établie sous la direction du Ministre de l'énergie. Cette réserve se compose d'uranium naturel et de substances équivalentes à l'uranium actuellement conservés à des fins de

défense. L'utilisation de cette réserve, y compris du stock d'uranium enrichi, doit être limitée à des fins de recherche militaire et publique pendant une période de six ans à compter de la date de promulgation de la Loi de 1992 sur la politique énergétique.

STOCKS D'URANIUM

À la fin de 1996, le volume total des stocks commerciaux d'uranium (en équivalent d'U) s'élevait à 31 200 t d'U, soit une augmentation de 12 pour cent par rapport aux stocks totaux à la fin de 1995. Les compagnies d'électricité détenaient à la fin de 1996 des stocks d'environ 26 000 t d'U, en augmentation de 15 pour cent par rapport à la fin de 1995 et les stocks détenus par les fournisseurs étaient d'environ 5 300 t d'U, en baisse de moins de 1 pour cent par rapport à 1995. Les stocks d'uranium enrichi des fournisseurs à la fin de 1996 étaient d'environ 300 t d'U, en hausse de 37 pour cent par rapport à 1995, tandis que ceux des compagnies d'électricité atteignaient environ 9 700 t, soit 44 pour cent de plus qu'en 1995. À la fin de 1996, les stocks d'uranium détenus conjointement par le Gouvernement des États-Unis et l'USEC s'élevaient à environ 41 400 t d'U (3 pour cent de moins qu'à la fin de 1995), et comprenaient 31 700 t d'uranium naturel et 9 700 t d'uranium enrichi (12 pour cent de moins qu'en 1995).

PRIX DE L'URANIUM

Prix moyens de l'uranium acheté par les compagnies d'électricité des États-Unis (dollars/kg d'équivalent d'U)		
Année	Approvisionnement auprès de fournisseurs nationaux	Approvisionnement auprès de fournisseurs étrangers
1996	35,91	34,19
1995	28,89	26,52
1994	26,79	23,27
1993	34,17	27,37
1992	34,96	29,48
1991	35,52	40,43
1990	40,82	32,63

Les prix indiqués sont les prix moyens (en dollars courants des États-Unis), pondérés en fonction des quantités, s'appliquant à toutes les transactions primaires pour lesquelles des données ont été fournies. Ces transactions peuvent porter sur de l'uranium d'origine américaine aussi bien qu'étrangère.

• Finlande •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Des activités de prospection de l'uranium ont été menées en Finlande de 1955 à 1989, d'abord par plusieurs organisations, et ensuite, à partir de la fin des années 70, principalement par le Bureau de recherches géologiques (voir l'édition de 1995 du Livre rouge). Depuis qu'ils ont été entrepris au début des années 70, les programmes régionaux de cartographie géophysique et géochimique aérienne ont joué un rôle important dans la prospection de l'uranium.

La répartition des provinces uranifères et des contextes géologiques des gisements d'uranium peut se résumer comme suit, les teneurs (en pourcentage d'U) et les tonnages d'uranium (in situ) des gisements étant indiqués entre parenthèses :

- (1) Province de Kolari-Kittilä (Laponie occidentale), comportant le gisement de type gréseux de Kesänkitunturi (0,06 pour cent d'uranium ; 950 t d'U) et le gisement de type filonien de Pahtavuoma (0,19 pour cent d'uranium ; 500 t d'U), respectivement renfermés dans du quartzite paléoprotérozoïque et des schistes graphitiques liés à des roches vertes ;
- (2) Province de Kuusamo (nord-est de la Finlande), comportant des indices d'uranium formés par métasomatose et liés à des minéralisations d'or et de cobalt dans une séquence de quartzites paléoprotérozoïques et de roches volcaniques mafiques ;
- (3) Province historique de Koli (Finlande orientale), comportant plusieurs petits gisements d'uranium type gréseux (Ipatti, Martinmonttu et Ruunaniemi : 0,08 à 0,14 pour cent d'uranium ; 350 t d'U) et épigénétiques (ancienne mine de Paukkajanvaara), ainsi que des indices de conglomérats à galets de quartz renfermant de l'uranium et du thorium dans des quartzites datant du Paléoprotérozoïque, avec une zone d'intérêt supplémentaire de type lié à des discordances dans un régolite paléoprotérozoïque ;
- (4) Province d'Uusimaa en Finlande méridionale, comportant des indices uranifères de type intrusif dans les migmatites granitiques datant du Paléoprotérozoïque, représentés par le gisement de Palmottu (0,1 pour cent d'uranium ; 1 000 t d'U).

Parmi les contextes géologiques considérés figurent aussi :

- des phosphorites uranifères liées à des roches carbonatées sédimentaires datant des séquences du Paléoprotérozoïque, par exemple, les gisements uranifères de Lampinsaari (0,03 pour cent d'uranium , 700 t d'U) et de Nuottijärvi (0,04 pour cent d'uranium ; 1 000 t d'U) ;
- des minéralisations d'uranium et des filons de roches uranifères carbonatées dans des dykes de diabase à albitite et albite datant du Paléoprotérozoïque, situés principalement en Finlande septentrionale ;

- des dykes et des filons uranifères et thorifères et des filons de granite à pegmatite datant du Paléoprotérozoïque ;
- des concentrations en surface d'uranium jeune dans de la tourbe récente.

Il se peut que de l'uranium récupérable comme sous-produit soit présent dans le gisement de nickel-cuivre-zinc de Talvivaara à faible teneur (0,001 à 0,004 pour cent d'uranium) renfermé dans des schistes noirs datant du Paléoprotérozoïque, situé en Finlande centrale, ainsi que dans le pyrochlore contenu dans la carbonatite de Sokli datant du Paléozoïque (0,01 pour cent d'uranium) en Laponie orientale.

Activités récentes et en cours

Actuellement, il n'y a pas d'activités de prospection de l'uranium en cours en Finlande. Le levé cartographique aérogéophysique régional à basse altitude se poursuit, de 10 000 à 15 000 km² étant couverts en moyenne chaque année.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

La Finlande fait état de 1 500 t d'U dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts compris entre 80 et 130 \$/kg d'U. Ces ressources sont renfermées dans les gisements de Palmottu et de Pahtavuoma.

Des RRA représentant 2 900 t d'U supplémentaires récupérables à des coûts compris entre 130 et 260 \$/kg d'U sont renfermées dans les gisements de Nuottijärvi, de Lampinsaari et de Kesänkitunturi, ainsi que dans la région de Koli (Ipatti, Martinmonttu et Ruunaniemi).

Ressources non classiques et autres matières

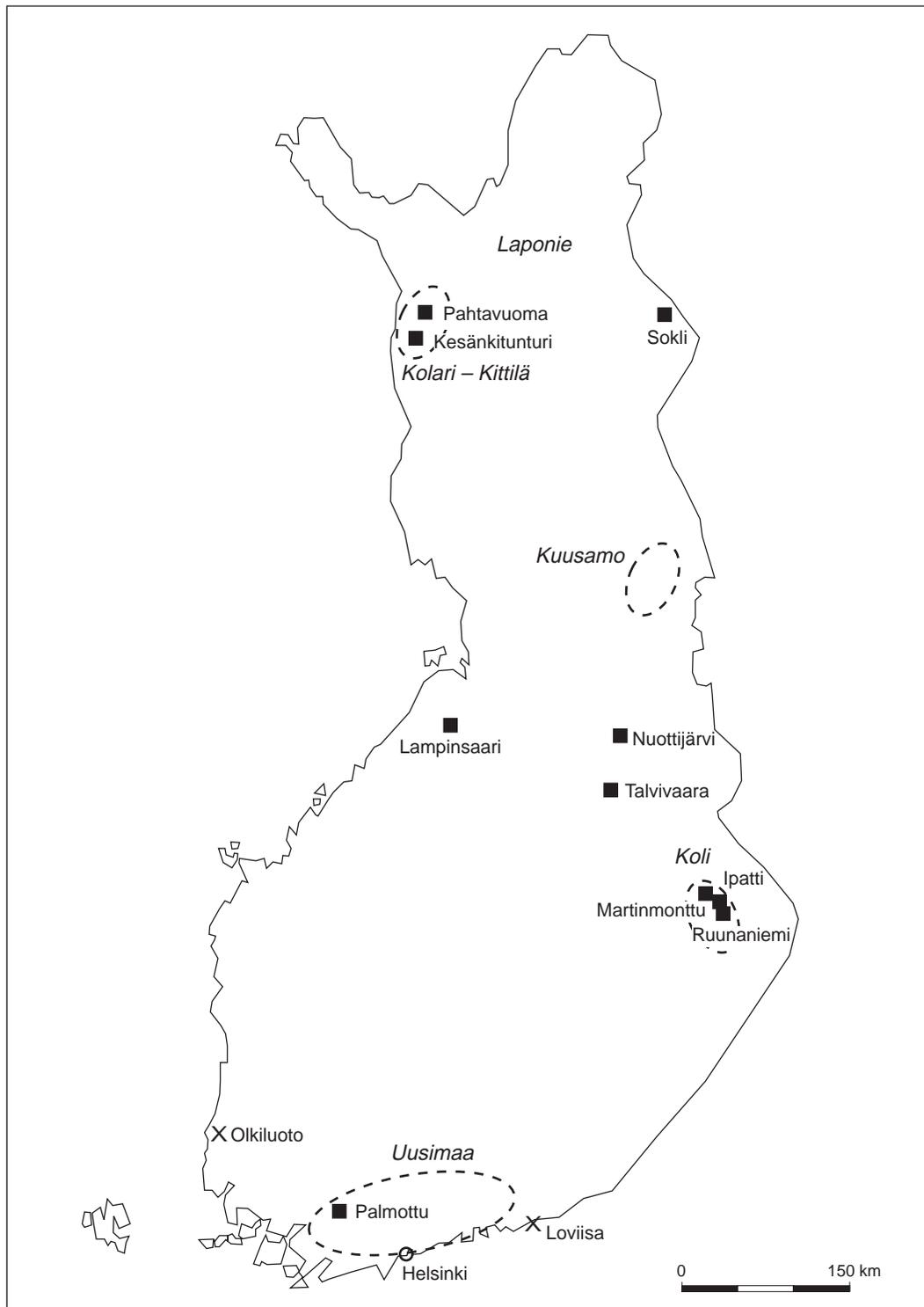
Quant aux ressources récupérables en tant que sous-produits, on pourrait tirer entre 3 000 et 9 000 t d'U des schistes noirs datant du Protérozoïque (Talvivaara), auxquelles s'ajoutent 2 500 t d'U renfermées dans la carbonatite de Sokli.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La production d'uranium en Finlande s'est limitée à la mine de Paukkajanvaara qui a été exploitée comme installation pilote de 1958 à 1961 et dont le déclassement est maintenant achevé. Ce sont au total 40 000 t de minerai qui ont été extraites, la quantité de concentrés produite s'étant élevée à environ 30 t d'U.

Gisements et indices d'uranium en Finlande



CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Un programme de recherche sur la modélisation du transport des radionucléides a récemment été lancé au voisinage du gisement de Palmottu, où les trous de forage de prospection restants offrent des sites appropriés pour réaliser des études hydrogéologiques et géochimiques. Cinq pays européens participent à ce projet.

Selon la législation finlandaise en vigueur, l'exportation de combustible nucléaire irradié n'est pas autorisée au-delà de 1996. Les deux grandes compagnies d'électricité de Finlande, Teollisuuden Voima (TVO) et Imatran Voima Oy (IVO) collaborent à l'évacuation définitive du combustible nucléaire irradié dans le soubassement rocheux de la Finlande. Au début de 1996, elles ont établi une société mixte, Posiva Oy, chargée du programme d'évacuation des déchets nucléaires. Trois sites de recherches ont été officiellement choisis pour faire l'objet d'études détaillées et deux autres ont été identifiés. Le site définitif sera choisi en l'an 2000.

BESOINS EN URANIUM

Au début de 1997, la Finlande avait quatre réacteurs en exploitation : Olkiluoto 1 et 2, appartenant à la TVO, et Loviisa 1 et 2, appartenant à l'IVO. Leur puissance installée s'élevait à 2,3 GWe au 31 décembre 1996. Les compagnies d'électricité se proposent d'augmenter progressivement la puissance des tranches existantes de manière atteindre 2,65 GWe en 1998. Aucun réacteur nouveau n'est en construction ni prévu.

Les besoins en uranium de ces quatre réacteurs ont été d'environ 450 t d'U par an. Ils vont augmenter pour atteindre environ 550 t d'U par an en raison de l'accroissement de puissance.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

La TVO se procure de l'uranium naturel, des services d'enrichissement et du combustible manufacturé auprès de plusieurs pays. L'IVO achète des assemblages combustibles à la Fédération de Russie, mais a commandé des assemblages à une autre source à titre d'essai.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Depuis la publication de l'édition de 1995 du Livre rouge, il n'y a pas eu d'évolution sensible de la politique de la Finlande relative à l'uranium.

STOCKS D'URANIUM

Les compagnies d'électricité exploitant des centrales nucléaires maintiennent des réserves d'assemblages combustibles représentant environ un an d'exploitation (720 t d'équivalent d'uranium

naturel). La TVO possède aussi de l'uranium enrichi à l'étranger permettant de couvrir une année supplémentaire d'exploitation (400 t d'équivalent d'uranium naturel) et 730 t d'uranium naturel. Il n'est pas jugé nécessaire d'accumuler des stocks d'uranium naturel en Finlande.

PRIX DE L'URANIUM

Pour des raisons de confidentialité, les données relatives aux prix ne sont pas disponibles.

• France •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium en France a commencé en 1946, focalisée sur gîtes à minéraux d'uranium déjà connus et les quelques minéralisations trouvées au cours de la recherche de radium.

La prospection basée sur la radiométrie pedestre, autoportée et aéroportée ainsi que, très précocement, sur la cartographie géologique, a conduit en 1948 à la découverte du gisement historiquement important de La Crouzille. Dès 1955, des gisements étaient connus dans les granitoïdes du Limousin, du Forez, de Vendée et du Morvan.

S'appuyant sur la cartographie géologique et sur des techniques radiométriques, géophysiques et géochimiques, l'exploration s'est d'abord développée dans le voisinage des gisements connus. Elle s'est ensuite étendue aux formations sédimentaires des petits bassins intragranitiques ainsi qu'aux formations terrigènes issues de l'érosion des massifs cristallins anciens et situées principalement au nord et au sud du Massif central.

L'effort français de prospection a bénéficié, entre 1977 et 1981, d'une aide gouvernementale (Plan d'aide à la prospection de l'uranium), dont la dotation globale fut d'environ 38 millions de dollars des États-Unis. Cette aide était destinée à encourager les opérations de prospection en France et à l'étranger, portant sur des sites prometteurs mais à niveau de risque élevé. En principe, elle était plafonnée à 35 pour cent du coût total du projet et était remboursable en cas de découverte de gisement exploitable dans le périmètre défini.

Activités récentes et en cours

Depuis 1987, les activités de prospection de l'uranium sont en régression en France. Après une focalisation des travaux vers les zones situées autour des centres de production dans l'espoir de découvrir, dans leur voisinage, des gisements plus susceptibles d'être exploitables, les activités de prospection se limitent désormais exclusivement à celles associées à l'exploitation.

Les recherches sont localisées uniquement dans le nord-ouest du Massif central où la Société des mines de Jouac, filiale de la Cogéma, poursuit l'exploitation du gisement du Bernardan. Les activités de prospection ont cessé définitivement sur le site du gisement de Lodève, la fermeture de la mine étant programmée pour le début de 1997.

À l'étranger, la Cogéma a surtout concentré ses efforts sur certaines cibles dans le but de découvrir des ressources exploitables, malgré une conjoncture défavorable sur le marché.

En Australie et au Canada, la Cogéma poursuit directement ou indirectement des activités de prospection de l'uranium par l'intermédiaire de ses filiales. Au Canada, aux États-Unis et au Niger, elle est également engagée dans des activités d'exploitation minière. Par ailleurs, sans être exploitant, elle détient des actions dans plusieurs exploitations minières et projets de recherches dans différents pays.

Les sociétés françaises de prospection opérant sur le territoire métropolitain ou à l'étranger sont toutes des sociétés de droit privé dans lesquelles l'État français détient des participations par l'intermédiaire des sociétés-mères.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE EN FRANCE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
TOTAL DES DÉPENSES <i>(milliers de francs français)</i>	35 000	14 095	5 992	5 800
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	6 217	2 882	1 152	1 105
Total des sondages superficiels ^{1,2} (m)	83 370	59 570	24 400	25 700
Nombre total de trous forés	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM À L'ÉTRANGER

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
TOTAL DES DÉPENSES <i>(milliers de francs français)</i>	174 300	50 100	35 400	61 000
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	30 959,1	10 245,4	6 807,7	11 619

- (1) La plupart des forages de prospection sont effectués à partir des galeries de mines à cause du type de gisement recherché.
- (2) Les sociétés engagées dans la prospection de l'uranium en France sont des sociétés de droit privé dans lesquelles L'État français détient une part prépondérante mais où les investissements privés ne sont pas absents. Si, pour des besoins statistiques, on souhaitait scinder les dépenses en deux parts correspondant aux intérêts publics et privés dans le capital des sociétés, il faudrait multiplier les valeurs indiquées respectivement par les facteurs 0,89 et 0,11.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

L'épuisement des ressources lié à la production minière en 1995 et 1996 n'a pas été compensé par de nouvelles découvertes. Comme les activités de prospection de l'uranium ont cessé en dehors des alentours immédiats des centres de production existants, il est probable que cette tendance à la baisse des ressources se prolonge.

Les ressources connues (RRA et RSE-I) au 1er janvier 1997 sont en baisse de 12 pour cent par rapport au 1er janvier 1995.

Les ressources connues appartenant à la catégorie de coût inférieur à 80 \$/kg d'U sont réévaluées chaque année. La plus grande partie des RRA et RSE-I entrant dans la tranche de coût compris entre 80 \$ à 130 \$/kg d'U (celles qui ne sont pas situées dans des gisements en exploitation) ont été évaluées il y a plus de cinq ans.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les ressources non découvertes ne font pas, en France, l'objet d'une étude systématique.

PRODUCTION D'URANIUM

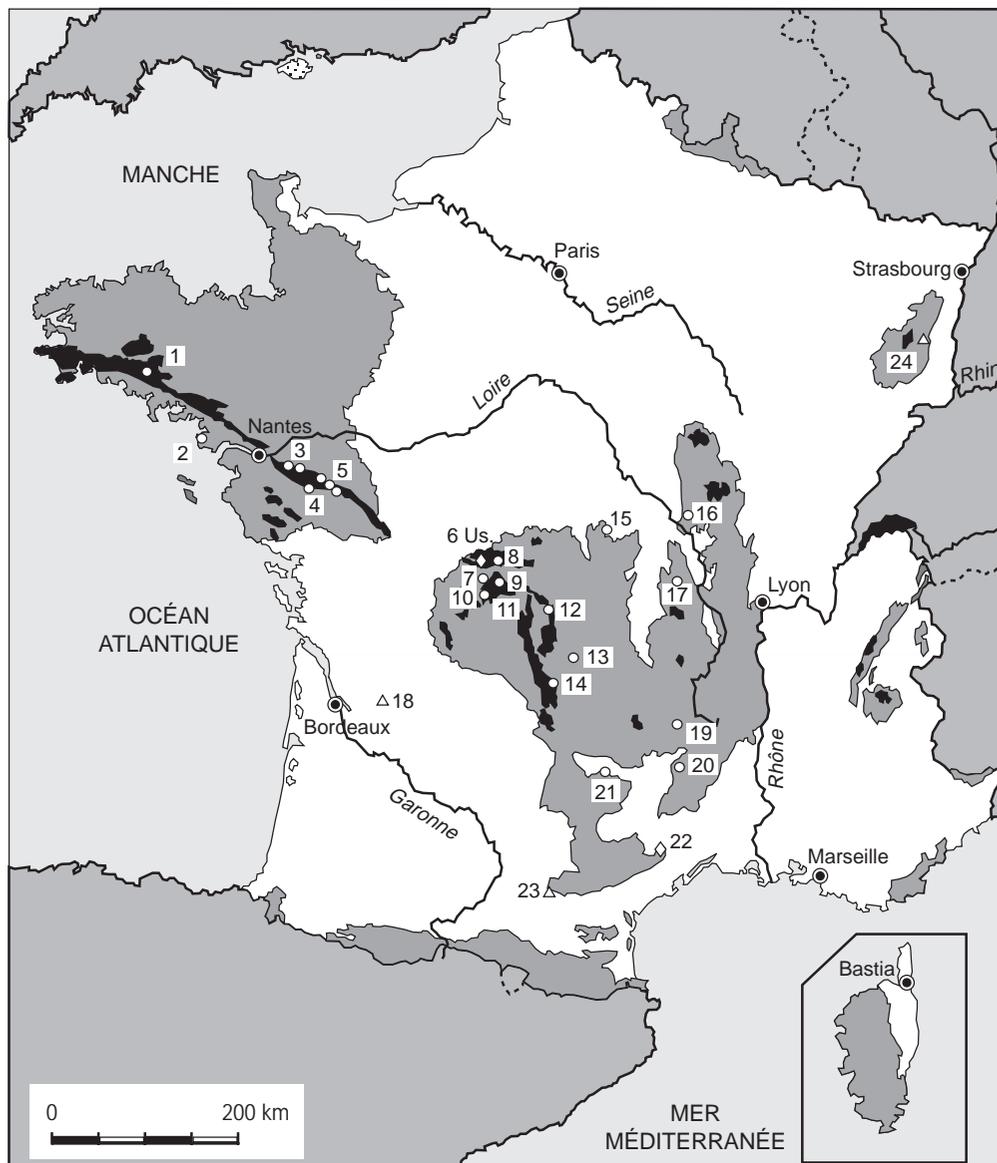
Tendances de la production

Par suite des fermetures de mines signalées dans les précédentes éditions du Livre rouge, la production française d'uranium est en baisse depuis 1990. La production des usines de traitement qui était de 1 106 t d'U en 1995, est tombée à 930 t d'U en 1996, et avec la fermeture de la mine de Lodève, elle ne devrait atteindre que 761 t d'U en 1997.

Le fait marquant en 1997 dans le secteur minier de l'uranium en France est la fermeture du centre minier de Lodève. La remise en état du site a déjà commencé dans certaines parties de la zone. En fait, après la fermeture de la mine de Lodève, la mine du Bernardan est la seule mine d'uranium en activité en France. Cette dernière devrait continuer à être exploitée jusqu'en 2000-2001.

Une installation de stockage de l'uranium appauvri est en construction sur le site de la Cogéma à Bessines. Un embranchement ferroviaire est déjà en place et les deux premiers bâtiments devraient être montés avant la fin de 1997. Il est à noter que, en France, le fluorure d'uranium appauvri (gaz) est converti au centre de Pierrelatte en oxyde d'uranium appauvri, poudre qu'il est facile de stocker dans des fûts.

Principaux gisements d'uranium en France



Gisements d'uranium :

◇ En exploitation

△ En préparation

○ Exploité

Us. Usine de concentration

■ Leucogranite

▒ Massif varisque

1. Pontivy

2. Pennaran

3. Le Chardon

L'Écarpière

4. Beaurepaire

5. La Chapelle Largeau

La Commanderie

La Dorgissière

6. Le Bernardan (Maihac)

7. Le Brugaud

8. Bellezane

9. Fanay

Le Fraisse

10. Magnac

Vénachat

11. Henriette

12. Hyverneresse

13. S^t-Pierre-du-Cantal

14. La Besse

15. Cerilly

16. Grury

17. Les Bois Noirs

18. Coutras

19. Le Cellier

Les Pierres Plantées

20. Les Bondons

21. Bertholène

22. Mas Laveyre

23. Tréville

24. S^t-Hyppolyte

Source : CEA-DCC/MNC, juin 97.

État de la capacité théorique de production

Au 1er janvier 1997, la capacité maximale théorique de production s'établit à 1 500 t d'U par an correspondant à la production conjointe des deux usines de traitement de minerais de Lodève et du Bernardan. Il convient toutefois de noter qu'après la fermeture de l'usine de Lodève, la capacité théorique globale de production devrait, selon les estimations, être d'environ 760 t d'U en 1997.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Avec l'échange de participation entre la Cogéma et Total S.A. en juin 1993, la Cogéma, qui a acquis l'ensemble des activités minières de Total dans le domaine de l'uranium, est le seul groupe français opérant dans le secteur minier de l'uranium. En France, c'est sa filiale, la Société des mines de Jouac, qui exploite le gisement du Bernardan, tandis qu'elle exploitait directement celui de Lodève.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM (au 1er janvier 1997)

	Centre n° 1	Centre n° 2
Nom du centre de production	LODEVOIS SIMO (Cogéma)	LE BERNARDAN SMJ (Cogéma)
Catégorie de centre de production	Existant	Existant
Stade d'exploitation	Fermeture	Moyen
Date de mise en service	1981	1979
Source de minerai : • Nom du gisement • Type de gisement	MAS LAVEYRE Corps minéralisés sur failles dans pélites	BERNARDAN Filonien et corps minéralisés dans granite
Exploitation minière : • Type (CO/ST/in situ) • Tonnage (<i>t de minerai/an</i>) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	ST 165 000	ST 100 000
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (<i>t de minerai/jour</i>) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	PAL/EST 1 400 90	LA/EI 500 98
Capacité nominale de production (<i>t d'U/an</i>)	1 000	500
Projets d'expansion	Néant	Néant
Autres remarques	Fermeture en 1997	

Emploi dans le secteur de l'uranium

La baisse d'activité en France dans l'industrie minière de l'uranium se traduit depuis 1984 par une diminution des emplois dans ce secteur, réduction qui s'est accélérée avec la fermeture des mines.

Centres de production futurs

Dans le contexte actuel du marché de l'uranium, il n'est pas envisagé de développer de nouveaux centres de production dans un avenir proche.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Les ressources en uranium ne peuvent être considérées comme des réserves que si leur exploitation est acceptable en matière d'environnement.

Les contraintes pesant sur l'extraction et le traitement du minerai d'uranium sont celles qui s'appliquent à toute industrie extractive ; cependant le fait que l'uranium soit radioactif implique l'obligation pour l'exploitant minier de prendre des mesures afin de prévenir la dispersion de radionucléides, conformément à la réglementation en vigueur qui devient de plus en plus contraignante.

Les exploitants doivent prendre des mesures afin d'atténuer le plus possible les incidences des opérations minières sur l'environnement. À cet effet ils doivent : stabiliser les travaux miniers en souterrain et à ciel ouvert ; gérer les résidus de l'extraction et du traitement ainsi que les produits issus du démantèlement des installations ; et maîtriser l'effet des principaux vecteurs de dissémination des radionucléides (air et eau).

DONNÉES STATISTIQUES SUR LA PRODUCTION D'URANIUM

Capacité de production à long terme

Bien qu'il existe en France des ressources dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U qui n'ont pas encore été attachées à des centres de production, elles ne font l'objet pour l'instant d'aucun projet défini de mise en production.

Pour répondre aux besoins en uranium de son parc de centrales nucléaires, la France, qui est depuis l'origine de son activité dans ce domaine un pays importateur, continuera de recourir à de l'uranium importé provenant de mines situées à l'étranger.

Seule une reprise très importante du recours à l'énergie nucléaire dans le monde, entraînant une augmentation rapide des besoins en uranium, pourrait conduire à envisager la mise en production de nouveaux gisements en France dans un avenir proche.

BESOINS EN URANIUM

Besoins en uranium et stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

La France étant un pays importateur net d'uranium, la politique en matière d'approvisionnements est basée sur une diversification des sources. Les exploitants miniers français participent à la prospection et à la mise en valeur ou à l'exploitation minière de l'uranium hors de France dans le cadre réglementaire du pays hôte. Ils procèdent, dans le cadre de contrats à plus ou moins long terme, à des achats d'uranium provenant soit de mines dans lesquelles ils détiennent des participations, soit de mines exploitées par des tiers.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Il n'y a pas eu de modifications notables de la politique suivie depuis la parution de la précédente édition du Livre rouge. La prospection et la production de l'uranium en France sont libres dans le cadre législatif et réglementaire en vigueur. La France est un pays essentiellement importateur d'uranium et il n'existe pas de barrière tarifaire aux importations.

STOCKS D'URANIUM

Pour faire face à d'éventuelles ruptures d'approvisionnement, Électricité de France possède des stocks de sécurité dont le niveau minimal est fixé à l'équivalent de trois ans de consommation.

PRIX DE L'URANIUM

Aucune information sur les prix de l'uranium n'est disponible.

• Gabon •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La brusque demande d'uranium à l'issue de la Seconde Guerre mondiale a incité le Commissariat français à l'énergie atomique (CEA) à se lancer dans la prospection de l'uranium en Afrique centrale. Les géologues du CEA ont étendu leurs activités au Gabon à partir de leur base située dans le pays alors appelé Congo. En 1956, le recours à une scintillométrie de surface a permis de découvrir de l'uranium dans les grès datant du Précambrien du bassin de Franceville, près du village de Mounana.

Une évaluation plus poussée a permis de délimiter le gisement de Mounana renfermant environ 5 000 t d'U et, en février 1958, le CEA et un groupement de sociétés minières ont constitué la Compagnie des mines d'uranium de Franceville (COMUF).

Depuis lors, la COMUF, travaillant en étroite coopération avec le CEA, a poursuivi la prospection du bassin de Franceville, dans lequel les cinq gisements supplémentaires suivants ont été découverts entre 1965 et 1982 :

Mikouloungou	1965
Boyindzi	1967
Oklo	1968
Okelobondo	1974
Bagombé	1982

La production a démarré en 1961 dans le centre de production de Mounana. Aujourd'hui, après épuisement des gisements de Mounana, Boyindzi et Oklo, la production de la COMUF est assurée à partir du gisement d'Okelobondo. Le minerai est traité dans l'usine de Mounana.

La plus grande partie des activités de prospection menée en 1993 et 1994 a été consacrée à une révision des réserves actuelles et à des sondages visant à poursuivre la mise en valeur des ressources du gisement d'Okelobondo et de ses corps minéralisés satellites. En outre, on a procédé à quelques sondages de reconnaissance dans la zone de la vallée méridionale de la rivière Lekedi, appelée Lekedi-Sud.

Activités récentes et en cours

Les travaux récents de prospection ont principalement porté sur la réévaluation des zones présentant un intérêt économique situées autour de gisements connus. Ces zones comprennent le dôme de Lekedi situé dans l'axe des gisements d'Okelobondo-Sud, de Bagombé et de Mikouloungou.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET STATISTIQUES DE SONDAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PRIVÉ				
<i>(millions de francs CFA)</i>	591,1	459	696	180
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	1 049,9	938,65	1 338,46	342,86
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé <i>(mètres)</i>	5 100	4 740	14 352	4 100
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

RESSOURCES EN URANIUM

On estime que la minéralisation uranifère du bassin de Franceville est en majeure partie renfermée dans des grès. Seul le gisement de Mikouloungou est classé dans la catégorie des gisements liés à des discordances.

Au cours des premières années, les grès constituant les roches encaissantes de nombreux gisements gabonais avaient été considérés comme des grès alluvionnaires d'un chenal. En partant de cette hypothèse, les possibilités de trouver des gisements dans ce milieu étaient considérées comme se limitant aux zones où se prolongeait ce chenal. Une étude sédimentologique plus récente, menée en 1992 et 1993, a abouti à la conclusion, fondée sur une interprétation révisée, que la roche encaissante gréseuse s'était déposée en milieu littoral. Au vu de ce résultat, le potentiel de la zone se trouve accru du fait que le prolongement de la minéralisation est considéré comme plausible.

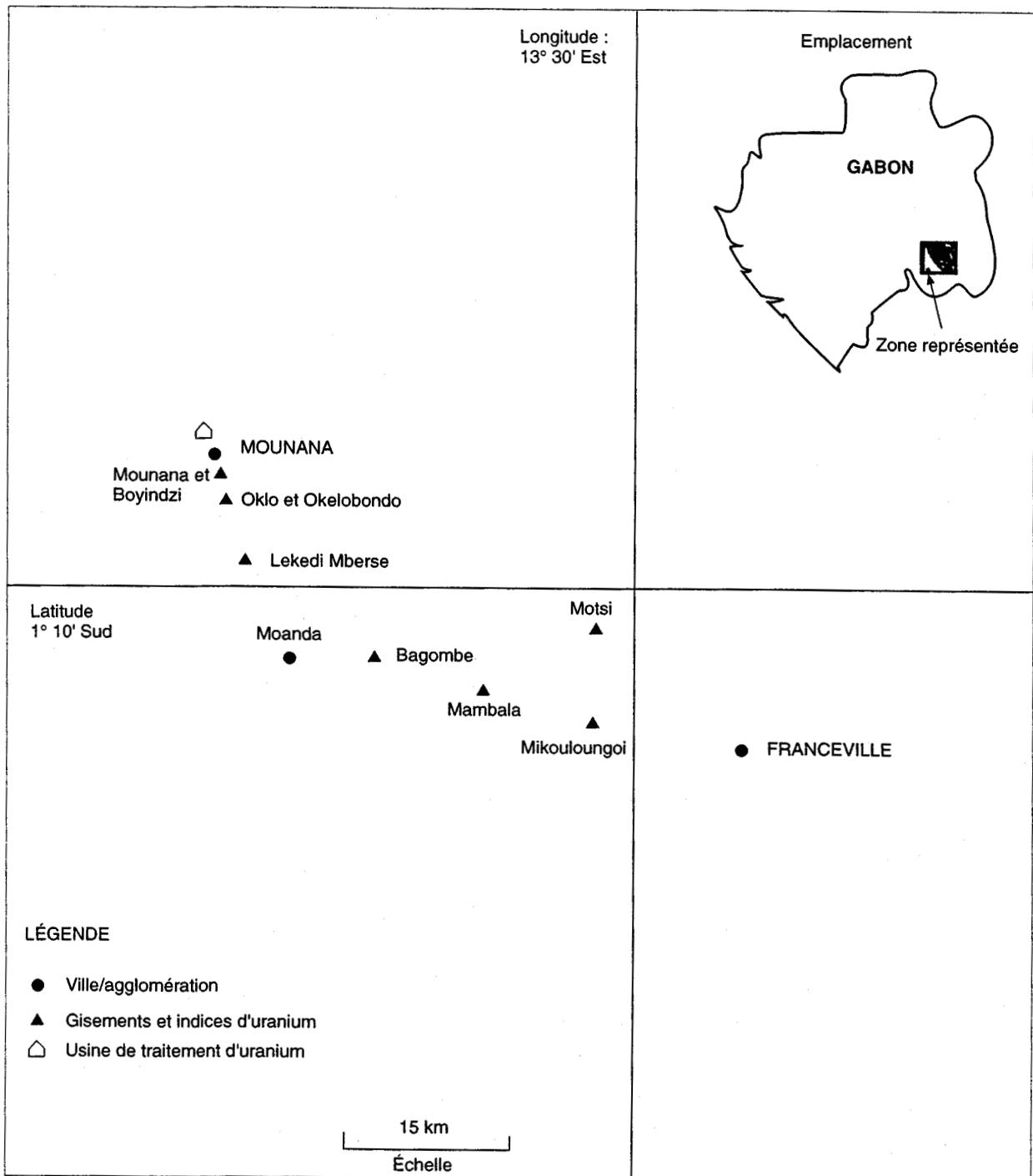
Ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I)

Les ressources connues du Gabon entrant dans les catégories des RRA et des RSE-I, récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U, s'élevaient au total à environ 7 000 t d'U au 1er janvier 1997, s'agissant de ressources in situ. Les pertes en cours d'extraction et de traitement sont données comme étant respectivement de 10 et 15 pour cent pour faciliter la correction des quantités récupérables. Il n'est pas fait état d'estimations concernant les ressources connues récupérables à un coût plus élevé. L'estimation de 1997 est à rapprocher de celle figurant dans l'édition de 1995 du Livre rouge (15 872 t d'U). Cette diminution dans les catégories des ressources connues est imputable à la réévaluation des ressources et à leur ajustement aux conditions actuelles du marché.

Les ressources entrant dans la catégorie des RRA s'élèvent à 6 026 t d'U recouvrables à un coût inférieur à 40 \$/kg d'U, contre 6 812 t d'U, chiffre indiqué dans la précédente édition du Livre rouge.

Les RSE-I de la tranche de coût inférieure à 40 \$/kg d'U ne sont estimées qu'à 970 t d'U, contre 1 360 t d'U indiquées précédemment.

Gisements d'uranium du Bassin de Franceville au Gabon



On estime que 28,9 pour cent des ressources connues sont tributaires de centres de production existants.

La répartition par zones et par catégorie de l'ensemble des ressources connues, soit 6 996 t d'U, contenues dans du minerai ayant une teneur moyenne de 0,313 pour cent d'uranium, s'établit comme suit :

Mounana :

RRA 537,8 t d'U (dans du minerai ayant une teneur en uranium comprise entre 0,35 et 0,76 pour cent).

RSE-I 260,4 t d'U (dans du minerai ayant une teneur en uranium de 0,41 pour cent).

En dehors de Mounana :

RSE-I 4 274 t d'U (Mikouloungou, dans du minerai ayant une teneur en uranium comprise entre 0,23 et 0,36 pour cent, avec une moyenne de 0,311 pour cent) ;
et

1 055 t d'U (Bagombé, dans du minerai ayant une teneur en uranium de 0,196 et 0,269 pour cent).

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les ressources du Gabon entrant dans la catégorie des RSE-II sont estimées à 1 610 t d'U au total, s'agissant de ressources in situ, récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. Il n'est pas fait état de RSE-II récupérables à un coût plus élevé, ni de RS.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

Depuis ses débuts en 1961, la production d'uranium de la COMUF a connu d'importantes fluctuations, dues entre autres à la capacité de l'usine de traitement du minerai et à l'état du marché international de l'uranium. Les principales étapes jalonnant cette évolution sont indiquées ci-dessous :

1961-1969 : palier de production voisin de 400 t d'U/an ;

1970-1973 : augmentation progressive de la production jusqu'à 500 t d'U/an ;

1974-1979 : augmentation rapide de la production jusqu'à 1 250 t d'U/an ;

1980-1989 : recul de la production à 900 t d'U/an ;

1990-1993 : poursuite du repli à 550 t d'U/an ;

1994-1996 : maintien de la production à 600 t d'U/an, avec possibilité d'un ajustement à 550 t d'U/a.

L'évolution de la production d'uranium entre 1985 et 1996 est résumée dans le tableau suivant.

PRODUCTION CUMULÉE D'URANIUM* (tonnes d'U)

Méthode de production	Total avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	1997 Prévisions
• À ciel ouvert	11 242	0	0	0	11 242	0
• En souterrain	12 997	650	652	568	14 867	587
Total	24 239	650	652	568	26 109	587

* Sur cette production totale, 94 t d'U, produites à partir des gisements d'Oklo constituant des sites de réacteurs naturels, se sont avérées appauvries en ²³⁵U.

État de la capacité théorique de production

L'usine de traitement a actuellement une capacité théorique de production de 1 500 t d'U/an, mais la production effective de la COMUF ne s'élève qu'à 600 t d'U/an, en raison de l'état du marché.

La mine souterraine d'Okelobondo est la seule mine actuellement en exploitation. Comme les ressources subsistant dans cette mine représentent au total environ 700 t d'U, au rythme actuel de production, l'épuisement du gisement est imminent.

Il est projeté de construire une mine sur le gisement Mikouloungou qui renferme des ressources connues de 4 270 t d'U ayant une teneur de 0,311 pour cent d'uranium. Les données techniques relatives à ce projet sont résumées dans le tableau ci-après.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

	Centre n° 1	Centre n° 2
Nom du centre de production	Mounana	Mikouloungou
Catégorie du centre de production	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	Mise en production en cours
Date de mise en service	1988	Juin 1997
Sources de minerai :		
• Nom du gisement	Okelobondo	Mikouloungou
• Type de gisement	Renfermé dans des grès	Renfermé dans des grès
Exploitation minière :		
• Type	En souterrain	À ciel ouvert
• Tonnage (t de minerai/jour)	800	850
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	90	90
Installation de traitement :		
• Type (EI/ES/LA)	ES	ES
• Tonnage (t de minerai/jour)	1 300	1 300
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	95	95
Capacité nominale de production (t d'U/an)	1 500	1 500
Projets d'agrandissement	Aucun	Aucun

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

La COMUF opère dans le cadre d'une « Convention d'établissement » passée entre l'État Gabonais et la compagnie.

La propriété de la production d'uranium qui s'est élevée à 568 t d'U au total en 1996, se répartit comme suit : 25 pour cent (soit 142 t d'U) pour le secteur public national; 7 pour cent (40 t d'U) pour le secteur privé national ; et 68 pour cent (386 t d'U) pour secteur public étranger.

Emploi dans le secteur de l'uranium

Les effectifs employés dans les mines de la COMUF continuent de baisser. Cette situation est imputable au ralentissement de la production et à la perspective de fermeture des mines, prévue pour 1999.

EMPLOI DANS LES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
263	276	259	150

Capacité théorique de production à court terme

Le Gabon indique sa capacité théorique de production prévue à court terme, jusqu'en 1999, fondée sur les centres de production existants et sur les ressources connues récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U.

CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (*tonnes d'U par an*)

1997				1998				1999			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
587	0	0	0	540	0	0	0	540	0	0	0

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Les principales préoccupations en ce qui concerne l'environnement ont trait aux répercussions des activités d'extraction et de traitement du minerai. Il s'agit notamment de la gestion à long terme des résidus et des autres déchets qui sont produits sur le site de l'usine de traitement.

• Grèce •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Depuis 1955, on a procédé en Grèce à de nombreux levés de prospection visant l'uranium qui ont atteint différents stades. Entre 1955 et 1970, divers levés de reconnaissance ont été exécutés sur des zones susceptibles de renfermer des gisements. Il s'agissait notamment de levés radiométriques aéroportés exécutés en 1966 au-dessus des régions septentrionales du pays, et de levés autoportés par scintillométrie pratiqués dans ces mêmes régions au cours de 1969 à 1977. À partir de 1971, des travaux systématiques de prospection de l'uranium ont été entrepris en Macédoine et en Thrace, où les résultats des levés autoportés, de l'étude géochimique d'échantillons de sédiments et d'eaux, ainsi que des mesures radiométriques effectuées sur les sites précédemment reconnus, ont montré la nécessité de passer à une phase d'exploration plus détaillée. Cette dernière a été menée par la Commission grecque de l'énergie atomique (CGEA) en coopération avec le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et l'AIEA.

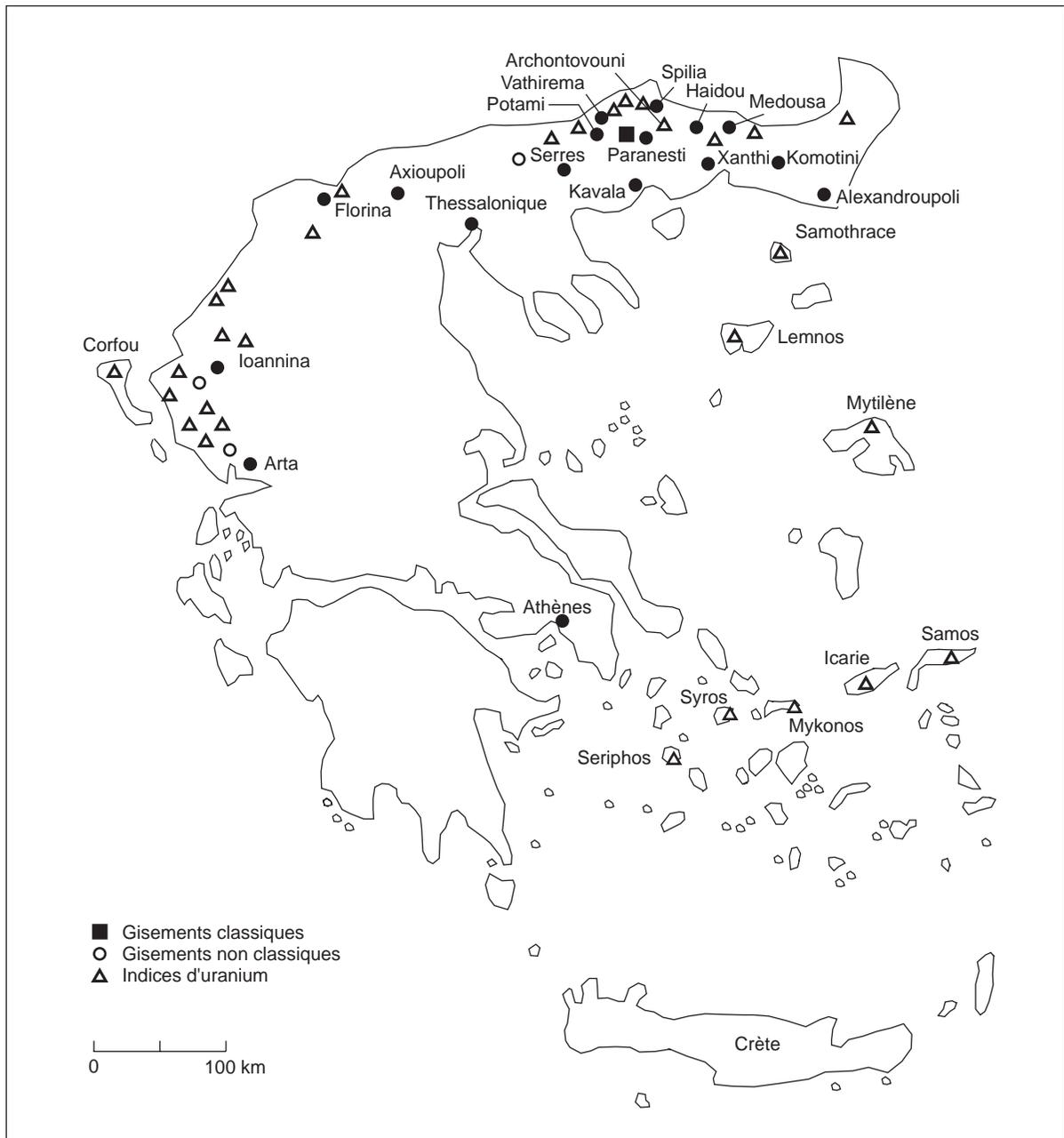
Depuis 1978, les travaux ont été axés sur la définition des gîtes uranifères au moyen de tranchées, de sondages et d'essais d'extraction pratiqués par les deux organismes publics concernés, à savoir la Commission grecque de l'énergie atomique (CGEA) et le Département des ressources énergétiques (DRE) de l'Institut de géologie et de prospection minière (IGPM). Les levés de reconnaissance se sont poursuivis de manière à couvrir l'ensemble du pays ; des efforts ont été déployés afin de parvenir à une estimation plus précise des ressources en uranium renfermées dans les lignites et les schistes carbonifères de Serres.

Au cours de la période comprise entre 1983 et 1986, on a achevé le levé autoporté par scintillométrie couvrant l'ensemble du territoire. Dans le bassin tertiaire de Serres, l'exploration détaillée des zones d'intérêt potentiel a aussi été menée à terme et la teneur en uranium a été évaluée. Les travaux de suivi et de prospection détaillée ont principalement porté sur la Grèce septentrionale, la Macédoine et la Thrace.

Dans le district de Paranești, les activités ont notamment porté sur la prospection détaillée des zones d'intérêt potentiel d'Archontovouni, de Fteroto et de Spilia et sur la construction d'une petite installation pilote (projet conjoint associant l'IGPM et la CEE) afin de tester la récupération d'uranium à partir du minerai oxydé (principalement de l'autunite) provenant du gisement d'Archontovouni.

Les années 1984 et 1985 ont été marquées par la fusion et l'intégration des activités de prospection de l'uranium de la CGEA et de l'IGPM. Depuis 1986, les activités de prospection se sont stabilisées, essentiellement en raison de la mise en œuvre par l'IGPM d'un programme de planification. Les projets de prospection de l'uranium sont pour la plupart exécutés en Grèce septentrionale, où des minéralisations de pechblende ont été localisées dans trois zones d'intérêt : Spilia, Ktima dans le district de Paranești, ainsi que Mavrorema en Thrace.

Gisements et indices d'uranium en Grèce



Activités récentes et en cours

Les plans pour les prochaines années et à moyen terme comprennent :

- l'estimation du potentiel uranifère de six régions susceptibles de renfermer un tel potentiel, à savoir l'île de Lesbos, la Thrace, la Macédoine orientale, le nord-est de Chalkidiki, le bassin de Serres, le massif du Rhodope et le golfe du Strymon, où l'on recherche des minéralisations d'uranium et terres rares ;
- des travaux de prospection et d'évaluation préliminaires visant des zones susceptibles d'être uranifères, qui ont été localisées au cours des années précédentes.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE SUR LE TERRITOIRE NATIONAL

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC				
<i>(milliers de drachmes)</i>	36 600	33 500	66 673	70 000
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	154	148	273	290
Sondages superficiels exécutés par le secteur public (m)	2 895	1 897	1 500	
Nombre de forages effectués par le secteur public	30	16	18	
TOTAL DES SONDAGES SUPERFICIELS (m)	2 895	1 897	1 500	
NOMBRE TOTAL DE FORAGES	30	16	18	

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les estimations des ressources en uranium, qui ont été effectuées jusqu'en 1994, comprennent les réserves calculées des deux zones d'intérêt de Spilia (zone de Paranesti) et de Maramena (bassin de Serres), toutes deux situées dans des districts métallogéniques de la Grèce septentrionale.

Les ressources classiques connues (RRA et RSE-I) se rapportent aux gisements uranifères de type filonien et disséminé d'Archontovouni et de Spilia. Les gisements sont liés à des roches encaissantes granitoïdes du socle cristallin du massif métamorphique du Rhodope et de Maramena dans le bassin de Serres où l'uranium est lié à des grès et à des limons charbonneux datant du Tertiaire. Compte tenu des résultats récents obtenus grâce à des procédés de traitement des minerais, elles sont désormais classées dans la catégorie des RRA classiques.

Les levés par sondage ont permis de localiser des gîtes de pechblende de type filonien dans la zone d'intérêt de Spilia. À Archontovouni, la minéralisation est principalement constituée par des minéraux uranifères d'altération.

Il y a lieu de noter que l'un des gisements uranifères potentiels s'avère riche en terres rares. Les teneurs moyennes en uranium des gisements récemment découverts varient de 0,03 à 1 pour cent, et les concentrés d'uranium renferment des terres rares. Les roches encaissantes granitoïdes de la minéralisation d'uranium datent du Pré-Paléozoïque, tandis que la minéralisation est considérée comme étant plus récente.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

La prospection préliminaire en surface et, dans certains cas, les levés par sondage ont permis de localiser un certain nombre de régions susceptibles de renfermer de l'uranium. Il s'agit plus précisément des zones d'intérêt suivantes :

- Andiro et Fteroto, où la minéralisation est de type disséminé ;
- Alexandroupoli, où la pechblende se rencontre dans les roches encaissantes métamorphiques cristallines du massif du Rhodope ; et
- Xanthi et l'île de Lesbos, où la minéralisation est renfermée sous forme de minerai disséminé dans des roches volcaniques datant de l'Eocène.

On trouve des concentrations d'uranium, de thorium, de terres rares, de titane, et autres à Florina, qui est un bassin dans des formations gréseuses tertiaires, dans l'île d'Icarie, qui renferme des formations quaternaires de silcrète, ainsi que dans le golfe du Strymon, qui comporte des sédiments clastiques tertiaires dans des zones tant côtières que sous-marines.

• Hongrie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les premiers travaux de reconnaissance visant l'uranium ont débuté en 1952, lorsque, grâce à une participation soviétique, des matériaux provenant de gisements de charbon hongrois ont fait l'objet de vérifications du point de vue de la radioactivité. En 1953, les résultats de ces travaux ont débouché sur un programme de prospection géophysique par levés radiométriques aéroportés et au sol, portant sur la partie occidentale du massif de Mecsek. La découverte du gisement de Mecsek dans des grès datant du Permien remonte à 1954. Les travaux ont ensuite eu pour objectif d'évaluer ce gisement et de le mettre en valeur. En 1956, l'entreprise soviéto-hongroise dans le domaine de

l'uranium a été dissoute, le projet passant sous la responsabilité exclusive de l'État hongrois. Cette même année a été marquée par le démarrage de la production d'uranium à partir du gisement de Mecsek.

Les travaux d'exploration menés par les géologues faisant partie du personnel de la mine d'uranium de Mecsek se sont poursuivis jusqu'en 1989, date à laquelle ils ont cessé, les conditions du marché ayant changé.

RESSOURCES EN URANIUM

Les seules ressources en uranium indiquées par la Hongrie sont celles du gisement de Mecsek.

Ce gisement est renfermé dans des grès du Permien supérieur, qui peuvent atteindre 600 m d'épaisseur. Ces grès ont été plissés dans l'anticlinal datant du Permo-Trias du massif de Mecsek. Les grès uranifères se trouvent dans les 200 m supérieurs de la formation ; ils reposent sur une couche très épaisse de grès fins datant du Permien et sont recouverts par des grès du Trias inférieur. L'épaisseur des grès verts minéralisés, appelés localement « zone de production » varie entre 15 m et 90 m.

Les minéraux métalliques comprennent des oxydes et des silicates d'uranium associés à de la pyrite et de la marcassite.

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les ressources en uranium comprennent à la fois des ressources connues et des ressources non découvertes, comme l'indiquent en détail les sections et tableau ci-après.

Les ressources connues en uranium, entrant dans la catégorie des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, s'élevaient au total à 15 775 t d'U au 1er janvier 1997, à comparer au chiffre de 16 317 t d'U indiqué dans la précédente édition du Livre rouge.

Le total des RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U ne s'élève qu'à 368 t d'U (2,3 pour cent du total des ressources connues), tandis qu'il n'est fait état d'aucune ressource dans la tranche de coût inférieure à 40 \$/kg d'U.

Le total des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U s'élève à 15 407 t d'U, soit environ 238 t d'U de moins qu'indiqué dans la précédente édition du Livre rouge, tandis qu'il n'est fait état d'aucune ressource dans la tranche de coût inférieure à 80 \$/kg d'U.

Toutes les ressources d'uranium connues récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U sont tributaires du centre de production existant et en service de Mecsek.

Les ressources au 1er janvier 1997 entrant dans la catégorie des RRA et des RSE-I sont récapitulées dans les tableaux suivants.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES au 1er janvier 1997 (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	368	15 407

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES au 1er janvier 1997 (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	0	15 407

Ressources en uranium non découvertes

La Hongrie indique des ressources non découvertes, dans la catégorie des RSE-II récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, s'élevant à 15 482 t d'U. Aucune estimation n'est donnée concernant les Ressources Spéculatives.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La mine de Mecsek, exploitée en souterrain, est la seule qui produise de l'uranium en Hongrie. Avant le 1er avril 1992, elle était exploitée par la Société minière de Mecsek (MÉV) appartenant à l'État. Le complexe est entré en service en 1956 et le minerai est actuellement extrait à une profondeur comprise entre 600 et 800 m. La production a été de l'ordre de 500 000 à 600 000 tonnes de minerai par an, avec un taux moyen de récupération en cours d'extraction de 50 à 60 pour cent. L'installation de traitement du minerai a une capacité de 1 300 à 2 000 tonnes de minerai par jour et utilise le tri radiométrique, la lixiviation par voie acide avec agitation (et la lixiviation en tas) avec récupération par échange d'ions. La capacité nominale de production de l'installation est d'environ 700 t d'U/an.

La mine de Mecsek comprend 5 sections qui ont été exploitées selon le calendrier suivant :

- Section I: en exploitation de 1956 à 1971 ;
- Section II: en exploitation de 1959 à 1988 ;
- Section III: en exploitation de 1961 à 1993 ;
- Section IV: en exploitation depuis 1971 ;
- Section V: en exploitation depuis 1988.

L'installation de traitement du minerai est entrée en service en 1963. Jusqu'à cette date, le minerai brut était exporté vers l'URSS. Au total 1,2 millions de tonnes de minerai ont été expédiées à l'usine métallurgique de Sillimäe, en Estonie. Après 1963, ce sont des concentrés d'uranium qui ont été expédiés en Union Soviétique.

À l'heure actuelle, l'exploitation du complexe de Mecsek fait l'objet d'une adaptation aux nouvelles conditions économiques et politiques. Cela implique une réduction à la fois de la production d'uranium et des effectifs de personnel. On s'attend que les activités d'extraction et de traitement de l'uranium dans les sections IV et V cessent à la fin de 1997.

Activités de lixiviation en tas et in situ

La société minière de Mecsek a consacré d'importants efforts à la préparation de la lixiviation en tas des minerais à faible teneur entre 1965 et 1989, date à laquelle la constitution de tas en vue de leur lixiviation a cessé. Au cours de cette période, environ 7,2 millions de tonnes de minerai à faible teneur, renfermant de 100 à 300 g d'U/tonne, ont été broyées jusqu'à une granulométrie inférieure à 30 mm et placées dans deux tas en vue d'une lixiviation. Le premier de ces tas, qualifié de Site N°I, qui renferme 2,2 millions de tonnes, n'est plus en exploitation. La remise en état du site est à l'étude.

Le Site N°II, qui renferme 5 millions de tonnes, est situé dans un bassin isolé et est toujours en exploitation. Après lixiviation à l'aide de solutions de carbonate de sodium, l'uranium est récupéré au moyen de résines échangeuses d'ions. La production annuelle d'uranium a varié entre 5,5 t d'U, la première année d'exploitation, et 24,2 t d'U en 1980 ; en 1994, 8,2 t d'U ont été récupérées. La production cumulée de ce projet s'élève à 525,2 t d'U. Le taux moyen de récupération est d'environ 60 pour cent.

Au début des années 80, la Hongrie a prospecté des gisements d'uranium renfermés dans des grès qui se prêteraient à une lixiviation in situ. Ces recherches ont permis de localiser un gîte potentiellement propice sur le site de Dinnyeberki, à environ 20 km à l'ouest de Pecs, au sud-ouest de la Hongrie. Ce gisement d'uranium se trouve dans une couche de tuf non consolidé riche en matières organiques, dans une succession de couches datant du Tertiaire. Les sédiments associés occupent des gouttières synclinales d'origine structurale et formées par érosion qui se sont développées dans le soubassement du Pré-Cénozoïque. Au cours de 1988, on a procédé à des essais de lixiviation à l'aide de solutions acides injectées par des puits. Les essais ont été suspendus et aucune autre opération de lixiviation in situ n'a été menée.

État de la capacité théorique de production

La société Mecsekuran Ltd. a dû réduire sa production en raison de l'évolution des conditions du marché. Alors qu'elle dépassait 400 t d'U en 1994, la production est tombée à environ 200 t d'U en 1995 et 1996. En outre, le gouvernement hongrois a décidé, en décembre 1994, de mettre fin à l'extraction de minerai d'uranium à compter du 31 décembre 1997. La décision de suspendre l'extraction de l'uranium avait déjà été prise en septembre 1989, mais on était revenu ultérieurement sur cette décision par suite d'une réévaluation de la situation.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

La mine de Mecsek était, jusqu'en 1992, une filiale de l'Agence des domaines relevant de l'État. Suite à une évaluation de tous les actifs, on a créé la société Mecsekuran Ltd. Les actifs ont été répartis entre l'État et la société de manière à ce que les ressources demeurent la propriété de l'État, alors que la concession minière était transférée à la société Mecsekuran. La production est considérée comme étant entre les mains de l'industrie privée hongroise.

Emploi dans le secteur de l'uranium

L'emploi dans la mine et l'usine de traitement de Mecsek a été notablement réduit : les effectifs, qui avaient atteint un niveau maximal de 7 454 personnes en 1985, sont tombés à 1 766 personnes en 1994, puis respectivement à 1 250 et 1 144 en 1995 et 1996. Etant donné la baisse de la production prévue en 1997, l'emploi devrait diminuer encore pour n'être plus que de 1 100 personnes (voir tableau ci-après).

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
1 766	1 250	1 144	1 100

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

	Centre n° 1
Nom du centre de production	Mecsekuran Ltd.
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	1956
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	Mecsek Renfermé dans des grès
Exploitation minière : • Type • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	ST 1 000 70
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	EI 1 000 90
Capacité nominale de production (<i>t d'U/an</i>)	500

Capacité théorique de production à court terme

À la suite de la décision du gouvernement hongrois de mettre fin à la production d'uranium à la fin de 1997, les projections relatives à la capacité théorique de production indiquées dans le tableau suivant ne vont que jusqu'à cette date.

CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (*tonnes d'U/an*)

1997				1998			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	200	0	0	0	30	0

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

En 1996, Mecsekuran Ltd. et la Société minière de Mecsek (MÉV) ont élaboré un plan de déclassement de l'industrie de l'uranium dans la région de Mecsek. Ce plan établit la méthodologie et les calendriers pour la fermeture des mines et des installations de traitement. Il contient également des détails sur le démantèlement et la démolition, ainsi que sur la remise en état des sols et de l'environnement.

Les autorités hongroises compétentes (organismes chargés de l'exploitation minière, de l'environnement et de l'eau) ont examiné le plan, et les besoins de financement ont récemment été soumis au Gouvernement pour examen et approbation.

BESOINS EN URANIUM

La Hongrie exploite la centrale nucléaire de Paks qui comprend quatre tranches de type VVER-230 représentant une puissance nucléaire installée totale de 1 760 MWe. Il n'existe pas actuellement de projet ferme visant la construction d'autres centrales nucléaires.

Les besoins annuels en uranium de cette centrale nucléaire sont d'environ 415 à 430 t d'U. Jusqu'à 1994, ces besoins ont pu être couverts par de l'uranium provenant des mines de Hongrie. Comme la production nationale doit cesser à la fin de 1997, les besoins futurs en uranium seront uniquement couverts par des importations.

PRIX DE L'URANIUM

Jusqu'à la fin de 1990, les prix en vigueur étaient ceux fixés de façon contractuelle par le CAEM pour les matières et services liés au cycle du combustible nucléaire.

Depuis 1991, un accord passé entre la Société minière de Mecsek et la Compagnie hongroise d'électricité (*Magyar Villamos Művek Reszvenytársag – MVM Rt*) qui exploite la centrale nucléaire de

Paks, prévoit un prix de 60 \$/kg d'U. Cet accord s'appliquait à l'ensemble des besoins des centrales nucléaires jusqu'à la fin de 1994. Comme une fraction des quantités requises après 1994 doit être importée, le prix moyen de l'uranium pourrait être inférieur après cette date.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

En 1994, le Gouvernement hongrois a décidé de cesser la production nationale d'uranium à la fin de 1997.

• Inde •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

En Inde, les débuts de la prospection de l'uranium remontent à 1949. Jusque vers le milieu des années 70, ces activités se sont principalement limitées aux provinces uranifères connues dans les zones de Singhbhum (État de Bihar), et de Umra-Udaisagar (État du Rajasthan), où une minéralisation de type filonien avait déjà été identifiée. Un gisement, situé à Jaduguda dans la zone de Singhbhum (État de Bihar), a été exploité dès 1967 et de nombreux autres gisements se trouvant dans des régions voisines ont été réservés en vue d'une exploitation future.

Par la suite, sur la base de modèles conceptuels et d'une méthode de prospection intégrée, les recherches ont été étendues à d'autres zones présentant des conditions géologiques favorables. Cela a abouti à la découverte de deux principaux gisements : un gisement de tonnage moyen à teneur relativement forte dans des grès datant du Crétacé, situé dans l'État de Meghalaya, dans le nord-est de l'Inde ; et un gîte stratiforme à fort tonnage et faible teneur, situé dans des dolomies détritiques minéralisées datant du Protérozoïque moyen du bassin de Cuddapah (État d'Andhra Pradesh). Toutefois, cette phase de prospection a permis de découvrir d'autres petits gisements à teneur assez faible : des amphibolites datant du Protérozoïque inférieur, à Bodal (État de Madhya Pradesh) ; des migmatites cisailées datant du Protérozoïque inférieur, dans le complexe de gneiss de Chhottanagpur, à Jajawal (État de Madhya Pradesh) ; et des conglomérats à galets de quartz du soubassement, à Walkunji dans le Karnataka occidental et à Singhbhum (État de Bihar).

Au début des années 90, un gisement à faible profondeur a été découvert au contact de la surface de discordance des granites du socle et des sédiments datant du Protérozoïque, à Lambapur dans le district de Nalgonda (État d'Andhra Pradesh).

Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, sur la base de critères géologiques favorables et de sondages préliminaires, on a défini les cinq zones de chevauchement suivantes comme devant faire l'objet de recherches intensives :

1. le bassin de Cuddapah (État d'Andhra Pradesh) ;
2. les grès datant du Crétacé (État de Meghalaya) ;
3. la vallée de la Son (États de Madhya Pradesh et d'Uttar Pradesh) ;
4. Singhbhum (État de Bihar et Orissa) ;
5. Aravalli (État du Rajasthan).

Des sondages réalisés aux environs de la zone de Lambapur où se trouve un gisement d'uranium à faible profondeur, situé le long d'une discordance datant du Protérozoïque entre les granites du socle et du quartzite sus-jacent de Srisailam, ont permis d'établir l'existence de 1 950 t d'U supplémentaires (dans la catégorie des RSE-I) dans la zone de Peddagattu, dans la partie nord-ouest du bassin de Cuddapah. La majeure partie du bassin reste, toutefois, à explorer.

Dans l'État du Meghalaya, des grès datant du Crétacé ont déjà été identifiés comme constituant un horizon susceptible de renfermer des concentrations d'uranium. Des levés et des activités de prospection aux alentours du gisement d'uranium de Domiasiat ont permis de déceler d'autres anomalies prometteuses.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1993	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC :				
<i>(millions de roupies)</i>	292,13	297,52	251,40	285,7
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	9 363,14	9 535,90	7 394,12	8 047,89
Sondages superficiels exécutés par le secteur public <i>(mètres)</i>	31 510	35 249	32 762	35 450

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Comme par le passé, les ressources en uranium de l'Inde ont été classées en RRA et RSE-I, sans les affecter à aucune tranche de coût.

Ces ressources se trouvent principalement dans les types de gisement suivants :

- i) filoniens et disséminés, dans le district de Singhbhum (État de Bihar) ;
- ii) renfermés dans des grès, dans des sédiments datant du Crétacé (État de Meghalaya) ;
- iii) liés à des discordances à la base des sédiments datant du Protérozoïque dans le nord-ouest du bassin de Cuddapah (État d'Andhra Pradesh) ; et
- iv) stratiformes présents dans des dolomies du bassin de Cuddapah (État d'Andhra Pradesh) ;

Depuis la publication des dernières estimations de ressources, le total des RSE-I a augmenté de 1 950 t d'U, correspondant aux gisements liés à des discordances le long de la bordure nord-ouest du bassin de Cuddapah. Les travaux de prospection menés dans les grès datant du Crétacé dans L'État de Meghalaya, au nord-est de Cuddapah, donnent des résultats très encourageants et d'importantes ressources sont susceptibles d'y être localisées.

L'ensemble des ressources connues est estimé à 52080 t d'U pour les RRA et 24 245t d'U pour les RSE-I, s'agissant de ressources in situ non affectées à une tranche de coût.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

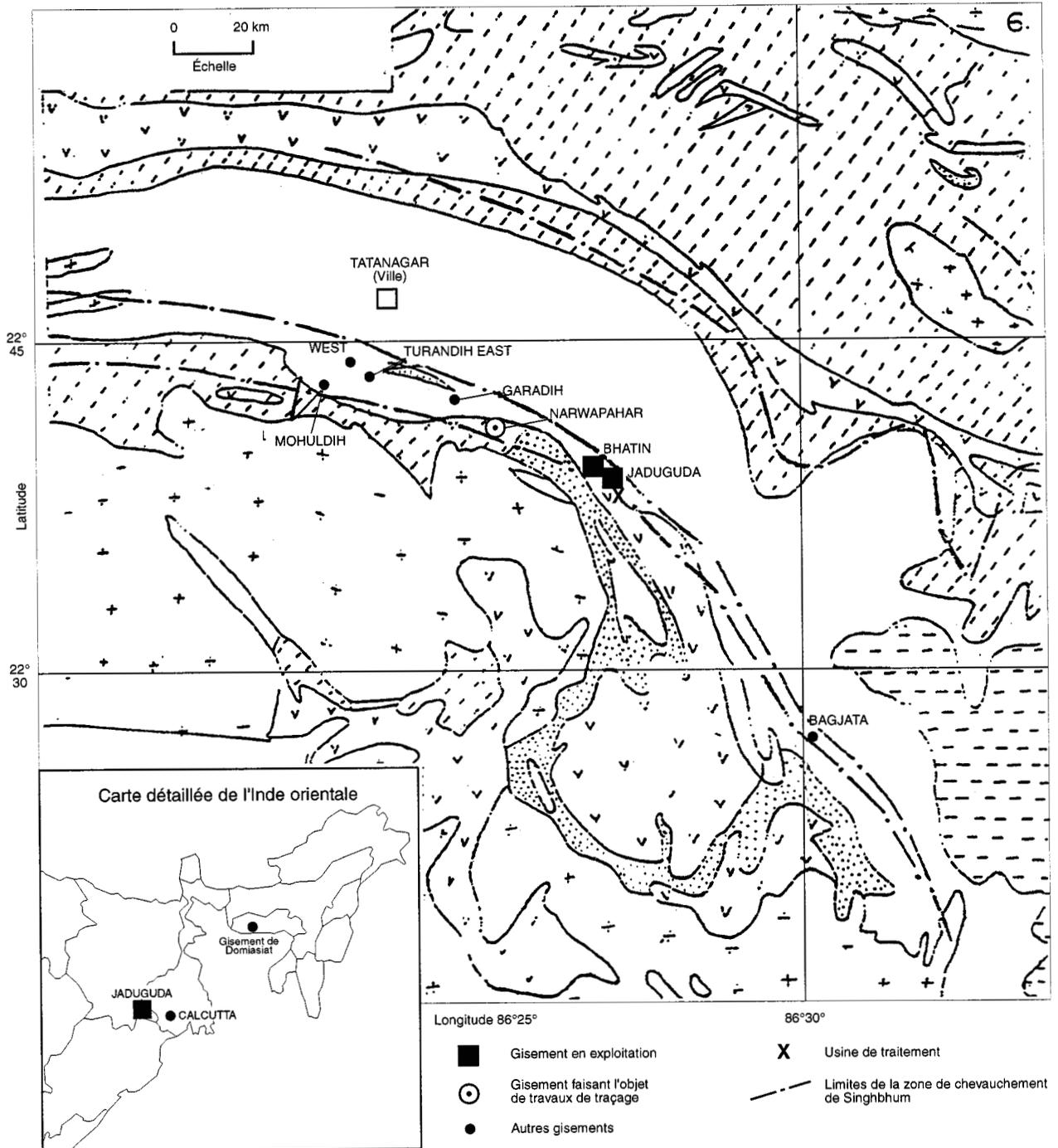
L'estimation des RRA figurant dans l'édition de 1995 du Livre rouge n'a pas changé. On a évalué à 17 000 t d'U les Ressources Spéculatives supplémentaires qui seraient renfermées dans les métasédiments datant du Protérozoïque du Supergroupe de Cuddapah (État d'Andhra Pradesh), le Supergroupe d'Aravalli (Rajasthan), le craton Singhbhum-Orissa (États de Bihar et d'Orissa), la région de la vallée de la Son (État d'Uttar Pradesh) et les grès datant du Crétacé (État de Meghalaya).

RESSOURCES CLASSIQUES NON DÉCOUVERTES (tonnes d'U)

Non affectées à une tranche de coût	
RSE-II	RS
14 725	17 000

* S'agissant de ressources in situ.

Gisements d'uranium de la région de Jaduguda, Inde



RESSOURCES NON CLASSIQUES ET URANIUM OBTENU COMME SOUS-PRODUIT*

Gisement	Emplacement	tonnes d'U		Nom du centre de production
Gisements de cuivre de la zone de chevauchement de Singhbhum	District de Singhbhum, (État de Bihar)	6 615	Récupérables	Jaduguda
Phosphorites	Disséminés dans l'ensemble du pays	1 695	Récupérables	Aucun

* Données extraites de l'édition de 1993 du Livre rouge.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La société *Uranium Corporation of India Limited (UCIL)* a été créée en octobre 1967 et placée sous la tutelle administrative du Ministère de l'énergie atomique de l'Inde. L'UCIL exploite actuellement trois mines souterraines à Jaduguda, Bhatin et Narwapahar dans la partie orientale du district de Singhbhum (État de Bihar). Le minerai est traité dans l'usine de traitement situé à Jaduguda.

De l'uranium est récupéré en tant que sous-produit à partir des résidus de cuivre provenant des installations de concentration de cuivre de la société M/s Hindustan Copper Ltd., dans les mines de Mosaboni, à Rakha. Cet uranium fait ensuite l'objet d'un traitement complémentaire à l'usine de concentration de Jaduguda.

État de la capacité théorique de production

L'usine de Jaduguda a une capacité totale de traitement d'environ 2 100 tonnes de minerai par jour.

Mine de Jaduguda

Le gisement de Jaduguda comprend deux corps minéralisés. Le filon dit de la lèvre inférieure [Foot Wall Lode (FWL)] et celui dit de la lèvre supérieure [Hanging Wall Lode (HWL)], sont séparés par une distance d'environ 60 à 100 m. Le filon FWL s'étend sur une longueur d'environ 800 m dans la direction du sud-est/nord-ouest. Le filon HWL a une longueur de 200 à 300 m et se limite à la partie orientale du gisement. La largeur est en moyenne de 3 à 4 m, mais peut atteindre un maximum de 20 à 25 m. Le filon FWL est plus fortement minéralisé et contient, en plus de l'uranium, des minéraux sulfurés de cuivre, de nickel et de molybdène. Les deux filons ont un pendage moyen de 40 à 45 degrés vers le nord-est. Le gisement a été exploré jusqu'à une profondeur de 800 m et est inexploré en dessous de ce niveau. Le minerai se trouve dans des filons renfermés dans les roches métamorphiques de la zone de chevauchement de Singhbhum. Les roches encaissantes datent du Protérozoïque.

La mine de Jaduguda a été mise en service en octobre 1967. On a recours à un puits de 5 mètres de diamètre sur 640 mètres de profondeur pour accéder au corps minéralisé à fort pendage. Un puits secondaire en cul-de-sac est en cours d'aménagement afin d'avoir accès au minerai se trouvant à des profondeurs comprises entre 555 et 900 mètres en dessous de la surface. Ce nouveau puits est situé à 580 m au nord du puits principal. Des galeries de niveau de mine doivent être aménagées à des profondeurs de 620, 685, 750, 815 et 880 mètres. Les postes de broyage et de chargement se trouvent respectivement à des profondeurs de 835 et 865 mètres.

Dans le puits principal, le minerai est remonté dans une benne de 5 tonnes à partir du niveau moins 605 mètres. Les principaux étages d'abattage sont aménagés à des intervalles de 65 mètres. Le traçage et l'extraction s'effectuent par des méthodes classiques de forage et de dynamitage à l'aide d'un maxi-trépan. La méthode utilisée de dépilage par chambre remblayée permet d'obtenir un taux de récupération du minerai de 80 pour cent. Un équipement de chargement-transport-déversement est utilisé pour transférer le minerai dans des godets de chargement à l'aide desquels ce minerai est transféré à un système de roulage à propulsion diesel qui l'achemine au puits d'où il est remonté à la surface. Des résidus déboués sont utilisés pour le remblayage.

Mine de Narwapahar

La mine de Narwapahar de type classique, située à environ 10 km de Jaduguda, est en cours d'aménagement. Le gisement de Narwapahar est constitué par de l'uraninite renfermée dans des schistes chloriteux-quartzeux avec de la magnétite associée. Le schiste sous-jacent est de composition similaire, mais contient une plus grande quantité de magnétite. Les corps minéralisés s'étendent sur une longueur maximale de 2 100 mètres et jusqu'à une profondeur de 600 mètres. On compte six unités ou filons uranifères. Les corps minéralisés sont de forme lenticulaire, avec un pendage moyen de 30 à 40 degrés dans la direction du nord-est. La puissance des divers corps minéralisés varie entre 2.5 et 20 m.

La mise en exploitation de ce gisement est en cours par le fonçage d'un puits vertical de 350 mètres de profondeur et d'une rampe à 7 degrés par rapport à la surface. Cette rampe sert de moyen d'accès au matériel minier non ferroviaire. En mai 1995, le puits avait atteint 200 m de profondeur. Lorsque le corps minéralisé est étroit, on a recours à une exploitation par chambres et piliers, alors que dans les zones de puissance supérieure, c'est la technique d'abattage par chambre remblayée qui est utilisée.

Mine de Bhatin

Le gisement de Bhatin est situé à 4 km au nord-ouest du gisement de Jaduguda. Les deux gisements sont séparés par une importante faille. La mine de Bhatin a été mise en exploitation en 1986. Elle permet d'exploiter un corps minéralisé ayant une puissance de 2 à 10 m et un pendage moyen de 30 à 40 degrés. Les caractéristiques géologiques sont analogues à celles du gisement de Jaduguda. La roche encaissante est un schiste chloriteux à biotite. Ce petit gisement est exploité à l'aide de galeries à flanc de coteau et de puits inclinés, la méthode d'extraction employée étant l'abattage par chambre remblayée. Des camions sont utilisés pour acheminer le minerai à l'usine de Jaduguda.

Uranium récupéré à partir des résidus de traitement du cuivre

Les trois installations de récupération de l'uranium de Rakha, Surda et Mosaboni permettent également d'obtenir de l'uranium à partir des résidus des installations de concentration de cuivre. Elles sont entrées en service au cours des années 70 et 80. À la suite de l'extraction du cuivre, les résidus ayant une teneur moyenne d'environ 0,01 pour cent d' U_3O_8 , en sont expédiés aux installations de la société UCIL en vue de la récupération de l'uranium. Un concentré minéral uranifère lourd est obtenu en faisant passer les résidus sur des tables à secousses. Les concentrés sont transportés par camions à l'usine de Jaduguda pour traitement complémentaire. La production conjointe de ces trois installations est d'environ 150 tonnes de concentrés par jour.

Usine de Jaduguda

Le minerai d'uranium extrait des mines de Jaduguda, Bhatin et Narwapahar, de même que les concentrés minéraux d'uranium acheminés à partir des installations de récupération d'uranium, sont traités dans l'usine située à Jaduguda dans l'est de Inde, à environ 150 km à l'ouest de Calcutta. Cette usine, été mise en service en octobre 1967, a une capacité nominale de traitement de 1 370 tonnes de minerai par jour et une capacité annuelle de production de 170 tonnes d'U. Elle fait actuellement l'objet d'agrandissements en vue de lui permettre de traiter 2 000 tonnes de minerai par jour et de produire 230 t d'U/an.

Après concassage et broyage à une granulométrie passant à 60 pour cent par un tamis de 200, le minerai subit une lixiviation à l'acide sulfurique dans des pachucas, à une température d'environ 37°C. Après passage de la pulpe au tambour filtrant, une résine échangeuse d'ions est utilisée pour récupérer l'uranium. Après élution, le produit est précipité à l'aide de magnésie de manière à obtenir un diuranate de magnésium renfermant 74 pour cent d' U_3O_8 . Le taux de récupération en cours de traitement est d'environ 95 pour cent.

Un système de traitement de l'eau et de récupération de l'eau provenant des résidus, mis en œuvre en mars 1990, a abouti à une réduction des besoins en eau fraîche, de même qu'à une plus grande pureté de l'effluent final.

L'UCIL exploite aussi une installation de flottation afin de récupérer des sulfures de cuivre et de molybdène en tant que sous-produits à partir du minerai d'uranium, de même qu'une installation de récupération de la magnétite qui est aussi présente dans certains minerais.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Le secteur de l'uranium est entièrement contrôlé par le Ministère de l'énergie atomique, autrement dit par le Gouvernement de l'Inde.

La Division des minéraux atomiques relevant du Ministère de l'énergie atomique est en charge des programmes de prospection de l'uranium. Après la découverte et la localisation d'un gisement, des travaux d'analyse sont menés afin de confirmer l'existence d'un corps minéralisé exploitable. Ce stade d'évaluation peut comporter des travaux miniers de reconnaissance.

Dès que l'existence d'un gisement représentant un tonnage et une teneur suffisants est prouvée, il est confié à l'UCIL pour exploitation minière commerciale et production de concentrés d'uranium.

L'UCIL a été établie le 16 octobre 1967 en tant qu'entreprise du secteur public ayant pour mission d'extraire et de traiter le minerai d'uranium. Elle a son siège social à Jaduguda, dans le district de Singhbhum (État de Bihar), lieu principal des activités d'extraction et de traitement du minerai d'uranium en Inde.

Centres de production futurs

L'aménagement du gisement d'uranium de Domiasiat, dans le district de West Khasi Hills (État de Meghalaya), dans le nord-est de l'Inde, est en cours et les travaux de construction ont commencé. Pour exploiter ce corps minéralisé, il est prévu d'établir une mine à ciel ouvert et une usine de traitement.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Les mines d'uranium existantes ne soulèvent pas de problèmes du point de vue de l'environnement. Toutefois, des dispositions ont été prises pour gérer les incidences sur l'environnement. L'organisme chargé de cette tâche est le Groupe de protection sanitaire du Centre de recherche atomique de Bhabha, situé à Bombay. Il s'occupe de la surveillance environnementale et sanitaire des installations de production d'uranium, qui inclue le contrôle des rayonnements, du radon et des poussières émis. Le Groupe gère aussi un Laboratoire d'études environnementales à Jaduguda.

STRATÉGIE EN MATIÈRE D'ACHAT ET D'APPROVISIONNEMENT

En Inde, la prospection de l'uranium est menée par la Division des minéraux atomiques, organisme détenu à 100 pour cent par le gouvernement. Aucune société privée ou étrangère ne participe à la prospection, la production et/ou la commercialisation de l'uranium. La société UCIL, entreprise du secteur public relevant du Ministère de l'énergie atomique, est chargée de la production des concentrés uranifères. Le reste du cycle du combustible, y compris la fabrication des assemblages combustibles, incombe au « Nuclear Fuel Complex », autre organisme entièrement contrôlé par le gouvernement.

L'investissement dans la production d'uranium en Inde est directement lié au programme électronucléaire du pays. À des fins de planification, le délai entre la prospection et l'aménagement d'une mine et d'une usine de traitement d'uranium est fixé à sept ans.

• Indonésie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium, menée par le Centre pour la mise en valeur des minéraux nucléaires relevant de l'Autorité nationale de l'énergie atomique (*Badan Tenaga Atom Nasional – BATAN*), a débuté au cours des années 60. Dans une première phase, les travaux de reconnaissance régionale ont permis de couvrir approximativement 78 pour cent des 533 000 km² jugés propices à la présence de minéralisations uranifères. Les méthodes utilisées au cours de cette phase de reconnaissance ont fait appel à la fois à des levés géochimiques portant sur des sédiments fluviaux et sur des minéraux lourds, et à des levés radiométriques. Plusieurs anomalies géochimiques et radiométriques ont été découvertes dans des milieux granitiques, métamorphiques et sédimentaires. Par la suite, on a décelé des indices uranifères à Sumatra, dans la zone stannifère de Bangka et dans l'île de Sulawesi (Célèbes). Une évaluation plus détaillée de ces indices n'a pas encore été effectuée, car toutes les activités de prospection menées depuis 1988 se sont concentrées sur la zone de Kalan, dans la partie occidentale de Kalimantan (Bornéo).

Au cours de la période 1991-1992, les travaux de prospection se sont poursuivis dans cette zone et ont été axés à la fois sur l'indice uranifère de Kalan et la zone située alentour. Un important programme de sondage a été achevé en 1992. Les données statistiques détaillées sont récapitulées dans le tableau ci-après. On a dressé un bilan des résultats des activités de prospection menées à ce jour, que l'on a intégré à une étude préalable de faisabilité concernant une éventuelle exploitation minière de l'uranium à Kalan. Les dépenses de prospection de l'uranium ont été de l'ordre de 500 000 à 600 000 dollars des États-Unis en 1995 et 1996. On s'attend qu'elles restent au même niveau en 1997. En 1995 et 1996, une cartographie de reconnaissance a été réalisée sur une superficie totale respectivement de 3 000 et de 3 050 km². Ce type de cartographie devrait tomber à 50 km² en 1997. Environ 1 km² a été cartographié en détail en 1995 et 1996, et ce chiffre devrait être porté à 2,6 km², en 1997.

Activités récentes et en cours

De 1993 à 1996, le BATAN a poursuivi ses activités de prospection de l'uranium visant l'indice uranifère de Kalan et la région avoisinante de la partie occidentale de Kalimantan. Au cours de la période 1993-1995, le BATAN a également exécuté un levé de reconnaissance portant sur plus de 3 000 km² dans l'île d'Irian Jaya (Nouvelle Guinée).

En 1993-1994, les activités de prospection à Kalan, incluant les sondages, ont porté principalement sur les secteurs de Jeronang, Kelawai Inau et Bubu, et avaient pour but de trouver des ressources supplémentaires. En outre, des travaux ont été réalisés dans les zones de Seruyam et de Mentawa, ainsi que dans la région autour de Kalan, où des conditions géologiques analogues ont été relevées. Aucun détail n'est disponible pour la période 1995-1996.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 Prévisions
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC <i>(milliers de roupies)</i> <i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	1 390 648	1 492 573,85	n.d. 643,36	n.d. 539,8
Sondages superficiels exécutés par le secteur public <i>(mètres)</i>	1 963	1 100	470	500
Nombre de trous de sondage forés par le secteur public	6	17	4	5

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les ressources entrant dans la catégorie des RRA et des RSE-I se trouvent dans les secteurs de Lemajung et de Rabau de la zone d'intérêt de type filonien de Kalan. Les travaux de sondage exécutés en 1993-1994 ont conduit à réviser légèrement les estimations données antérieurement pour les RRA et les RSE-I. Aucune révision n'a été effectuée depuis lors.

Au 1er janvier 1997, les RRA s'élevaient à 6 273 t d'U, sous forme de ressources in situ, récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. Dans la même tranche de coût, l'Indonésie fait état de RSE-I représentant 1 666 t d'U en tant que ressources in situ. Par rapport aux chiffres antérieurement publiés, on relève une faible augmentation, de 850 t d'U environ, pour les RRA et une baisse de 480 t d'U pour les RSE-I. Ces modifications se fondent sur les résultats de nouveaux sondages exécutés avant 1995.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES (au 1er janvier 1997)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	0	6 273

* S'agissant de ressources in situ.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (au 1er janvier 1997)

Tranches de coût		
≤ 40 \$/kg d'U	≤ 80 \$/kg d'U	≤ 130 \$/kg d'U
–	–	1 666

* S'agissant de ressources in situ.

RÉPARTITION DES RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES PAR TYPE GÉOLOGIQUE

(au 1er janvier 1997)

Type de gisement	Ressources in situ (tonnes d'U)		Centres de production
	RRA	RSE-I	Existants et commandés
Filonien	6 273	1 666	–

• République Islamique d'Iran •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

En Iran, la prospection de l'uranium a été entreprise avec pour objet d'étayer un ambitieux programme électronucléaire lancé au milieu des années 70. Ce programme s'est poursuivi au cours des deux dernières décennies malgré d'importantes fluctuations dans le niveau des activités, et la suspension du programme électronucléaire pendant un certain temps.

La principale activité a débuté par des levés aéroportés effectués par des sociétés étrangères, qui ont couvert le tiers du territoire iranien jugé le plus susceptible de renfermer des gisements d'uranium et d'autres matières radioactives.

Ces travaux ont été suivis par des activités de reconnaissance au sol et des levés terrestres détaillés. Des travaux de prospection régionale et détaillée ont été entrepris dans les régions présentant le plus d'intérêt, en fonction de l'infrastructure et du personnel de prospection disponibles. Le suivi effectué sur un sixième environ de la région couverte par les levés aéroportés a permis de localiser quelques petits gisements.

RESSOURCES EN URANIUM

On a procédé à l'évaluation des gisements renfermant des RRA et des RSE-II. Les RRA, qui s'élèvent à 840 t d'U, se présentent principalement dans des formations de métasomatites ou de type filonien constituant les gisements de Saghand 1 et 2. Le gisement de Bandarabass, qui est lié à du calcrète, contient d'autres RRA.

Les ressources du gisement polymétallique de type filonien de Talmesi sont estimées à 162 t d'U dans la catégorie des RSE-II. Les coûts de production de ces ressources ne sont pas indiqués.

D'après les résultats des travaux géologiques, géochimiques et géophysiques effectués jusqu'à présent, on estime que les Ressources Spéculatives de l'Iran s'élèvent au moins à 25 000 t d'U récupérables à un coût inférieur ou égal à 100 \$/kg d'U.

CENTRES FUTURS DE PRODUCTION

Les activités de recherche, outre celles relatives à la géologie des gisements d'uranium, ont porté sur une vaste gamme de sujets. Ces travaux ont principalement été axés sur la mise au point de techniques de production des concentrés d'uranium. Ce programme a permis de résoudre de nombreux problèmes, notamment de mettre au point le schéma fonctionnel détaillé d'un procédé de traitement des minerais liés aux roches formées par métasomatose. Ce type de minerai est différent des minerais qui se trouvent habituellement dans les autres types de gisement.

Ces travaux ont pour la plupart été menés à l'échelle du laboratoire. Une partie des activités, toutefois, s'est déroulée à l'échelle d'un projet pilote. On a acquis des connaissances expérimentales supplémentaires sur les techniques de lixiviation en tas. Ces travaux d'expérimentation ont été exécutés à la fois dans des colonnes d'essai et à l'échelle du projet pilote. Ils ont pour objet principal de traiter le minerai provenant de gisements qui renferment des réserves soit limitées, soit dont la teneur est faible.

Quant aux minerais d'uranium non classiques, tels que les phosphates uranifères, des travaux expérimentaux ont été entrepris pour récupérer de l'uranium parallèlement à la production d'acide phosphorique.

Compte tenu des résultats obtenus à ce jour, les études techniques fondamentales et détaillées qui ont été réalisées sont suffisantes pour permettre la construction d'une installation de production de concentrés d'uranium au cours des cinq prochaines années.

• Irlande •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium en Irlande a commencé en 1976 avec l'appui de la DG-XVII de la Commission européenne. Les principales techniques de reconnaissance utilisées ont été des levés autoportés par scintillométrie et des levés géochimiques régionaux portant sur le sol, les sédiments fluviatiles et l'eau. Des levés radiométriques aéroportés limités ont couvert diverses parties des comtés de Kerry, Cork, Waterford et Donegal, mais les résultats ont été décevants.

Les levés terrestres ont permis de localiser des objectifs dans les régions de Leinster, du Connemarra et de Donegal, principalement liés à des plutons granitiques datant du Calédonien tardif. Les sociétés de prospection ont réalisé des levés de suivi plus détaillés dans ces zones dans le cadre de permis de prospection. Les résultats de ces études sont à la disposition du public qui peut consulter le Fichier public de prospection au Bureau de recherches géologiques de l'Irlande (*Geological Survey of Ireland*).

Activités récentes et en cours

Aucune activité de prospection de l'uranium n'a été menée et aucun permis n'a été sollicité depuis lors.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

L'uranium n'a donné lieu à aucune exploitation minière en Irlande.

État de la capacité théorique de production

L'Irlande ne dispose d'aucune capacité de production.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Comme l'Irlande ne produit pas d'uranium, aucun problème actuel ou éventuel d'importance concernant l'environnement ne se pose en liaison avec l'exploitation minière de l'uranium. Toutefois,

une enquête nationale est en cours pour évaluer l'incidence du radon et elle a permis jusqu'à présent de mettre en lumière l'existence d'un problème notable dans certaines régions du pays. Cette enquête ne sera entièrement achevée qu'à la fin de 1998, lorsque les incidences du radon auront été examinées dans toutes les régions du pays.

• Italie •

RESSOURCES EN URANIUM

Dans les conditions actuelles, en l'absence de centrales nucléaires en exploitation, il n'existe aucune activité de prospection et de production d'uranium. En ce qui concerne les ressources en uranium, les estimations publiées dans l'édition de 1991 du Livre rouge demeurent valables.

BESOINS EN URANIUM

Étant donné le faible niveau des prix du pétrole sur le marché international, rien n'est venu relancer le débat nucléaire en Italie et, à l'heure actuelle, aucune nouvelle centrale nucléaire n'est prévue dans le pays. Néanmoins, un important programme de recherche est en cours, portant sur les aspects analytiques et expérimentaux de certains types novateurs de réacteurs qui semblent prometteurs.

• Japon •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La Société pour le développement des réacteurs de puissance et des combustibles nucléaires [*Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC)*], qui est un organisme public, a été créée en 1967 aux termes de la Loi fondamentale sur l'énergie atomique, avec pour mission : de

mettre au point ses propres filières de réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides et de réacteurs à eau lourde ; d'assurer les approvisionnements en combustible nucléaire ; de mettre en valeur les ressources en uranium ; et d'élaborer les technologies d'enrichissement et de retraitement. Des activités de prospection de l'uranium ont été menées depuis 1956 par l'organisme auquel a succédé la PNC. Elles ont permis de localiser au Japon des réserves d'uranium représentant environ 6 600 t d'U. Les activités de prospection de l'uranium sur le territoire national du Japon ont pris fin en 1988.

Activités récentes et en cours

Dans la période récente, la PNC a concentré ses efforts sur la prospection de l'uranium à l'étranger, principalement au Canada et en Australie, mais aussi dans d'autres pays tels que la Chine et le Zimbabwe.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM À L'ÉTRANGER

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC				
<i>(millions de yens)</i>	1 344	1 226	806	556
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	12 923	14 771	7 532	4 801

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

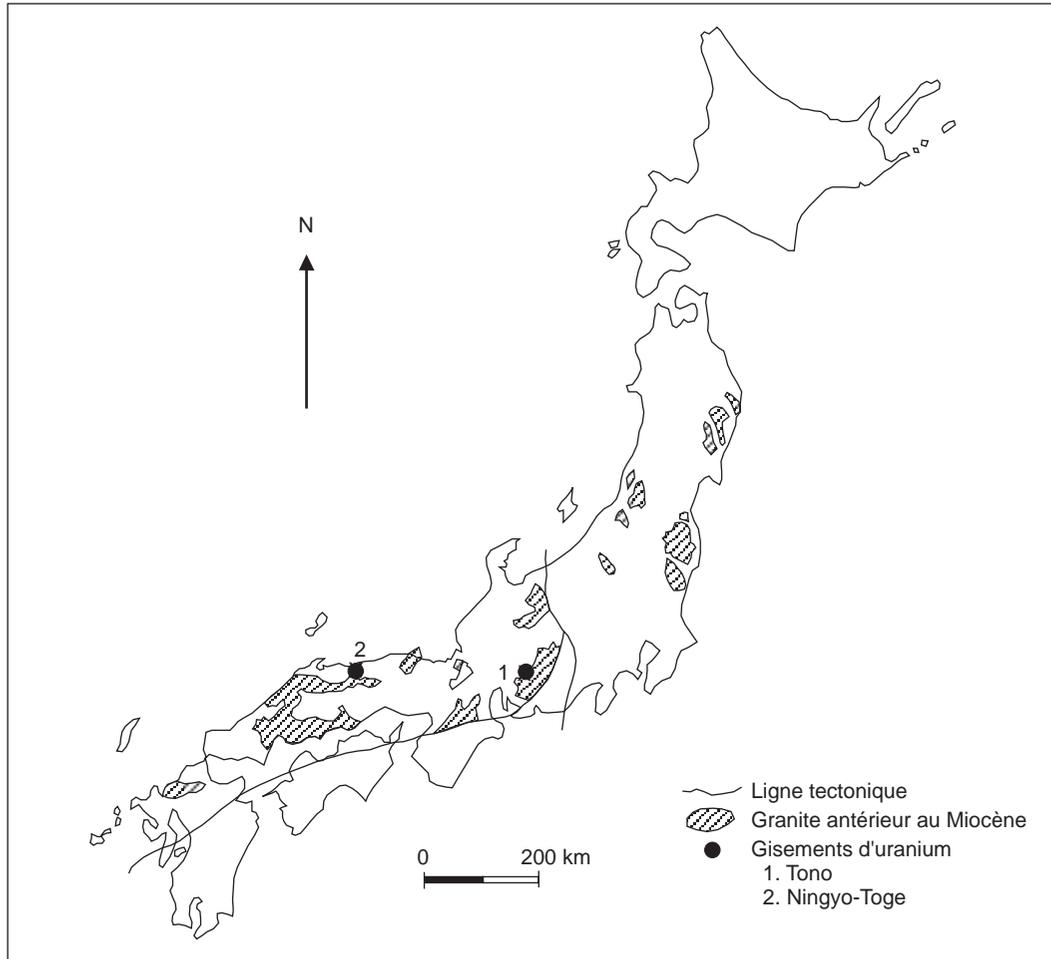
Une usine pilote d'une capacité de 50 tonnes de minerai par jour a été construite par la PNC en 1969 sur le site de la mine de Ningyo-toge. Son exploitation a cessé en 1982, date à laquelle elle avait produit 87 t d'U au total. En 1978, l'essai de lixiviation en cuve du minerai de Ningyo-toge a débuté à petite échelle, avec une installation comportant trois cuves de 500 t de minerai, soit une capacité maximale de 12 000 tonnes de minerai par an. Cet essai s'est achevé à la fin de 1987.

BESOINS EN URANIUM

Au 1er janvier 1997, il y avait au Japon 51 réacteurs en exploitation, représentant une puissance installée totale de 42 712 MWe bruts et fournissant approximativement 30 pour cent de l'électricité produite dans le pays. Deux réacteurs ont été mis en service industriel en 1995 et 1996. Quatre réacteurs sont actuellement en construction et deux autres en projet.

Quant à l'évolution future du parc nucléaire, les objectifs visés sont d'atteindre une puissance installée d'environ 45,6 GWe bruts en 2000 et 70,5 GWe bruts en 2010. Dans une perspective à plus long terme, la puissance nucléaire installée devrait atteindre quelque 100 GWe vers 2030.

Emplacement des principaux massifs granitiques et gisements d'uranium au Japon



Les besoins cumulés en uranium naturel devraient atteindre environ 160 000, 280 000 et 600 000 t d'U en 2000, 2010 et 2030, respectivement.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

Comme le Japon possède des ressources nationales en uranium peu abondantes, il doit compter dans une large mesure sur des approvisionnements en uranium provenant de l'étranger. Sa stratégie en matière d'achat est la suivante :

- En principe, les compagnies d'électricité doivent se procurer de l'uranium en passant des contrats d'approvisionnement à long terme avec des fournisseurs étrangers ;
- Afin de garantir la sécurité des approvisionnements, PNC et le secteur privé s'approvisionnent généralement en uranium dans le cadre d'accords de prospection et d'exploitation passés dans des pays étrangers. Il leur est aussi demandé de diversifier les pays fournisseurs.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Depuis 1975, la législation et la réglementation minières en vigueur au Japon ne prévoient aucun régime spécial applicable à la prospection et à l'exploitation de l'uranium. Celles-ci sont ouvertes aux entreprises privées constituées en sociétés au Japon. Cependant aucune société privée n'a mené des activités d'exploitation de l'uranium sur le territoire du Japon.

PRIX DE L'URANIUM

Les prix de l'uranium à l'importation sont fixés par voie contractuelle par les sociétés privées. Il n'y a pas d'information gouvernementales disponibles à ce sujet.

• Jordanie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

En 1980, il a été procédé à un levé spectrométrique aéroporté couvrant l'ensemble du territoire jordanien. En 1988, on a achevé les vérifications au sol des anomalies radiométriques décelées lors du levé aéroporté. Au cours de la période 1988-1990, des zones du socle Précambrien et des grès datant de l'Ordovicien ont fait l'objet d'évaluations à l'aide de relevés cartographiques et/ou de levés géologiques, géochimiques et radiométriques.

De 1990 à 1992, un programme régional d'échantillonnage géochimique, avec des prélèvements de sédiments fluviatiles et d'échantillons de certaines roches, a été réalisé sur une zone du socle métamorphique. Des études géologiques et radiométriques de suivi ont été exécutées à certains endroits dans les zones du socle métamorphique et de grès datant du Précambrien. On a achevé l'évaluation du potentiel uranifère des gisements de phosphate de la Jordanie. La teneur moyenne en uranium des quatre gisements de phosphate de la Jordanie centrale et méridionale s'est révélée être comprise entre 50 et 140 ppm. Sur la base de ces résultats, les ressources non classiques ou sous forme de sous-produit de la Jordanie sont estimées à 100 000 t d'U.

Activités récentes et en cours

Au cours de la période allant de 1994 à 1996, les dépenses annuelles consacrées par le gouvernement à la prospection de l'uranium sont passées de 10 000 à 100 000 dollars. Vingt-six trous de sondage représentant au total 250 m ont été forés en 1995. Aucun forage n'a été exécuté en 1994 ou 1996.

Les levés aéroportés exécutés depuis 1995 ont permis de délimiter une zone d'anomalies gamma liées à des formations non phosphatées. D'après les résultats des levés gamma terrestres et des mesures du radon (à l'aide de détecteurs solides de traces nucléaires), il apparaît que plusieurs indices superficiels d'uranium sont liés à des sédiments datant du Pléistocène et du Paléocène dans différentes parties du Royaume. Dans ces zones, on rencontre des concentrations d'uranium comprises entre 100 et 500 ppm sur une épaisseur d'environ 1,5 m. La minéralisation se présente soit sous forme de grains très finement disséminés dans les sédiments, soit sous forme de minéraux d'uranium secondaires jaunâtres en remplissage de fissures et de petites poches à l'intérieur des sédiments.

Les travaux prévus en 1997 comprennent :

- la délimitation des sédiments uranifères par des méthodes radiométriques ;
- l'excavation, le creusement des tranchées et le prélèvement d'échantillons de roches dans les zones propices identifiées par un quadrillage du terrain ;
- des essais préliminaires de lixivabilité ; et
- des études pétrologiques, minéralogiques et géochimiques des sédiments uranifères.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
Total des dépenses du secteur public (dollars des États-Unis)	10 000	30 000	100 000	100 000

PRODUCTION D'URANIUM

La Jordanie ne produit pas d'uranium. En 1982, une étude de faisabilité portant sur l'extraction d'uranium à partir de l'acide phosphorique a été présentée par la société d'ingénierie LURGI AG de Francfort (Allemagne), agissant au nom de la Jordan Fertiliser Industry Company. Cette dernière a ultérieurement été achetée par la *Jordan Phosphate Mines Company* (JPMC). L'un des procédés d'extraction évalués a été jugé exploitable. À cette époque, il n'a été pris aucune décision concernant la construction d'une installation d'extraction. Les prix de l'uranium ayant chuté de façon spectaculaire, le procédé a cessé d'être rentable.

Les travaux dans ce domaine ont repris en 1989 par l'établissement d'une micro-installation pilote financée par l'AIEA. Les essais ont pris fin en 1990. Ces travaux ont abouti à l'élaboration

d'un projet de document relatif à une installation pilote d'extraction de l'uranium à partir de l'acide phosphorique. Cette installation devait être aménagée sur le site de l'usine d'acide phosphorique du Complexe de production d'engrais de la JMPC à Aqaba. Aucune décision n'a été prise quant à la poursuite de ces travaux de recherche, étant donné le manque de fonds et la faiblesse des prix de l'uranium.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Pour évaluer les effets des gisements de phosphates uranifères sur l'environnement, on procède actuellement à une étude et à une évaluation systématiques de la concentration d'uranium dans les phosphates jordaniens. Les gisements de phosphate de Shidia, qui composent l'impressionnante réserve de phosphates du pays, se caractérisent par une teneur relativement faible en uranium (variant entre 35 et 50 g d'U par tonne). Ceci est considéré comme très favorable, du point de vue de l'impact éventuel sur l'environnement des phosphates naturels et de leurs dérivés, comme l'acide phosphorique et certains composés phosphatés, et les engrais phosphatés. L'édition de 1993 du Livre rouge fournit davantage de détails sur la teneur en uranium des phosphates jordaniens.

• Kazakhstan¹ •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium au Kazakhstan a débuté en 1948, époque à laquelle la République, désormais indépendante, faisait partie de l'URSS. Les activités menées par la suite peuvent se subdiviser en plusieurs phases distinctes, en fonction des zones visées et des méthodes de prospection utilisées.

Au cours de la première phase, qui a duré jusqu'à la fin de 1957, les parties du territoire de la République qui ne sont pas recouvertes par des sédiments récents non consolidés ont fait l'objet de levés radiométriques régionaux aéroportés et terrestres. Les recherches exécutées au cours de cette

1. Le présent rapport se fonde, pour l'essentiel, sur les réponses au questionnaire soumis par l'AIEA. Ces réponses ont été communiquées par l'Agence de l'énergie atomique de la République du Kazakhstan. Les autres informations utilisées dans ce rapport s'appuient sur une communication de G. Fyodorov, E. Bayadilov, V. Jel'nov, M. Akhmetov et A. Abakoumov, intitulée « L'Uranium et l'environnement au Kazakhstan : Ressources, offre et demande, réglementation régissant les incidences sur l'environnement et études requises », présentée à la Réunion de Comité technique de l'AIEA, 22-27 mai 1995, Kiev, Ukraine.

période ont permis de découvrir plusieurs gisements d'uranium dans ce qui allait devenir plus tard les districts uranifères de Pribalkhach, de Koktchetaou et de Pricaspian. Ces districts se trouvent respectivement à proximité du lac Balkhach (dans le sud-est du Kazakhstan), dans le Kazakhstan septentrional et à proximité de la mer Caspienne. Ces districts, qui sont indiqués sur la carte, présentent notamment les caractéristiques suivantes :

- Les gisements de Pribalkhach, notamment ceux de Kourdaï, Botabouroum et Djideli, sont du type filons ou stockwerks endogènes liés à des complexes de roches volcaniques effusives datant du Dévonien. De 1953 à 1990, ce district a fourni du minerai et/ou des boues de concentrés uranifères. Le district de Pribalkhach a été exploité par le Combinat minier kirghize, qui a pris plus tard la dénomination de « Compagnie de production Youjpolymetal », ayant son siège à Bichpek, au Kirghizistan.
- Le district de Koktchetaou comprend les gisements de Gratchev, Kamychevoe, Kosatchinoe, Vostok, et de nombreux autres gisements. Ces gisements renferment de l'uranium endogène dans des filons et des stockwerks dans des formations sédimentaires plissées datant du Silurien-Dévonien. Ce district a été découvert en 1953 et est devenu la base du centre de production de Tselinny établi en 1957.
- Les gisements de Melovoe, Tomak, Taïbogor et Tasmouroun constituent le district de Pricaspian. Il s'agit de gisements d'uranium exogène dans des matériaux détritiques d'arêtes de poisson phosphatisés se trouvant dans des argiles datant du Paléogène. Découvert en 1954, le gisement de Melovoe sert de support aux activités du Combinat minier et métallurgique de la Caspienne, qui est entrée en service en 1959 et qui a produit de l'uranium jusqu'à la fin de 1993.

Après 1957, les modèles conceptuels élaborés au cours de l'évaluation régionale des bassins sédimentaires ont conduit à la découverte de gisements uranifères du type lié à des grès, associés à des interfaces d'oxydo-réduction. Au cours de cette période, on a exploré le bassin du Tchou-Sarysou, situé dans la partie centrale du Kazakhstan. Parmi les découvertes réalisées dans ce milieu géologique, on peut notamment citer les gisements d'Ouvas et de Jalpak.

En outre, une minéralisation uranifère a été découverte dans le gisement de Koldjat situé dans le bassin de l'Ili, dans le Kazakhstan oriental. Cette minéralisation, dont la teneur en uranium atteint 0,1 pour cent et qui est associée à du charbon, n'a pas retenu l'attention pour des raisons économiques.

En 1970 et 1971, des essais d'extraction par lixiviation in situ ont été menés avec succès dans le gisement d'Ouvas. Depuis lors, les travaux de prospection ont été axés sur les bassins sédimentaires datant du Mésozoïque et du Cénozoïque, susceptibles de renfermer des gisements exploitables par lixiviation in situ.

Ces travaux ont permis de découvrir d'autres gisements dans le bassin du Tchou-Sarysou, en particulier les gisements de Kanjougan et de Moïnkoum, renfermés dans des sédiments datant du Paléocène, et le gisement de Mynkoudouk, se trouvant dans des grès du Crétacé supérieur. La Compagnie Stepnoe et la Compagnie minière centrale mènent des activités de lixiviation in situ dans ce district.

S'inspirant de l'expérience acquise en matière de prospection dans le bassin du Tchou-Sarysou, des recherches ont ensuite été poursuivies entre 1970 et 1975 dans le bassin du Syr-Daria, situé au

sud-ouest du bassin du Tchou-Sarysou. Ces travaux ont abouti à la découverte des gisements de Karamouroun nord, de Karamouroun sud, d'Irkol, et de Zarechnoe.

Ces découvertes, ainsi que d'autres, liées aux sédiments datant du Crétacé et du Paléocène du bassin de Tchou-Sarysou ainsi que de celui du Syr-Daria, ont notablement accru les ressources en uranium du Kazakhstan. En outre, du fait que ces ressources sont exploitables par lixiviation in situ, le Kazakhstan se trouve placé dans une position très favorable pour soutenir avantageusement la concurrence des autres producteurs d'uranium à faible coût sur le marché mondial. Étant donné cette situation favorable en matière de ressources, les travaux de prospection primaire se sont ralentis. Ils se limitent désormais à la partie septentrionale du pays.

Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, l'organisme de prospection Stepgeologia a effectué des travaux de prospection primaire (sans forages) en vue de découvrir des gisements liés à des discordances.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC				
<i>(millions de tenges)</i>	40	7	16	20
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	1 290,32	112,9	242,42	275,86

RESSOURCES EN URANIUM

Les ressources en uranium du Kazakhstan sont renfermées dans des gisements de plusieurs types. Les gisements filoniens ou renfermés dans des stockwerks d'une part, et les gisements liés à des grès d'autre part, constituent les deux principaux types de gisements uranifères. L'un et l'autre de ces types sont en outre subdivisés en fonction de leur contexte géologique.

Les gisements filoniens ou renfermés dans des stockwerks comprennent deux sous-catégories : ceux se trouvant dans des complexes sédimentaires plissés datant du Silurien-Dévonien ; et ceux liés à des formations continentales de roches volcaniques effusives datant du Dévonien.

Les gisements filoniens ou renfermés dans des stockwerks dans des sédiments datant du Silurien-Dévonien se rencontrent dans le district uranifère de Koktchetaou, les principaux gisements étant ceux de Gratchev, Manybaï, Vostok, Zaozërnoe.

Les gisements filoniens ou renfermés dans des stockwerks des formations continentales de roches volcaniques datant du Dévonien se trouvent dans le district de Pribalkhach, notamment dans les gisements de Botabouroum, Kourdaï et Djideli.

Les gisements d'uranium liés à des grès, au Kazakhstan, sont classés par les géologues de ce pays en quatre sous-catégories :

- phosphates organiques ;
- minéralisations uranifères épigénétiques dans des grès ;
- minéralisations épigénétiques dans des sédiments carbonifères ; et
- de remblayage superficiel d'une vallée par des matériaux meubles.

Les gisements constitués par des phosphates organiques se rencontrent dans le district de Pricaspian, dans la péninsule de Manguychlak, sur la côte orientale de la mer Caspienne. La minéralisation uranifère est renfermée dans des sédiments datant de l'Oligocène inférieur au Miocène inférieur ; elle est liée à des débris d'arêtes phosphatisées de poissons fossiles dans une argile pyriteuse. Les gisements les plus vastes de ce district sont ceux de Melovoe, Tomak, Tasmouroun et Taïbogar.

La sous-catégorie des gisements d'uranium épigénétique liés à des grès se rencontre dans les deux bassins sédimentaires orientés approximativement nord-sud : le bassin du Tchou-Sarysou et celui du Syr-Daria, qui sont séparés par le horst de Karataou. Dans ces deux bassins, la minéralisation uranifère est liée à des sédiments clastiques datant du Crétacé-Paléocène et consistant en plusieurs successions de couches de grès et d'argile. Dans le cas du bassin du Tchou-Sarysou, on relève environ six successions de couches de grès et d'argile, avec des étages gréseux de 50 à 70 m d'épaisseur séparés par des couches d'argile imperméable. Dans les deux districts, la minéralisation uranifère se rencontre le long d'interfaces d'oxydo-réduction formant des gisements lenticulaires ou de type rubané de forme asymétrique. Étant donné la porosité et la perméabilité des horizons encaissants et du fait qu'ils sont séparés par des couches d'argile imperméable, les gisements entrant dans cette sous-catégorie se prêtent à une exploitation par des méthodes de lixiviation in situ. Les gisements du district du Tchou-Sarysou comprennent les gîtes de Jalpak, d'Ouvanas, de Mynkoudouk, de Cholak-Espe et d'Inkaï dans la partie septentrionale du bassin, et ceux de Kanjougan et de Moïnkoum dans la partie méridionale.

Le district du Syr-Daria renferme des gisements de type rubané dans des sédiments datant du Crétacé, notamment les gîtes d'Irkol, de Karamouroun-Nord (Youchny Karamouroun), de Karamouroun-Sud (Severny Karamouroun) et de Zarechnoe.

La sous-catégorie des minéralisations épigénétiques dans des sédiments carbonifères se rencontre principalement dans le bassin de l'Ili, en particulier dans sa partie inférieure, dénommée bassin du Nijny-Ili (Ili inférieur), située au sud-est du Kazakhstan. Ces bassins comprennent des sédiments carbonifères continentaux datant du Jurassique inférieur et moyen. La minéralisation uranifère a été localisée principalement dans les horizons carbonifères. Le gisement de Koldjat appartient à cette sous-catégorie. Les ressources se trouvant dans ce contexte géologique ont perdu de leur importance en raison des conditions économiques actuellement défavorables.

La sous-catégorie du remblayage superficiel d'une vallée par des matériaux meubles ne se rencontre que dans quelques cas. Le principal gisement de ce type est celui de Semizbaï, situé à l'extrémité orientale de la province de Koktchetaou.

Comme l'indique la carte, il existe 51 gisements d'uranium au Kazakhstan, dont 26 ont fait l'objet d'études et pour lesquels des estimations des ressources en uranium ont été établies. Ces gisements se trouvent dans six districts uranifères.

Ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I)

Les ressources connues en uranium du Kazakhstan récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U s'élevaient à 860 560 t d'U au 1er janvier 1997. Comparé à l'estimation publiée dans la précédente édition du Livre rouge, ce chiffre représente une augmentation négligeable de 2 560 t d'U. La part de ces ressources connues, qui peut être récupérée à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U, s'élève à 436 540 t d'U, soit plus de 50 pour cent du total.

Il est indiqué que plus de 50 pour cent des ressources connues du Kazakhstan récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U dépendent de centres de production existants et commandés. Ce pourcentage atteint 74 pour cent si l'on considère la part des ressources connues en uranium récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U.

Compte tenu des tonnages déjà extraits, les RRA nettes in situ récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U étaient estimées, au 1er janvier 1997, à 601 260 t d'U, dont 439 220 t d'U et 323 340 t d'U étaient respectivement récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U et à 40 \$/kg d'U, comme l'indique le tableau suivant :

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES* (tonnes d'U)

Tranches de coûts		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
323 340	439 220	601 260

* S'agissant de ressources in situ, déduction faite des ressources exploitées.

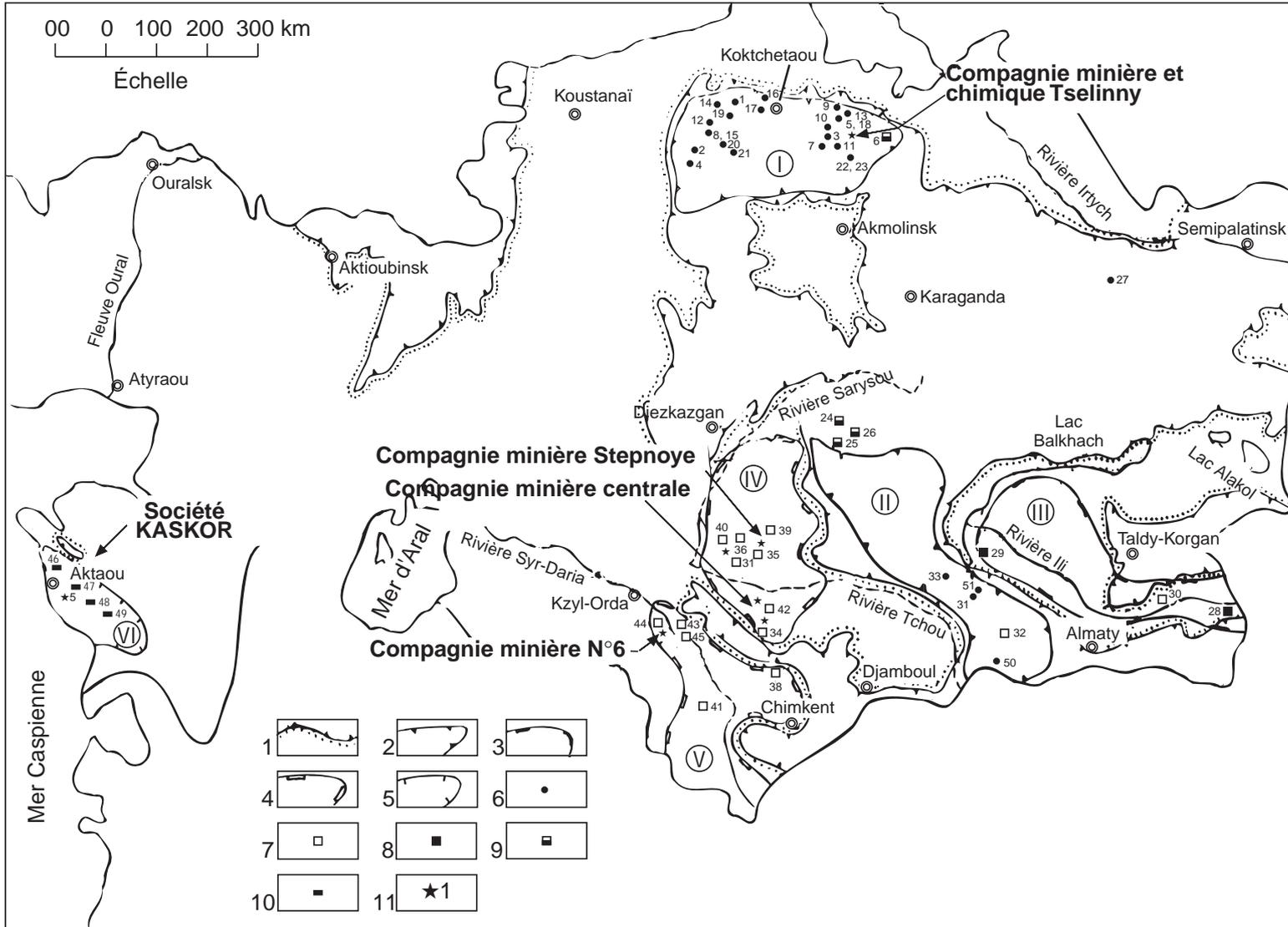
Les RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U demeurent inchangées et s'élèvent au total à 259 300 t d'U sous forme de ressources in situ. Les tranches de coût inférieur comprennent respectivement, 195 900 t d'U et 113 200 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U et à 40 \$/kg d'U, comme l'indique le tableau suivant :

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (tonnes d'U)

Tranches de coûts		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
113 200	195 900	259 300

* S'agissant de ressources in situ, déduction faite des ressources exploitées.

Provinces métallogéniques, gisements et installations de production d'uranium au Kazakhstan



1. Bordures de sédiments a) Pré-Mésozoïques et b) Mésozoïques-Cénozoïques
2. Provinces uranifères renfermant des gisements endogènes dans des sédiments datant du Pré-Mésozoïque (I : Koktchetaou, II : Pribalkhach)
- 3-5. Provinces uranifères renfermant des gisements exogènes dans des formations sédimentaires datant du Mésozoïque au Cénozoïque :
 - 3- avec oxydation superficielle des couches de houille (III : Ili)
 - 4- avec oxydation stratiforme (de type rubané) dans des séries gréseuses (IV : bassin du Tchou et du Sarysou et V : bassin du Syr-Daria)
 - 5- avec des détritits phosphatés d'arrêtes de poissons fossiles (VI : Pricaspian)
- 6-10. Gisements d'uranium :
 - 6- endogènes de différents types de minerais
 - 7- infiltration avec oxydation stratiforme (autrement dit, de type rubané)
 - 8- infiltration avec oxydation superficielle
 - 9- infiltration avec oxydation stratiforme (autrement dit, de type rubané) dans des sédiments de paléochenaux
 - 10- avec des détritits phosphatés d'arrêtes de poissons fossiles
11. Centres de production/Mines :
 - 1) Compagnie minière centrale (Kandjougan)
 - 2) Compagnie minière Stepnoye (Ouvanas)
 - 3) Compagnie minière N°6 (Mynkoudouk)
 - 4) Compagnie minière et chimique Tselinny (Gratchev et Vostok)
 - 5) Société « KASKOR » (Melovoye)

Gisements indiqués sur la carte :

1. Gratchevskoe*
2. Chokpak
3. Zaozérnoe
4. Kamychevoe*
5. Chatskoe
6. Semizbat*
7. Tastykol
8. Akkan-Bourlouk
9. Gloubinnoe
10. Koksorskoe
11. Vostotchno-Tastykolskoe
12. Victorovskoe
13. Agachskoe
14. Fevralskoe
15. Bourloukskoe
16. Slavianskoe
17. Tchaglinskoe
18. Chatskoe-I
19. Kosatchinoe
20. Vostok*
21. Zvézdnoe
22. Manybaïskoe*
23. Youjino-Manybaïskoe
24. Chourly
25. Talas
26. Granitnoe
27. Oulken-Akjal
28. Koldjat*
29. Nijine-Ilyskoe*
30. Souloutchokinskoe
31. Djousandalinskoe
32. Kopalysaïskoe
33. Kyzyltas
34. Kanjougan*
35. Ouvanas*
36. Mynkoudouk*
37. Cholak-Espe
38. Kyzylkol
39. Jalpak
40. Inkaï* (prévu)
41. Zarechnoe
42. Moïnkoum* (prévu)
43. Karamouroun-sud
44. Irkol*
45. Karamouroun-nord*
46. Melovoe*
47. Tomak
48. Taïbogar
49. Tasmouroun
50. Kourdaï
51. Botabouroum

* Mines en exploitation et fermées.

Ressources classiques non découvertes en uranium (RSE-II et RS)

Le Kazakhstan fait état de RSE-II représentant au total 310 000 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, et de RS s'élevant à 500 000 t d'U récupérables dans la même tranche de coût. Ces deux estimations se rapportent à des ressources in situ.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
200 000	290 000	310 000

RESSOURCES SPÉCULATIVES (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 130 \$/kg d'U	Non spécifiée	Total
500 000	0	500 000

Répartition des ressources en uranium (RRA, RSE-I, RSE-II) selon les méthodes d'exploitation

Sur la base des estimations de ressources de 1994, le Kazakhstan a fourni des informations sur les ressources en uranium se prêtant à une exploitation, respectivement par lixiviation in situ et par des méthodes minières classiques à ciel ouvert (CO) et en souterrain (ST). Les ressources prises en compte dans cet inventaire comprennent des RRA, des RSE-I, ainsi que des RSE-II, récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. La répartition en pourcentage de ces ressources, en fonction des méthodes d'exploitation, est indiquée ci-après.

RÉPARTITION DES RESSOURCES EN FONCTION DE LA MÉTHODE D'EXTRACTION

Méthode d'extraction	Part des ressources totales (%)		
	RRA	RSE-I	RSE-II
Lixiviation in situ	73,4	38,5	83,9
Méthodes classiques (CO, ST)	26,6	61,5	16,1
TOTAL	100	100	100

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La production d'uranium à partir des gisements situés au Kazakhstan a débuté en 1953. Le premier organisme responsable de la production d'uranium était le Combinat kirghize, qui a été dénommé plus tard la Compagnie de production Youjpolymetal, ayant son siège à Bichpek, au Kirghizistan. Les minerais étaient extraits du gisement de Kourdaï situé dans le district de Pribalkhach au Kazakhstan, pour être traités au Kirghizistan.

En 1957, est intervenue la mise en service du Combinat minier et chimique de Tselinny à Stepnogorsk, qui est alimenté par les ressources du district de Koktchetaou. Ce complexe est en sommeil depuis 1995.

En 1959, le Combinat minier et métallurgique de la Caspienne à Aktaou a commencé à produire de l'uranium et d'autres co-produits et sous-produits à partir du district de Pricaspian.

En plus des activités classiques d'extraction et de traitement des minerais dans les districts de Pribalkhach, de Koktchetaou et de Pricaspian, il existe trois exploitations par lixiviation in situ dans les districts du Tchou-Sarysou et du Syr-Daria, qui sont opérationnelles depuis plusieurs années. Les compagnies minières Centrale, Stepnoe et n° 6 produisent de l'uranium par LIS à Kanjougan, Ouvanans/Mynkoudouk, ainsi qu'à partir des gisements d'uranium liés à des grès de Karamouroun. La capacité théorique de production globale de ces installations de lixiviation in situ est de 2 600 t d'U/an.

La production totale d'uranium en 1995 et 1996 s'est élevée respectivement à 1 630 et 1 210 t d'U. La diminution par rapport aux années précédentes est imputable à la fermeture, en 1995, des exploitations souterraines classiques de Gratchev et de Vostok de la Compagnie minière et chimique de Tselinny, à Stepnogorsk.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U)

Méthode de production	Avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	1997 (Prévisions)
Exploitation classique						
• à ciel ouvert	21 618	0	0	0	21 618	0
• en souterrain	37 503	660	170	0	38 333	0
Sous-total exploitation classique	59 121	660	170	0	59 951	0
Lixiviation in situ	18 381	1 580	1 460	1 210	22 631	1 500
TOTAL	77 502	2 240	1 630	1 210	82 582	1 500

État de la capacité théorique de production

Les transformations économiques et politiques que le Kazakhstan a connues ces dernières années ont eu une incidence notable sur le secteur de l'uranium. Parmi les changements qui en ont résulté figure, notamment, l'arrêt en 1990 des expéditions de minerai d'uranium extrait du district de Pribalkhach à destination de l'usine de traitement du minerai de la Compagnie de production Youjpolymetal de Bichpek, au Kirghizistan. En conséquence, cette compagnie a perdu la base de ressources sur laquelle reposaient ses activités. À la fin de 1993, le Combinat minier et métallurgique de la Caspienne implanté à Aktaou, qui était devenu la Société KASKOR, a interrompu ses activités pour des raisons économiques.

En 1995, la Compagnie minière et chimique de Tselinny a arrêté la production dans ses mines souterraines de Gratchev et de Vostok. Elle a suspendu en conséquence l'exploitation de l'usine de traitement du minerai située à Stepnogorsk. Toutes ces installations ont été mises en réserve.

Pour remplacer la production classique d'uranium, on procédait en 1996 aux préparatifs en vue de la mise en production de deux installations supplémentaires de lixiviation in situ de Katko et d'Inkaï, ayant chacune une capacité théorique de production de 700 t d'U/an. La première est exploitée par une co-entreprise formée par la KATEP, Société d'État du Kazakhstan pour l'ingénierie et l'industrie électronucléaire, et la Cogéma. La seconde est exploitée par les sociétés KATEP, Uranerz Exploration, Mining Limited Almaty, conjointement avec Cameco.

En résumé, la totalité de la capacité théorique de production d'uranium actuelle est liée aux cinq centres de production par LIS de Tsentralnoe, Stepnoe, n° 6, Katko et Inkaï, dont la capacité globale de production atteint 4 000 t d'U/an.

On trouvera dans la première partie du tableau ci-après une récapitulation des précisions techniques concernant les centres de production par LIS en exploitation et prévus, alors que celles concernant les centres de production mis en sommeil figurent dans la seconde partie.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Les compagnies minières Centrale, Stepnoe et n 6 sont contrôlées par la société d'État Kazatomprom qui a été créée à la fin de 1996. Les compagnies Inkaï et Katko sont des co-entreprises qui ont respectivement la Cogéma et Uranerz/Cameco comme partenaires.

Cette structure de la propriété signifie que l'intégralité de la production d'uranium du Kazakhstan appartient au Gouvernement kazakh.

Emploi dans le secteur de l'uranium

On trouvera, récapitulés dans le tableau suivant, l'évolution des effectifs les centres de production existants entre 1994 et 1996, ainsi que des projections pour 1997. Au cours de la période allant de 1992 à 1996, l'emploi n'a pas cessé de diminuer, passant de 11 800 personnes en 1992 à 6 000 en 1996, soit une baisse de près de 50 pour cent.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

Partie 1 : Centres existants et en exploitation

Dénomination du centre de production	Compagnie minière centrale	Compagnie minière de Stepnoe	Compagnie minière n° 6	Katko	Inkaï
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En service	En service	En service	En service
Date de mise en service	1982	1978	1981	1996	1996
Source de minerai : • Noms des gisements • Type de gisement	Kanjougan grès	Ouvanas grès	Karamouroun grès	Moinkoum grès	Inkaï grès
Exploitation minière : • Type • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	LIS n.d. n.d.	LIS n.d. n.d.	LIS n.d. n.d.	LIS n.d. n.d.	LIS n.d. n.d.
Installation de traitement : • Type • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	EI n.d. n.d.	EI n.d. n.d.	EI n.d. n.d.	n.d. n.d. n.d.	n.d. n.d. n.d.
Capacité nominale de production (t d'U/an)	1 000	1 000	600	700	700
Projets d'agrandissement	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

Partie 2 : Centres en réserve

Dénomination du centre de production	Société KASKOR	Compagnie minière de Tselinny
Catégorie de centre de production	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En réserve depuis 1993	En réserve depuis 1995
Date de mise en service	1959	1958
Source de minerai : • Noms des gisements • Type de gisement	Tomak, Melovoe Détritres d'arêtes	Gratchev, Vostok stockwerk et filon
Exploitation minière : • Type • Tonnage (t de minerai/j) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	CO n.d. n.d.	ST n.d. n.d.
Installation de traitement : • Type • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	EI n.d. n.d.	EI n.d. n.d.
Capacité nominale de production (tonnes d'U/an)	2 000	2 500

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	Prévisions 1997
8 050	6 850	6 000	5 350

Centres de production futurs

Il n'est fait état d'aucun projet récent concernant des centres de production futurs.

Sur la base de ces capacités théoriques de production existantes, commandées et prévues, on trouvera récapitulées dans le tableau suivant les projections de capacité jusqu'en 2015.

CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION D'URANIUM À COURT TERME (tonnes d'U/an)

1997				1998				2000			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
1 650	1 650	2 300	2 300	2 050	2 050	2 500	2 500	2 800	2 950	2 800	2 950

2005				2010				2015			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
2 000	2 500	2 800	3 000	3 000	3 500	3 800	4 000	4 000	4 500	4 800	5 000

Pour 1997, il est prévu que la Compagnie minière et métallurgique de Tselinny reprendra la production d'uranium. Le projet doit être exploité par la société minière d'État Kazuran avec la participation de la société canadienne Wide World Minerals Inc.

À plus long terme, il est envisagé à la fois d'agrandir les centres de production existants et d'en aménager de nouveaux. La production totale pourrait atteindre 5 000 t d'U/an en 2015, dans l'hypothèse où les RRA et les RSE-I récupérables à des coûts inférieures à 80 \$/kg d'U seraient extraites en ayant recours aux centres de production tributaires existants, commandés, prévus ou projetés. Les détails de ces projets ne sont toutefois pas disponibles.

D'une façon générale, les ressources connues en uranium du Kazakhstan pourraient permettre une augmentation relativement rapide de la production en réponse à un accroissement soudain de la demande internationale.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Le Kazakhstan connaît d'importants problèmes d'environnement concernant les déchets liés à ses installations de production d'uranium exploitées dans le passé et actuellement en service. Il est de même préoccupé par les incidences sur l'environnement de l'exploitation de ses ressources en uranium constituées par des gisements renfermés dans grès, qui représentent un volume considérable et se prêtent à une exploitation par techniques de lixiviation in situ.

Les gisements d'uranium renfermés dans des grès se rencontrent dans des bassins sédimentaires qui contiennent aussi d'importantes quantités d'eaux souterraines. La contamination des eaux souterraines en liaison avec ces gîtes uranifères, imputable tant à des causes naturelles qu'à la lixiviation, a entraîné l'aménagement d'une zone d'exclusion représentant une superficie de 150 km sur 15 km. Il est désormais interdit de puiser de l'eau de boisson à partir de cette zone.

En outre, les activités d'exploitation minière et le traitement des minerais d'uranium menés pendant plus de 40 ans ont conduit à l'accumulation de déblais de déchets stériles et de résidus de traitement faiblement radioactifs. On estime que le volume total des déchets radioactifs issus de l'exploitation minière et du traitement du minerai s'élève à 200 millions de tonnes. Comme ces déchets ont, pour une large part, été produits par des exploitations qui sont maintenant fermées, les exploitants antérieurs, en l'occurrence des entreprises de l'État soviétique, n'assument pas la responsabilité de la décontamination. Étant donné qu'aucune disposition financière n'a été prise pour couvrir les mesures requises de remise en état, la République du Kazakhstan n'a pas d'autre choix que de fournir les fonds nécessaires.

Afin d'éviter de contaminer plus avant ces aquifères minéralisés à partir desquels l'uranium est récupéré par des techniques de LIS par voie acide, des travaux de recherche sont en cours en vue de mieux comprendre et de réduire les incidences de l'exploitation minière sur l'environnement.

BESOINS EN URANIUM

Le Kazakhstan exploite le réacteur surgénérateur rapide BN-350 d'une puissance installée nette de 70 MWe, à Aktaou, dans la péninsule de Manguychlak sur la côte de la mer Caspienne. L'énergie produite est principalement utilisée pour une usine de production d'eau potable. Les besoins actuels en uranium de ce réacteur sont estimés à 50 t d'U/an. Il est prévu que ce réacteur de puissance demeurera en exploitation tout au long de la période couverte dans les tableaux ci-après.

En outre, des plans ont été établis, en coopération avec la Fédération de Russie, pour la mise en place d'une puissance nucléaire installée supplémentaire qui devrait devenir opérationnelle au début du siècle prochain. Ces plans prévoient l'installation de 2 000 MWe, puis de 4 800 MWe, supplémentaires entre 2005 et 2010. Les besoins connexes en uranium devraient, selon les projections, se manifester plus tôt, probablement vers 2003, compte tenu des délais de fabrication du combustible nucléaire.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE JUSQU'EN 2010 (MWe)

1996	1997	2000	2005	2010
			<i>Hypothèse basse</i>	<i>Hypothèse basse</i>
70	70	70	2 070	6 870

* Il n'est pas fait état d'une hypothèse haute.

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES JUSQU'EN 2015 (t d'U)

1996	1997	2000	2005	2010
			<i>Hypothèse basse</i>	<i>Hypothèse basse</i>
50	50	50	450	1 050

* Il n'est pas fait état d'une hypothèse haute.

STRATÉGIE D'APPROVISIONNEMENT ET D'ACHAT

À l'heure actuelle, la totalité de l'uranium produit au Kazakhstan est vendue sur le marché mondial. Le pays ne conserve pas de stocks d'uranium sous quelque forme que ce soit.

• Lituanie •

RESSOURCES EN URANIUM

La Lituanie ne possède pas de ressources en uranium et ne mène actuellement aucune activité de prospection de l'uranium.

BESOINS EN URANIUM

Les projections à court terme relatives à la puissance nucléaire installée en Lituanie sont fondées sur les deux réacteurs de type RBMK de la centrale d'Ignalina d'une puissance globale de 2 760 MWe. La stratégie à long terme du pays sur le développement du parc électronucléaire n'est

pas encore arrêtée. Les besoins en uranium de la centrale d'Ignalina sont indiqués par la Lituanie en termes de tonnes d'uranium enrichi. Dans le cadre du présent rapport, ces besoins ont été estimés par l'AIEA grâce au modèle de calcul CYBA. Ils s'élèvent à 385, 450 et 425 tonnes d'U par an en 1996, 1997 et 2000, respectivement.

La Lituanie ne possède pas de stock d'uranium naturel. La centrale nucléaire d'Ignalina conserve, d'une façon générale, un stock de combustible enrichi représentant six mois de fonctionnement.

STRATÉGIE EN MATIÈRE D'ACHAT ET D'APPROVISIONNEMENT

La stratégie de la Lituanie en matière d'achat et d'approvisionnement est demeurée la même depuis la parution du dernier Livre Rouge. Les besoins de la centrale nucléaire d'Ignalina en matière d'éléments combustibles sont couverts par la Fédération de Russie. Comme il existe dans cette dernière un excédent de capacité théorique de fabrication d'assemblages combustibles, la Lituanie est assurée d'un approvisionnement à long terme en combustible en provenance de ce pays. Néanmoins, la Lituanie recherche des solutions alternatives pour ses approvisionnements.

PRIX DE L'URANIUM

Les informations concernant le prix de l'uranium ne sont pas disponibles.

• Malaisie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium en Malaisie, aussi bien dans la Péninsule qu'à Sabah et à Sarawak sur l'île de Bornéo, a été menée de façon intermittente depuis les années 50. Elle s'est intensifiée et s'est maintenue à un niveau quelque peu plus élevé depuis les années 70. Le principal projet a consisté en un levé aéroporté intégré exécuté sur 31 000 km² dans la Chaîne centrale de la Péninsule.

Depuis 1984, un programme de prospection a été mené dans la seule Péninsule de Malaisie, avec des moyens financiers limités. En 1991 et 1992, le Service géologique de Malaisie [*Geological Survey of Malaysia (GSM)*] a exécuté un programme intégré de prospection au sol portant sur plus de 8 600 km² de terrains granitiques dans les États de Pahang, Perak, Selangor, Negeri Sembilan, Johore et Kelantan. Ces travaux ont permis de localiser cinq plutons granitiques uranifères. Les données numériques résultant du levé radiométrique aéroporté exécuté en 1980 ont aussi fait l'objet d'un nouveau traitement. Les résultats ont été utilisés pour établir des profils étagés et de nouvelles cartes.

Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, le GSM a poursuivi ses activités de prospection de l'uranium dans la Péninsule de Malaisie. Des levés radiométriques autoportés ont été effectués dans des parties des États de Pahang et de Kelantan à l'aide d'un système de spectromètres GR650 fourni par l'AIEA. On a ainsi couvert 1 000 km au total de cheminements, ce qui a permis de recueillir environ 11 500 mesures de rayonnement gamma. Quatorze zones représentant au total 100 km de cheminements se sont révélées comme étant susceptibles de renfermer un potentiel uranifère.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM SUR LE SOL NATIONAL

	1994	1995	1996*	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC				
<i>(ringgits de Malaisie)</i>	1 080 000	400 000	598 000	n.d.
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	398	163	239	n.d.

* En novembre 1997, il a été signalé qu'environ 588 000 ringgits initialement inscrits au budget de 1996 avaient été transférés au budget de 1997.

• Maroc •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Au Maroc, la prospection de l'uranium a commencé en 1946 et s'est poursuivie jusqu'à la fin de 1987. Bien que des études géologiques et géophysiques aient permis de découvrir de nombreux indices d'uranium ou d'uranium et d'uranium/thorium, les résultats des travaux n'ont guère été

encourageants car ils n'ont permis de découvrir aucune concentration d'uranium présentant un intérêt économique. Il n'a pas été mené d'autres travaux.

Pour plus d'informations, voir l'édition de 1989 du Livre rouge.

RESSOURCES EN URANIUM

On ne connaît pas au Maroc de gisement d'uranium de type classique.

Il existe néanmoins de nombreux indices uranifères reconnus dans l'Anti-Atlas, le Haut-Atlas occidental et central, la Meseta et le Moyen-Atlas, ainsi que dans la Haute-Moulouya. D'un point de vue géologique, ces indices sont pour la plupart associés à des granites datant du Précambrien, du Cambrien et du Paléozoïque, ainsi qu'à des formations sédimentaires dont l'âge va du Cambrien au Crétacé.

En outre, les gisements de phosphate renferment de très importantes ressources en uranium, comme l'indique le tableau suivant.

RESSOURCES D'URANIUM NON CLASSIQUES, SOUS-PRODUIT DES PHOSPHATES

Nom du gisement	Emplacement	Quantités (t d'U)	Teneur (gU/t)
Oulkad Abdoun	Khourigba	3 220 000	120
Gantour	Youssouffia	966 000	130
	Ben Guerir	240 000	180
Oued Eddahab	Boucraa	57 000	60
Meskala	Essaouira	2 043 000	100

En 1997, des études sont poursuivies en vue d'évaluer les quantités d'uranium renfermées dans les phosphates, notamment par :

- la caractérisation et l'analyse chimique des phosphates uranifères et de leurs dérivés ; et
- des essais en laboratoire visant à extraire l'uranium à partir de l'acide phosphorique. Ces essais sont effectués du point de vue de la qualité des produits et du procédé utilisé pour produire de l'acide phosphorique.

Il n'est toutefois pas projeté de récupérer de l'uranium comme sous-produit des phosphates.

• Mexique •

PROSPECTION DE L'URANIUM

La prospection de l'uranium a cessé en mai 1983 et URAMEX, organisme en charge de cette activité, a été dissout en février 1985. Certaines des compétences d'URAMEX ont été reprises par le Conseil des ressources minérales (*Consejo de Recursos Minerales*).

RESSOURCES EN URANIUM

D'après les estimations établies en 1982, les ressources connues en uranium du Mexique représentent au total 2 400 t d'U récupérables à des coûts compris entre 80 et 130 \$/kg d'U. Les ressources supplémentaires non découvertes s'élèvent à 12 700 t d'U, dont 2 700 t entrent dans la catégorie des RSE-II et 10 000 t dans celle des Ressources Spéculatives. En outre, il existe des ressources non classiques représentant au total 150 000 t d'U dans les phosphates marins de la Baja California, et environ 1 000 t d'U associées à des minéralisations hydrothermales non ferreuses à Tayata (Oaxaca), Noche Buena (Sonora) et La Preciosa (Durango), qui étaient précédemment classées dans la catégorie des ressources classiques.

PRODUCTION D'URANIUM

De 1969 à 1971, la Commission du développement minier a exploité une usine à Villa Aldama, État de Chihuahua. Cette installation était utilisée pour récupérer le molybdène et l'uranium, ce dernier en tant que sous-produit, à partir des minerais extraits des gîtes de la Sierra de Gomez, de Domitilia (Peña Blanca) et d'autres indices. Au total, 49 t d'U ont ainsi été produites. À l'heure actuelle, il n'existe pas de projet de production d'uranium.

BESOINS EN URANIUM

Les besoins actuels en uranium du Mexique concernent les deux tranches de la centrale nucléaire de Laguna Verde, à Vera Cruz, ayant une puissance installée de 654 MWe chacune.

Les besoins annuels en uranium sont établis sur la base du Plan d'utilisation de l'énergie défini pour cette centrale, dont les objectifs sont d'améliorer l'utilisation du combustible, grâce au recours à des modèles de combustible de type avancé, et de réduire les quantités de combustible irradié déchargé.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (MWe)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
1 308	1 308	1 370	1 370	1 370	1 370	2 370	1 370	3 370

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (tonnes d'U)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
325.01	170.04	256.70	215.29	215.29	252.74	581.598	216.26	748.750

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

Tous les achats opérés par la compagnie d'électricité du Mexique, la Commission fédérale d'électricité [*Comisión Federal de Electricidad (CFE)*], doivent donner lieu à un appel d'offres public. Dans le cas de l'uranium, la stratégie a consisté à passer des contrats de cinq ans ou moins.

PRIX DE L'URANIUM

La CFE a passé des contrats à moyen terme pour s'approvisionner en uranium sous forme d'hexafluorure d'uranium (UF₆).

En 1996, un appel d'offres a été lancé pour assurer sept rechargements des deux tranches de la centrale de Laguna Verde. Les soumissionnaires étaient tenus d'inclure des modalités de financement dans leurs propositions. Deux contrats ont été adjugés, dont les détails figurent dans le tableau ci-après.

Rechargement et tranche	Date	Quantité (kg d'U)	Prix total (dollars des États-Unis)	Prix unitaire (dollars des États-Unis/kg d'U)	Fournisseur
R6-T1	1/01/1997	151 117	7 669 187,75	50,75	Nukem
R3-T2	1/09/1997	158 701	8 300 062,30	52,30	Nukem
R7-T1	1/07/1998	177 660	9 797 949,00	55,15	Nukem
R4-T2	1/01/1999	185 863	10 464 086,90	56,30	Nukem
R8-T1	1/01/2000	178 182	10 407 610,62	58,41	Cameco
R5-T2	1/07/2000	190 976	11 355 432,96	59,46	Cameco
R9-T1	1/07/2001	182 358	11 222 311,32	61,54	Cameco
Total		1 224 857	69 216 640,85		

STOCKS D'URANIUM

En général, les achats sont effectués un an avant la date prévue de livraison des assemblages de combustible à la centrale nucléaire de Laguna Verde.

La politique suivie consiste à ne pas avoir de stocks de combustible enrichi ou fabriqué sur le site de la centrale. Des stocks d'uranium naturel correspondent à un ou deux rechargements sont maintenus dans les installations d'enrichissement en fonction du calendrier d'achats.

• Mongolie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium en Mongolie a débuté immédiatement après la Seconde Guerre mondiale, les activités étant axées sur la recherche d'uranium associé à divers autres gisements minéraux. De 1945 à 1960, de nombreux indices uranifères ont été découverts dans des gisements de lignite, en Mongolie orientale.

Entre 1970 et 1990, des recherches géologiques ont été entreprises par la Mission de reconnaissance géologique du Ministère de la Géologie de l'URSS aux termes d'un accord bilatéral passé entre le Gouvernement de la République populaire de Mongolie et celui de l'URSS. Au cours de cette période, plus d'un million de km², soit près de 70 pour cent de la superficie du pays, ont été couverts par des levés aéroportés à l'aide de spectromètres gamma, dont les résultats ont été cartographiés à des échelles comprises entre le 1/25 000ème et le 1/1 000 000ème. Le secteur étudié concernait l'ensemble du pays, à l'exception des montagnes du centre de la Mongolie et du territoire le long de la frontière avec la Chine. Une évaluation métallogénique des ressources potentielles en uranium non découvertes a été exécutée sur une superficie de 500 000 km² et des études géologiques plus détaillées ont été effectuées à des échelles comprises entre le 1/200 000ème et le 1/50 000ème, couvrant une superficie totale de 50 000 km². Ces travaux comprenaient des sondages superficiels représentant près de 2 700 km et d'importantes activités d'excavation de tranchées et de prospection souterraine.

Les résultats de ces investigations ont permis de définir quatre provinces métallogéniques uranifères. Il s'agit des districts de Mongol-Priargoun, de Gobi-Tamsag, de Hentei-Daur et de Mongolie septentrionale (voir carte). Chacune de ces provinces renferme différents types de gisements d'uranium, associations de minéraux, âges de minéralisation et structures géologiques. À

l'intérieur de ces provinces, on a pu localiser six gisements d'uranium, une centaine d'indices d'uranium, ainsi que 1 400 traces de minéralisation et anomalies radioactives.

La *province de Mongol-Priargoun* renferme le district uranifère de Choibalsan Nord et les districts uranifères de Berkh, du Gobi oriental et du Gobi central.

Le district uranifère de Choibalsan Nord comporte notamment la structure volcano-tectonique de Dornod. Cette structure est remplie sur plus de 1 000 m d'épaisseur par des roches volcaniques datant du Jurassique-Crétacé, dont la composition va de la rhyolite au basalte, et par des sédiments associés. La structure de Dornod s'étend sur environ 2 000 km² et renferme les gisements d'uranium de Dornod, Gurvanbulag, Mardain-gol et Nemer, outre certain nombre de gîtes polymétalliques d'or et de fluorine.

Le gisement de Haraat se trouve dans la zone du Gobi oriental (voir carte) dans le grand bassin sédimentaire de Choir (150 km sur 15 km) datant du Mésozoïque. Étant donné le grand nombre d'indices d'uranium observés dans ce bassin, on estime que d'autres bassins de cette région, notamment ceux de Baga Nuurt, Ulaan Nuur, Alagtsav et Tavansuvaa, offrent des possibilités de découvrir de nouveaux gisements d'uranium du type renfermé dans des grès.

La *province de Gobi-Tamsag*, située dans le sud-est de la Mongolie (voir carte), renferme le gisement d'uranium de Nars, associé au bassin sédimentaire de Sainshand datant du Crétacé. En outre, de nombreux indices d'uranium ont été découverts dans les bassins sédimentaires de Tamsag, de Sainshand-Nord, de Zuunbayan ainsi que dans d'autres bassins.

La *province de Hentei Daur*, située dans les montagnes de Hangai et de Hentei, renferme des indices uranifères de type granitique, notamment ceux de la région de Janchivlan.

La *province de Mongolie septentrionale* couvre une partie du nord et de l'ouest de la Mongolie. Les indices d'uranium de cette province sont associés à des roches alcalines intrusives et à des pegmatites métasomatiques, ainsi qu'à des schistes.

Activités récentes et en cours

La prospection de l'uranium est menée par l'entremise des trois organismes suivants : la société d'État « Uran » relevant de la Direction principale de la prospection géologique du territoire de Mongolie ; la société « Gurvansaikhan », entreprise à risques partagés avec des partenaires mongols, russes et américains, qui procède à la reconnaissance des bassins sédimentaires de Choir, Hairkhan, Undurshil, Ulziit et de Gurvansaikhan (le bassin de Choir renfermant le gisement d'uranium de Haraat) ; et la co-entreprise franco-mongole « Koge-Gobi » qui poursuit des travaux dans les bassins de Sainshand, Oshiin Nuur, Nyalga et Tamsag.

Le gouvernement de Mongolie continue de soutenir la prospection de l'uranium. Il projette d'exécuter d'ici à 2005 des levés géologiques de base sur 32 000 km² et des travaux de prospection sur 40 000 km², de même qu'une évaluation détaillée de projets prometteurs couvrant un total de 4 000 km².

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
Dépenses du secteur privé (milliers de dollars des États-Unis)	532	1 400	2 440	3 100
Dépenses du secteur public (milliers de dollars des États-Unis)	168	250	120	35
TOTAL DES DÉPENSES (milliers de dollars des États-Unis)	700	1 650	2 560	3 135
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé (mètres)	8 000	40 000	41 500	52 000
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	200	1 000	1 035	1 300

RESSOURCES EN URANIUM¹

Les ressources connues en uranium de la Mongolie sont renfermées dans les six gisements de Dornod, Gurvanbulag, Mardain-gol, Nemer, Haraat et Nars, qui font partie des quatre provinces métallogéniques mentionnées plus haut. Leurs caractéristiques détaillées sont indiquées ci-dessous.

La *province de Mongol-Priargoun* est située en Mongolie orientale et couvre la zone continentale volcanique du même nom. Cette zone mesure environ 1 200 km sur 70 à 250 km et s'étend de l'Altaï mongol jusqu'au Priargoun inférieur. La province comprend des associations de minéraux d'uranium, de molybdène et de fluor renfermés dans des gisements de type volcanique. À l'intérieur de cette province se trouvent les districts uranifères de Choibalsan-Nord, de Berkh, du Gobi oriental (connu aussi sous le nom de Dornogoby), ainsi que du Gobi central (Dund-Goby). Le plus important district minéralisé connu est celui de Choibalsan-Nord, comprenant la zone uranifère de Dornod. En font partie les gisements d'uranium de Dornod, Gurvanbulag, Mardai-gol et Nemer, et des gisements polymétalliques et de fluorine. En plus des gisements d'uranium de type volcanique, des minéralisations d'uranium renfermées dans des grès se rencontrent dans le bassin de Choir, situé dans le district du Gobi oriental et comprenant le gisement de Haraat.

Il est fait état de ressources totales pour la province de Mongol-Priargoun représentant 31 000 t d'U dans la catégorie C1, 28 000 t d'U dans la catégorie C2, 14 000 t d'U dans la catégorie P1, 261 000 t d'U dans la catégorie P2 et 136 000 t d'U dans la catégorie P3.

Le gisement de Dornod se trouve dans la structure volcano-tectonique de Dornod qui est remplie par des coulées de lave et des sédiments datant du Mésozoïque. La minéralisation d'uranium s'étend sur une superficie de 20 km² et est concentrée dans 13 corps minéralisés, filons et stockwerks. La minéralisation d'uranium est constituée de pechblende, de coffinite et de brannerite, ainsi que de

1. Les ressources de la Mongolie classées dans les catégories des RRA et des RSE ne correspondent pas exactement aux définitions standard de l'AEN/AIEA.

leucoxène uranifère. La teneur moyenne du minerai varie entre 0,05 et 0,6 pour cent d'U avec une moyenne d'environ 0,28 pour cent.

Le gisement de Gurvanbulag est associé à cette même structure volcano-tectonique de Dornod. Sur ce site, la structure de Dornod comporte deux types de roches. La série inférieure, de 300 à 400 m d'épaisseur, est constituée par des coulées de lave dont la composition va de la rhyolite aux basaltes andésitiques, dans lesquelles s'intercalent des sédiments tufacés. La série supérieure, de 300 à 800 m d'épaisseur, comprend des roches volcaniques effusives acides et les roches tufacées correspondantes. Il est indiqué que la minéralisation d'uranium, comprenant notamment de la coffinite, de la pechblende et de l'uranophane, est régie à la fois par la lithologie des roches encaissantes (principalement des cendres tufacées) et par des structures favorables. Elle se trouve à une profondeur comprise entre 15 à 40 m et 720 m. Le minerai à plus forte teneur se rencontre surtout dans une zone affectée par des failles à faible pendage, au contact entre les séries inférieure et supérieure. On trouve des corps minéralisés stratiformes sur plus de 3 km². Ces derniers semblent aussi être régis par des caractéristiques tectoniques. On a découvert 17 corps minéralisés de différentes dimensions. Celui dont la teneur est la plus élevée s'étend sur environ 1 500 m² et présente une épaisseur moyenne de 3,5 m et une teneur moyenne de 0,17 pour cent d'U.

Les indices d'uranium de Mardain-gol et de Nemer se trouvent également associés à la structure de Dornod. Ils sont géologiquement semblables aux gisements de Dornod et de Gurvanbulag. On n'a pas effectué d'estimation des ressources contenues dans ces indices.

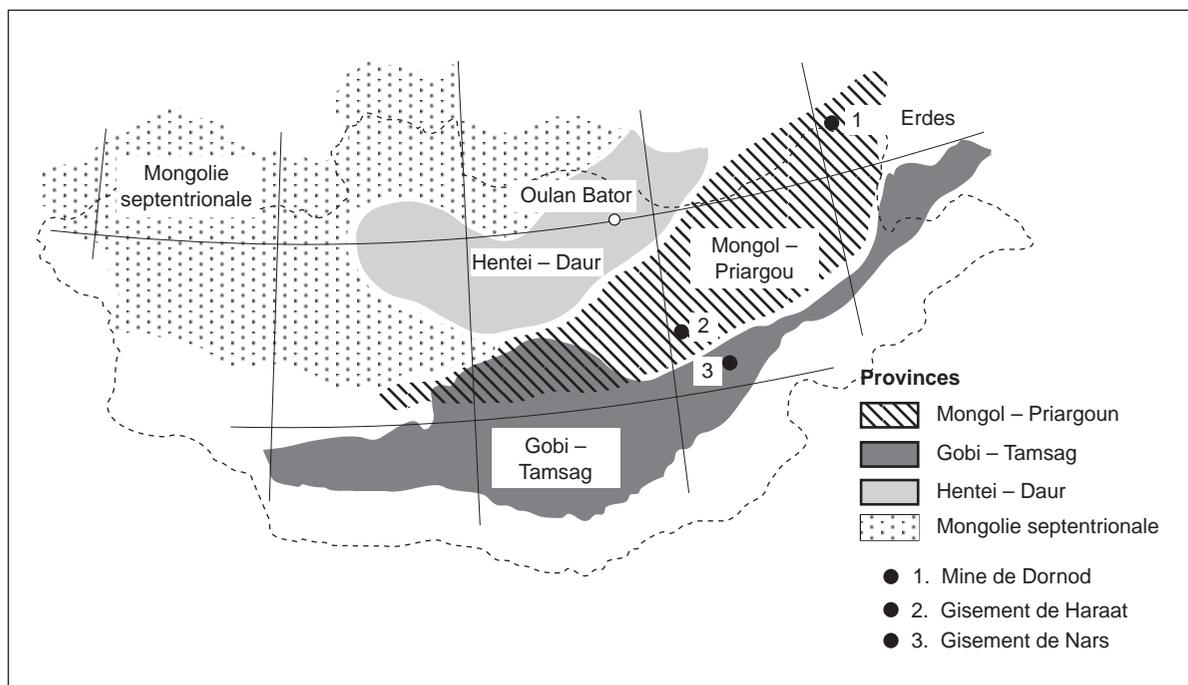
En plus des gisements et indices présents dans la structure de Dornod, la zone de Choibalsan Nord renferme plusieurs autres indices d'uranium, notamment ceux d'Ugtam, de Turgen et d'Engershand, qui n'ont pas encore été complètement évalués.

Le gisement de Haraat se trouve dans la portion supérieure des sédiments datant du Crétacé inférieur du bassin de Choir, qui reposent sur des schistes cristallins, des gneiss et des marbres datant du Protérozoïque, pénétrés par des intrusions de roches granitoïdes datant du Paléozoïque. Le minerai se rencontre dans des alternances de couches de grès et d'argiles comportant des couches de lignite interstratifiées. Du point de vue géochimique, ces roches se trouvaient, à l'origine, à l'état réduit, mais elles sont actuellement oxydées jusqu'à une profondeur de 25 à 30 m. La minéralisation s'observe dans cet environnement oxydé. Les minéraux les plus courants sont l'autunite, la torbernite et la schroëckerite. Parmi les éléments associés on trouve notamment du cérium, du lanthane, du scandium, de l'yttrium, de l'ytterbium, du rhénium, du germanium, du molybdène et de l'argent.

Outre les ressources se rattachant au bassin de Choir, d'autres bassins sédimentaires du district du Gobi oriental sont susceptibles de renfermer des gisements d'uranium. Il s'agit notamment des bassins d'Ulaan Nuur, de Nyalga et de Tavantsuvaa. Ces bassins n'ont pas encore été complètement prospectés.

La *province de Gobi-Tamsag* couvre une superficie de 1 400 km sur 60 à 180 km dans le sud de la Mongolie. Dans cette province, l'uranium est généralement associé à des sédiments datant du Crétacé au Paléocène qui se sont déposés dans un certain nombre de bassins, notamment ceux de Tamsag, Zuunbayan et Sainshand. Le bassin de Sainshand renferme le gisement de Nars. Ces bassins n'ont pas encore été complètement prospectés.

Provinces métallogéniques et gisements d'uranium en Mongolie



Il est fait état, dans la province de Gobi-Tamsag, de ressources s'élevant au total à 3 000 t d'U dans la catégorie P1, 74 000 t d'U dans la catégorie P2 et 423 000 t d'U dans la catégorie P3.

Le gisement de Nars est situé dans la partie méridionale du bassin sédimentaire de Sainshand, qui est rempli de roches sédimentaires datant du Crétacé au Paléocène. La minéralisation connue d'uranium se rencontre dans des grès et des sédiments tuffitiques tant réduits qu'oxydés, comportant des couches interstratifiées d'argilite. Du point de vue minéralogique, ce minerai est formé de pechblende et de coffinite, associées à de la pyrite et de la galène. Aucune estimation de ressources n'est indiquée pour le gisement de Nars.

D'autres indices d'uranium ont été découverts dans le bassin de Sainshand. Ils s'observent dans des environnements sédimentaires oxydés, analogues à ceux du gisement de Haraat. Ces ressources devraient se prêter à une exploitation par des méthodes peu coûteuses, telles la lixiviation en tas et in situ (LIS).

La province de Hentei-Daur mesure 700 km sur 250 km et couvre les montagnes de Hangai et de Hentei. Les indices d'uranium découverts dans cette province sont associés à des zones de failles dans des leucogranites. Une concentration d'indices dans la zone de Janchivlan est considérée comme présentant de l'intérêt.

Les ressources totales de la province de Hentei-Daur s'élèvent à 4 000 t d'U dans la catégorie P1, 30 000 t d'U dans la catégorie P2 et 116 000 t d'U dans la catégories P3.

La province de Mongolie septentrionale est la plus grande des provinces uranifères de Mongolie. Elle mesure 1 500 km sur 450 km et se situe dans le nord et l'ouest du pays. On y a découvert de l'uranium dans divers types de roches, notamment des roches alcalines intrusives, des albitites

métasomatiques, des pegmatites et d'autres roches magmatiques. Dans cette province, l'uranium se rencontre aussi dans des schistes quartzitiques. Cette province semble être la moins bien explorée. On escompte toutefois que les prospecteurs reconnaîtront à l'avenir le potentiel de cette province. Il est fait état pour cette province de ressources totales s'élevant respectivement à 25 000 et 325 000 t d'U dans les catégories P2 et P3.

RÉSUMÉ DES RESSOURCES EN URANIUM DE LA MONGOLIE (tonnes d'U)

Provinces métallogéniques uranifères	Catégorie de Ressources				
	Ressources connues		Ressources non découvertes		
	C1	C2	P1	P2	P3
Mongol-Priargoun	31 000	28 000	14 000	261 000	136 000
Gobi-Tamsag	0	0	30 000	74 000	423 000
Hentei-Daur	0	0	4 000	30 000	116 000
Mongolie septentrionale	0	0	0	25 000	325 000
TOTAL	31 000	28 000	21 000	390 000	1 000 000

Ressources classiques connues en uranium (RRA et RSE-I)

La Mongolie n'a pas fourni d'estimations actualisées de ses ressources. C'est pourquoi, on a repris, dans la présente édition du Livre rouge, les estimations du 1er janvier 1995. Ces estimations sont conformes aux tranches de coût suggérées par l'AEN/AIEA, mais comprennent encore les quantités extraites n'ont pas été déduites, autrement dit, il n'est pas tenu compte de l'épuisement des gisements.

Les ressources connues en uranium s'élevaient, au 1er janvier 1995, à 83 000 t d'U au total, s'agissant de ressources in situ récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U. Sur ce total, 62 000 t d'U entraient dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U. La part des RRA entrant dans la tranche de coût inférieur à 40 \$/kg d'U représente 11 000 t d'U renfermées dans le gisement de Haraat.

Les RSE-I représentent au total 21 000 t d'U récupérables à un coût inférieur à 80 \$/kg d'U, dont 11 000 t d'U seraient récupérables à un coût inférieur à 40 \$/kg d'U.

En ce qui concerne les ressources connues récupérables à un coût inférieur à 40 \$/kg d'U, 26 pour cent sont tributaires de centres de production existants et commandés, alors qu'elles le sont à 100 pour cent dans le cas des ressources connues entrant dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U. Il y a lieu de garder présent à l'esprit que les chiffres indiqués comprennent des minerais déjà exploités.

Il n'est pas fait état de ressources dans la tranche de coût 80-130 \$/kg d'U. Le tableau suivant résume les estimations de ressources connues au 1er janvier 1995.

RESSOURCES CONNUES au 1er janvier 1995* (tonnes d'U)

RRA		RSE-I	
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U
11 000	62 000	11 000	21 000

* S'agissant de ressources in situ, les quantités extraites n'étant pas déduites.

Ressources classiques non découvertes en uranium (RSE-II et RS)

La Mongolie ne fait pas état de ressources entrant dans la catégorie des RSE-II. Il est fait état de Ressources Spéculatives s'élevant à 1 307 000 tonnes d'U, s'agissant de ressources in situ.

PRODUCTION D'URANIUM

La production d'uranium en Mongolie a débuté en 1989 avec l'exploitation de la mine à ciel ouvert de Dornod dans le district de Mardai-gol (voir carte), à partir des ressources connues en uranium renfermées dans les gisements de Dornod et de Gurvanbulag. Des mines, tant à ciel ouvert qu'en souterrain, ont été aménagées. L'exploitation a une capacité nominale de 2 millions de tonnes de minerai par an. Dans l'hypothèse d'une teneur du minerai de 0,12 pour cent, cela équivaut à une capacité théorique de production minière de 2 400 t d'U par an. La Mongolie ne possède pas d'installations de traitement. Le minerai extrait dans le district de Mardai-gol était transporté par chemin de fer au Combinat d'extraction et de traitement de Priargounsk, à Krasnokamensk (Russie), situé à 484 km, pour y être traité. Les mines ont été exploitées par l'entreprise minière Erdes, co-entreprise de la Mongolie et de la Fédération de Russie. La commercialisation était assurée par Techsnabexport. Vu les bouleversements politiques et économiques survenus tant en Mongolie que dans les zones limitrophes de la Fédération de Russie, la production de l'entreprise Erdes a cessé en 1995. Le tableau suivant récapitule l'évolution de la production d'uranium de 1989 à 1995.

ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA PRODUCTION D'URANIUM*

Année	Quantité de minerai (tonnes)	Teneur du minerai (% U)	Quantité d'uranium (t d'U)
1989	79 882	0,117	94
1990	91 154	0,098	89
1991	100 724	0,1	101
1992	98 209	0,118	105
1993	52 321	0,104	54
1994	63 678	0,114	72
1995	13 919	0,145	20
1996	0	–	0
TOTAL	499 587	–	535

* Assurée par des méthodes classiques d'exploitation minière.

Les précisions techniques relatives au centre de production de l'Erdes ne sont pas disponibles.

État de la capacité théorique de production

Il est fait état que la « Central Asian Uranium Company », une entreprise à risques partagés avec pour partenaires des organismes mongols, russes et américains, s'apprête à reprendre la production sur les gisements de Mardai-gol.

La capacité théorique de production prévue des différents producteurs entre 1998 et 2005 est indiquée dans le tableau ci-après. Les informations sur l'état des centres de production correspondants, ainsi que les précisions sur les ressources en uranium alimentant ces centres, ne sont pas disponibles.

Centres de production futurs

Les trois producteurs d'uranium, soit la Central Asian Uranium Company, la Gurvansaikhan (entreprise à risques partagés à partenaires mongols, russes et américains) et la Koge-Gobi (entreprise à risques partagés franco-mongole), sont en train d'établir leurs plans de production. Comme il a été mentionné plus haut, la Central Asian Uranium Company se propose de reprendre la production sur les gisements de Mardai-gol en 1998. La Gurvansaikhan mène actuellement des activités de prospection dans un certain nombre de bassins sédimentaires, notamment ceux de Choir, Hairkhan, Undurshil, Ulziit et Gurvansaikhan, et envisage de démarrer la production en 1998. La Koge-Gobi prospecte aussi activement des gisements d'uranium renfermés dans des grès dans les bassins de Sainshand, Oshiin, Nuur, Nyalga et Tamsag. Elle envisage de lancer la production en 2003. On peut supposer que tous les centres de production prévus pour exploiter les gisements d'uranium renfermés dans des grès auront recours à des techniques de LIS.

Le tableau suivant donne un aperçu des projets de production des trois producteurs : Central Asian Uranium Company, Gurvansaikhan et Koge-Gobi.

PROJETS DE PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U)

Année	Central Asian Uranium Co.	Gurvansaikhan Co.	Koge-Gobi Co.	Total
1998	150	100	0	250
1999	250	200	0	450
2000	300	200	0	500
2001	300	400	0	700
2002	300	400	0	700
2003	350	400	100	850
2004	400	400	200	1 000
2005	400	400	300	1 000

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Le Parlement de Mongolie débat actuellement des projets d'amendements à la Loi sur les ressources minérales. Ces amendements s'inspirent notamment des principes suivants :

- égalité des droits des investisseurs nationaux et étrangers lors de la délivrance des permis de prospection et d'exploitation des ressources minérales ;
- instauration de procédures simples, transparentes et efficaces pour la délivrance des permis de prospection et d'exploitation minière ;
- droit de tout titulaire de permis d'exploitation minière d'extraire tout minéral stipulé dans son permis et de vendre, d'utiliser comme garantie et/ou d'hériter du permis délivré ;
- versement de redevances correspondant à 2,5 pour cent de la valeur des ventes à l'État, quel que soit le produit ; et
- instauration d'une clause d'amortissement accéléré dans le cas des investissements miniers afin d'abrégé le temps de retour de ces investissements.

De plus, un projet d'amendement comporte de nombreuses autres dispositions visant à attirer les investissements dans le secteur minier. En ce qui concerne la production d'uranium, le Gouvernement de Mongolie accorde une priorité élevée à l'exploitation minière de l'uranium et au traitement de ce minerai dans le pays. Le Gouvernement a adopté des lignes d'action et des principes directeurs particuliers, notamment :

- la réduction de la participation de l'État dans la prospection, la production et la commercialisation de l'uranium au profit des investisseurs étrangers ;
- l'étude des incidences possibles de la prospection et de la production d'uranium sur la biosphère et la garantie de la protection de cette dernière ;
- l'intensification de la coopération avec les organisations internationales dans les domaines de la prospection, de la production et de la commercialisation de l'uranium et d'autres matières premières nucléaires ;
- l'adoption d'une législation applicable à toutes les activités liées à la production d'uranium ;
- le démarrage de la prospection visant les gisements d'uranium refermés dans des grès ;
- le lancement d'études relatives à l'extraction d'uranium à partir de gisements de phosphate et de houille ;
- la formation d'un personnel national aux activités liées à la prospection et à la production d'uranium, et l'introduction de techniques avancées et d'instruments de haute précision ; et
- la création d'un organisme gouvernemental chargé de surveiller la prospection et la production d'uranium et de veiller au respect des politiques du gouvernement et à l'emploi de spécialistes nationaux.

• Namibie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La première découverte notable d'une minéralisation radioactive sur le territoire national de la Namibie a été réalisée en 1928 dans la région de Rössing par autoradiographie d'un échantillon contenant ce que l'on supposait être des minéraux de pechblende.

À la suite d'une croissance de la demande et des prix sur le marché de l'uranium, d'intenses activités de prospection de l'uranium ont démarré en Namibie à la fin des années 60. Plusieurs levés radiométriques aéroportés ont été menés par le Service géologique (*Geological Survey*) pendant cette période et de nombreuses anomalies dénotant la présence d'uranium ont été localisées. L'une de celles-ci a conduit à la découverte du gisement de Rössing, pour lequel la société Rio Tinto Zinc avait obtenu des droits de prospection en 1966. Ce gisement a donné lieu à l'aménagement d'une grande mine à ciel ouvert qui a été mise en exploitation en 1976.

La mise en valeur du gisement de Rössing, jointe à la nette orientation en hausse des prix de l'uranium, a suscité une intense activité de prospection, principalement dans le désert du Namib. On a décelé deux principaux types de gisements : des gisements de type intrusif, associés à Rössing avec de l'alaskite, et des gisements de type calcrète superficiel.

Dans la catégorie des gisements intrusifs, en dehors de celui de Rössing, le gisement de Valencia renferme des ressources notables. Le gisement de Langer Heinrich est le plus prometteur dans la catégorie des gisements de type calcrète superficiel. Plusieurs de ces gisements à faible teneur ont fait l'objet d'études de faisabilité, mais la contraction du marché a mis fin à toute activité supplémentaire.

Les incertitudes politiques, jointes à la baisse des prix de l'uranium, ont provoqué la brutale réduction des activités de prospection et de développement au début des années 80, fait regrettable car le perfectionnement des techniques de prospection, qui s'étaient avérées si efficaces dans le désert du Namib, était sur le point de permettre de localiser un certain nombre de gisements nouveaux.

Depuis cette époque, la faiblesse persistante du marché de l'uranium a découragé la poursuite des activités de prospection, sauf dans le voisinage immédiat de la mine de Rössing. Les dépenses affectées à ces activités figurent dans le tableau ci-après.

Cependant, au cas où la demande d'uranium viendrait à se redresser de façon durable, il demeure possible que la mise en valeur de l'un des gisements localisés s'avère commercialement viable, celui de Langer Heinrich étant généralement considéré comme offrant le meilleur potentiel.

Activités récentes et en cours

À l'heure actuelle, un seul permis de prospection de l'uranium a été délivré et les informations sur les travaux effectués et les dépenses connexes sont confidentielles.

Figure 1. Gisements d'uranium en Namibie

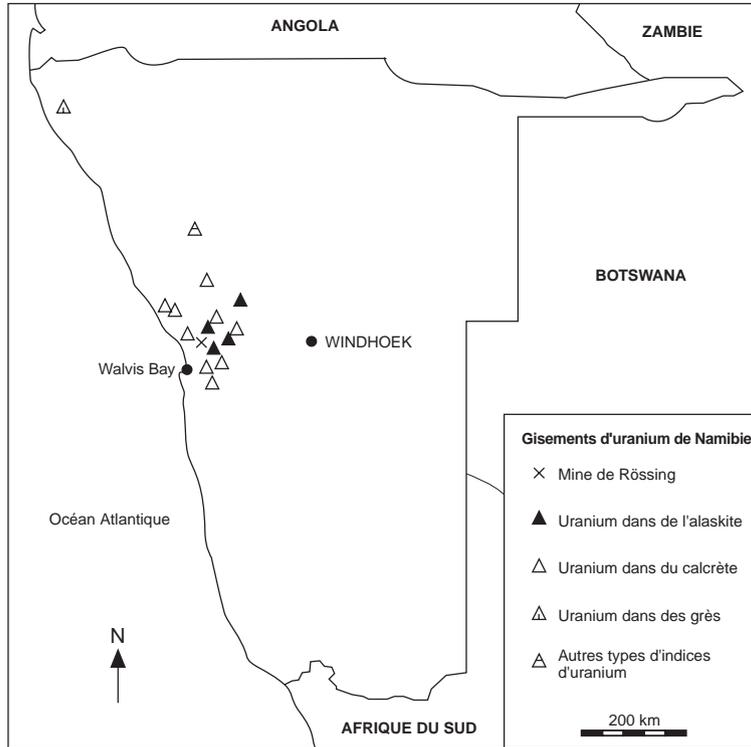
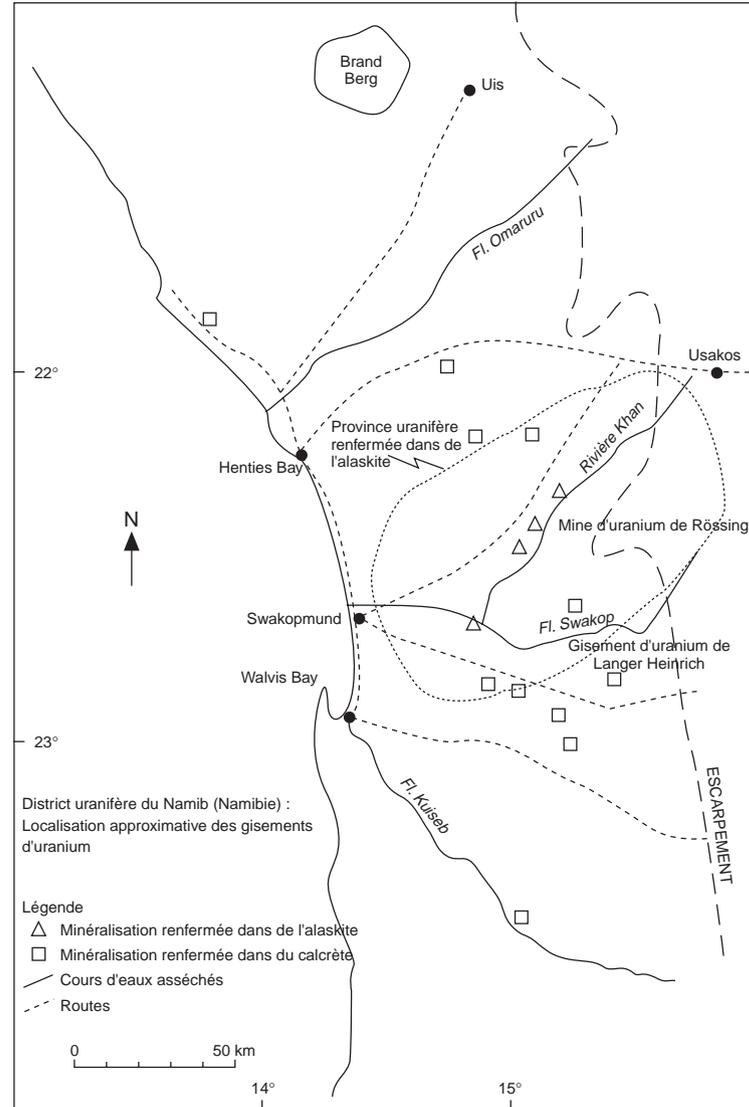


Figure 2. Localisation des gisements d'uranium dans le district uranifère du Namib



Le gouvernement a récemment obtenu des données géophysiques (radiométriques et magnétiques) aéroportées à haute résolution sur les régions du pays les plus prometteuses. La partie centre-ouest de la Namibie, qui renferme la plupart des gisements d'uranium, a également été pour l'essentiel couverte par ces levés.

Ces levés ont été subventionnés par le Fonds SYSMIN de l'Union Européenne et ont coûté environ 7,5 millions de dollars namibiens (soit environ 2,15 millions de dollars des États-Unis), mais n'avaient pas pour objectif exclusif la prospection de l'uranium. Les dépenses de prospection du secteur privé sont confidentielles et le secteur public n'a engagé aucune autre dépense dans ce domaine.

RESSOURCES EN URANIUM

Les ressources en uranium de la Namibie, entrant dans les catégories des ressources tant connues que non découvertes, se rencontrent dans un certain nombre de milieux géologiques et appartiennent par conséquent à plusieurs types de gisements. Les ressources connues sont principalement associées aux gisements de type intrusif. En outre, environ 10 pour cent de l'ensemble des ressources connues sont renfermés dans des gisements de type superficiel.

En plus des ressources connues renfermées dans les gisements de type intrusif de Rössing et de Trekkopje, et de celles liées aux formations superficielles de calcrètes du gisement de Langer Heinrich, il existe un fort potentiel en ce qui concerne les ressources en uranium non découvertes. Encore qu'il ne soit pas évalué du point de vue quantitatif, ce potentiel se trouve dans les milieux géologiques suivants :

- Le terrain granitique de la zone de Damara s'étend sur 5 000 km². Ce secteur est en grande partie recouvert de dépôts superficiels et/ou de sable éolien semi-consolidé. Par le passé, les travaux de recherche se sont axés sur l'étude complémentaire des anomalies décelées par des levés radiométriques aéroportés. On présume l'existence, sous la couverture postérieure à la minéralisation, de ressources supplémentaires considérables pouvant être de l'importance de celles du gisement de Rössing ;
- Les terrains sédimentaires superficiels datant du Tertiaire ou plus récents situés dans des zones semi-arides. Ce milieu est également propice à l'existence de gisements d'uranium du type renfermé dans des calcrètes. Sur 38 anomalies décelées par des levés aéroportés régionaux, 11 ont fait l'objet de sondages intensifs qui ont donné des résultats positifs. Ces travaux ont mis en évidence des ressources connues qui sont incluses dans les estimations. Dans la plupart des cas, les sondages ont rencontré une minéralisation à faible teneur associée à des paléochenaux à remplissage de calcrète ; et
- Les bassins gréseux, tels les sédiments du Karoo datant du Permo-Trias, qui ont fait l'objet de recherches approfondies dans les pays voisins au début des années 70. Ces bassins ont aussi été prospectés de façon limitée en Namibie. Ces sédiments ont été largement fractionnés par les réseaux hydrographiques dans la partie nord-ouest de la Namibie, et les résultats des levés radiométriques aéroportés sont très contrastés. Les travaux de suivi au sol, notamment d'importants sondages, ont permis de localiser une minéralisation uranifère à faible teneur représentant près de 6 millions de tonnes. Cette dernière a toutefois été exclue des ressources connues en raison des coûts élevés de récupération. On estime que des ressources exploitables

dans des conditions rentables peuvent être renfermées dans des bassins sédimentaires d'âge analogue dans d'autres régions inexplorées de la Namibie.

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Au 1er janvier 1997, les ressources connues de la Namibie s'élèvent au total à 294 872 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. Alors que les RRA, représentant 187 359 t d'U, sont indiquées en termes de ressources récupérables, déduction faite des pertes en cours d'extraction (10 à 16 pour cent) et en cours de traitement (14 à 30 pour cent), les chiffres indiqués pour les RSE-I se rapportent à des ressources in situ.

En ce qui concerne les RRA, sur un total de 187 359 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, 156 124 t d'U sont récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U et 74 089 t d'U, soit 40 pour cent, à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. Comme il n'y a eu aucune activité de prospection de l'uranium depuis deux ans, les chiffres relatifs aux ressources demeurent inchangés, hormis la réduction imputable à la production en 1994 et 1995 soit 4 463 t d'U.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
74 089	156 124	187 359

Au 1er janvier 1997, les RSE-I représentent 107 513 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, s'agissant de ressources in situ. Sur ce total, environ 91 000 t d'U sont récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U et 70 000 t d'U à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. En l'absence d'activités de prospection, ces ressources sont demeurées inchangées par rapport à l'édition précédente du Livre rouge.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
70 546	90 815	107 513

* S'agissant de ressources in situ.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les données disponibles n'étant que limitées, il n'a été effectué d'estimation ni des RSE-II ni des RS. Le potentiel, en ce qui concerne les ressources non découvertes, est cependant considéré comme excellent, en particulier dans le cas des gisements de type intrusif. Un exposé récapitulatif plus détaillé concernant les autres milieux susceptibles de renfermer de l'uranium est présenté dans la première partie de ce rapport.

PRODUCTION D'URANIUM

Il n'existe qu'un seul producteur d'uranium en Namibie, la société « Rössing Uranium Limited », qui exploite le centre de production de Rössing.

Historique

En 1928, le capitaine G. Peter Louw a, au cours de travaux de prospection, découvert une minéralisation d'uranium près des Montagnes de Rössing dans le désert du Namib. Pendant de nombreuses années, il s'est efforcé de susciter de l'intérêt pour cette zone, mais ce n'est que vers la fin des années 50 que la société « Anglo American Corporation of South Africa » y a mené des travaux de prospection par sondage et a effectué certaines reconnaissances souterraines. Étant donné les valeurs erratiques des mesures et les perspectives économiques médiocres pour l'uranium, cette société a abandonné les recherches.

En août 1966, la société *Rio Tinto Zinc* (RTZ) a acquis les droits de prospection et mené un programme intensif de prospection jusqu'en mars 1973. Des travaux de topographie, de cartographie, de sondage, d'échantillonnage en masse et d'essais métallurgiques dans une unité pilote d'une capacité de 100 t/jour ont démontré la faisabilité de l'installation d'un centre de production.

La société « Rössing Uranium Limited » a été constituée en 1970 en vue de mettre en valeur le gisement, avec RTZ pour principal actionnaire (détenant 51,3 pour cent du capital à l'époque de la constitution de la société).

L'aménagement de la mine a commencé en 1974 et c'est en juillet 1976 qu'a été mise en service l'usine de traitement et qu'a démarré la production, avec pour objectif d'atteindre la pleine capacité nominale de 5 000 tonnes courtes d' U_3O_8 par an (3 845 t d'U/an) au cours de 1977. En raison de la nature fortement abrasive du minerai, qui n'avait pas été déterminée au stade des essais en unité pilote, l'objectif de production n'a pu être atteint qu'en 1979, après que certaines modifications importantes aient été apportées à la conception de l'installation.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenues dans les concentrés)

Méthode de production	Total avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	1997 (Prévisions)
Méthode classique						
• À ciel ouvert	54 679	1 895	2 016	2 447	61 037	3 000
Total	54 679	1 895	2 016	2 447	61 037	3 000

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

La société « Rössing Uranium Limited » est une entreprise d'économie mixte, ayant des actionnaires privés et publics comme indiqué dans la liste ci-après :

RTZ Corporation	56,3 pour cent
Gouvernement namibien	3,5 pour cent
Rio Algom Limited	10,0 pour cent
IDC South Africa	10,0 pour cent
Autres	20,2 pour cent

La production d'uranium appartient entièrement à des organismes privés nationaux.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LE CENTRE DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

Dénomination du centre de production	Rössing
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	Mai 1976
Source de minerai :	
• Nom des gisements	Rössing
• Type de gisement	intrusif
• Exploitation minière :	
• Type	CO
• Tonnage (tonnes de minerai/jour)	30 000
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	84
Installation de traitement :	
• Type	LA/EI/ES
• Tonnage (tonnes de minerai/jour)	30 000
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	86
Capacité nominale de production (<i>tonnes d'U/an</i>)	4 000

État de la capacité théorique de production

Après avoir enregistré son plus bas niveau historique en 1992, époque à laquelle elle ne représentait 41 pour cent de la capacité nominale, la production est en augmentation. En 1996, elle s'est élevée à 60 pour cent de la capacité, et elle devrait atteindre 75 pour cent en 1997.

Emploi dans le secteur de l'uranium

La baisse de production au début des années 90 a entraîné une réduction des effectifs, mais ils devraient s'accroître légèrement avec l'augmentation de la production augmentée. Les données sur l'emploi sont résumées dans le tableau suivant.

EFFECTIFS DU CENTRE DE PRODUCTION EXISTANT (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	Prévisions 1997
1 246	1 246	1 189	1 300

Centres de production futurs

Aucun centre de production futur n'est prévu pour le moment.

Capacité théorique de production à court terme

La Namibie a fourni les projections suivantes relatives à sa capacité théorique de production à court terme :

CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (tonnes d'U/an)

1995		1996		2000		2005		2010	
A-II	B-II								
3 000	3 000	3 000	3 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000

Capacité théorique de production à long terme

Si les conditions du marché devenaient plus favorables, le centre de Rössing, seul producteur d'uranium en Namibie, pourrait retrouver sa pleine capacité de production de près de 4 000 t d'U/an. Les ressources connues pourraient alimenter cette production au moins jusqu'en 2017.

Des conditions de marché favorables permettraient en outre d'aménager un centre de production supplémentaire d'une capacité de 1 000 t d'U/an.

Outre la demande et les prix de l'uranium, la disponibilité de l'eau figure parmi les facteurs susceptibles d'influencer l'éventuelle ouverture d'un nouveau centre de production et donc la capacité théorique de production à long terme.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

La constitution de la Namibie stipule que l'État s'emploie activement à instaurer et à maintenir le bien-être de la population par l'adoption de mesures visant à maintenir l'écosystème, les processus écologiques essentiels et la diversité biologique de la Namibie. Cependant la législation en matière d'environnement, qui découle de cette prescription, reste encore à l'état de projet, car le pays s'attaque en priorité aux questions plus pressantes d'éducation et de développement intéressant sa population.

Aux termes de la Loi de 1992 sur les ressources minérales (prospection et exploitation) [*Minerals (Prospecting and Mining) Act 1992*], le demandeur d'une concession minière doit exécuter une étude des incidences sur l'environnement et empêcher tout dommage à l'environnement qui serait imputable à des activités de prospection et d'exploitation minière. En cas d'exploitation minière, le titulaire de la concession est tenu de remettre en état le terrain perturbé par cette exploitation.

Alors que la législation et les normes en matière d'environnement de la Namibie restent à élaborer, la direction de la société Rössing Uranium a adopté des normes environnementales et des critères de performance utilisés par d'autres pays développés. À l'heure actuelle, un examen exhaustif des normes d'environnement et des critères de performance est en cours dans le cas de la mine d'uranium de Rössing, afin de mettre au point des objectifs et des valeurs limites en matière d'environnement propres à ce site à partir d'une évaluation des risques.

Comme la seule mine d'uranium en exploitation en Namibie, qui renferme en outre une fraction importante des ressources en uranium de ce pays, se trouve dans le désert du Namib, la principale considération du point de vue de l'environnement est la gestion des ressources en eau disponibles.

L'eau potable alimentant la mine de Rössing, de même que les villes côtières de Walvis Bay et de Swakopmund, provient d'aquifères se trouvant dans les deltas des fleuves Kuiseb et Omaruru. Afin de préserver ces ressources limitées en eau et d'économiser sur le coût du pompage sur de longues distances, la direction de la mine de Rössing a instauré un programme intégré de gestion de l'eau. Ce programme a non seulement permis de réduire la consommation d'eau par la mine, mais aussi d'atténuer au maximum la contamination des eaux souterraines. En raison des taux élevés d'évaporation dans cette zone, une nouvelle méthode de dépôt des résidus a été mise au point afin de limiter autant que possible la quantité d'eau perdue à partir du bassin de retenue des résidus. L'adjonction de résidus riches en carbonate a aussi permis de neutraliser les eaux de mine acides, dont une fraction importante est renvoyée dans la mine.

Les aspects radiologiques sont pris en compte et les recommandations figurant dans la Publication 60 de la Commission internationale de protection radiologique (« CIPR 60 »), de 1990 ont été mises en œuvre à Rössing. La gageure en matière de radio-exposition n'est donc pas de respecter des limites de dose minimales, mais d'appliquer le principe ALARA (« niveau le plus bas que l'on peut raisonnablement atteindre ») afin de réduire la radio-exposition. Les risques de cancer liés à la radio-exposition professionnelle ont suscité certaines préoccupations. En l'absence de statistiques nationales sur l'état sanitaire de la population, il n'est pas possible pour le moment d'estimer l'impact éventuel de ces risques professionnels sur les taux de cancer observés.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Le gouvernement namibien est conscient du fait que les gisements d'uranium du pays représentent une importante ressource économique tant pour la Namibie que pour les consommateurs d'uranium du monde entier. Il s'est donc engagé à mettre en valeur ces gisements d'une manière qui soit sûre pour ses travailleurs et viable à long terme du point de vue de l'environnement. Cette politique s'est concrétisée au plan législatif dans la Loi de 1992 sur les ressources minérales (prospection et exploitation).

La Namibie est devenue indépendante le 21 mars 1990 et la Loi a été promulguée le 1er avril 1994. Avec l'adoption de cette Loi, un certain nombre de dispositions législatives sud-africaines, qui régissaient auparavant les activités de production d'uranium, ont été abrogées ou amendées. Il s'agit, notamment, de la Loi de 1963 sur les installations nucléaires (autorisation et sûreté) [*Nuclear Installations (Licensing and Security) Act of 1963*] et de la Loi de 1967 sur l'énergie atomique [*Atomic Energy Act of 1967*] ainsi que de leurs modifications.

STOCKS D'URANIUM

Aucun stock d'uranium n'est détenu en Namibie.

PRIX DE L'URANIUM

La société « Rössing Uranium Limited » est le seul producteur d'uranium en Namibie. La communication d'informations sur les prix contractuels pourrait être préjudiciable aux intérêts à long terme de cette société.

• Niger •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Au Niger, la prospection de l'uranium dans la région de l'Arlit a commencé en 1956 et a été menée par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), puis par la Cogéma. La découverte de zones minéralisées a abouti à l'exploitation minière des gisements Arlette-Artois-Ariège par la Société des

mines de l'Aïr (SOMAIR), et des gisements d'Akouta-Akola par la Compagnie minière d'Akouta (COMINAK). Les travaux de prospection exécutés le long de l'extension nord-ouest de la zone de cisaillement d'Arlette ont conduit à la découverte du gisement de Taza. La propriété de ce gisement a été conférée à la Société minière de Tassa N'Taghalgue (SMTT), créée à cet effet, mais cette dernière a concédé une partie de ses droits d'extraction à la SOMAIR en 1986.

Au cours des années suivantes, tant la SOMAIR que la COMINAK ont pris part à des activités de prospection, qui avaient pour seul but de mieux évaluer des gisements connus. La SOMAIR a délimité celui de Taza Nord et la COMINAK a procédé à l'évaluation d'une zone minéralisée située au sud-est du gisement d'Akola.

En 1993 et 1994, la SOMAIR et la COMINAK ont exécuté d'importants programmes de sondages. Les résultats de ces sondages ont, pour une part, conduit à réviser les estimations des ressources des gisements de Takrisa et de Tamou.

Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, la SOMAIR et la COMINAK ont poursuivi leurs activités de sondages. La SOMAIR s'est notamment attachée à parfaire l'évaluation des gisements de Takrisa et de Tamou alors que la COMINAK faisait de même pour les gisements d'Akouta-Sud et d'Akola. En 1996, la SMTT a été dissoute et ses actifs, y compris les droits de propriété miniers, ont été vendus à la SOMAIR.

Les plans pour 1997 prévoient la poursuite des programmes de sondage.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PRIVÉ :				
<i>(millions de francs CFA)</i>	834	814	222	868
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	1 481	1 664	427	1 653
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé (<i>mètres</i>)	58 139	57 469	16 103	52 000
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les ressources connues du Niger, d'après les estimations au 1er janvier 1997, représentent au total 71 158 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. Les quantités indiquées se rapportent à des ressources récupérables déduction faite des pertes en cours d'extraction (10 pour cent) et en cours de traitement (approximativement 6 pour cent).

Par rapport au chiffre estimé de 93 100 t d'U au 1er janvier 1995 concernant les ressources récupérables dans la même tranche de coût, on note une réduction d'environ 22 000 t d'U, soit 15 700 t d'U nettes, déduction faite de la production en 1995 et 1996, qui est présumée résulter d'une réévaluation des ressources.

Les ressources connues du Niger sont principalement des RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U s'élevant à 69 958 t d'U sous forme de ressources récupérables. Sur ce total, 41 800 t d'U, soit 60 pour cent, sont récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. Par rapport à l'estimation fournie pour le précédent Livre Rouge on peut noter une baisse du total des RRA (87 100 t d'U en 1995) et une hausse des RRA dans les tranches de coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U (57 400 t d'U en 1995) et inférieurs à 40 \$/kg d'U (38 700 t d'U en 1995).

Au 1er janvier 1997, les RSE-I étaient estimées à 1 200 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. Il n'existe pas de RSE-I dans les tranches de coût supérieur. Cela représente une réduction de 4 800 t, qui résulte probablement d'une meilleure connaissance des gisements grâce aux résultats des sondages récents.

On trouvera dans les tableaux suivants, les estimations des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
41 800	69 958	69 958

* S'agissant de ressources récupérables, déduction faite des pertes en cours d'extraction (10 pour cent) et de traitement (6-8 pour cent).

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
> 40 \$/kg d'U	> 80 \$/kg d'U	> 130 \$/kg d'U
1 200	1 200	1 200

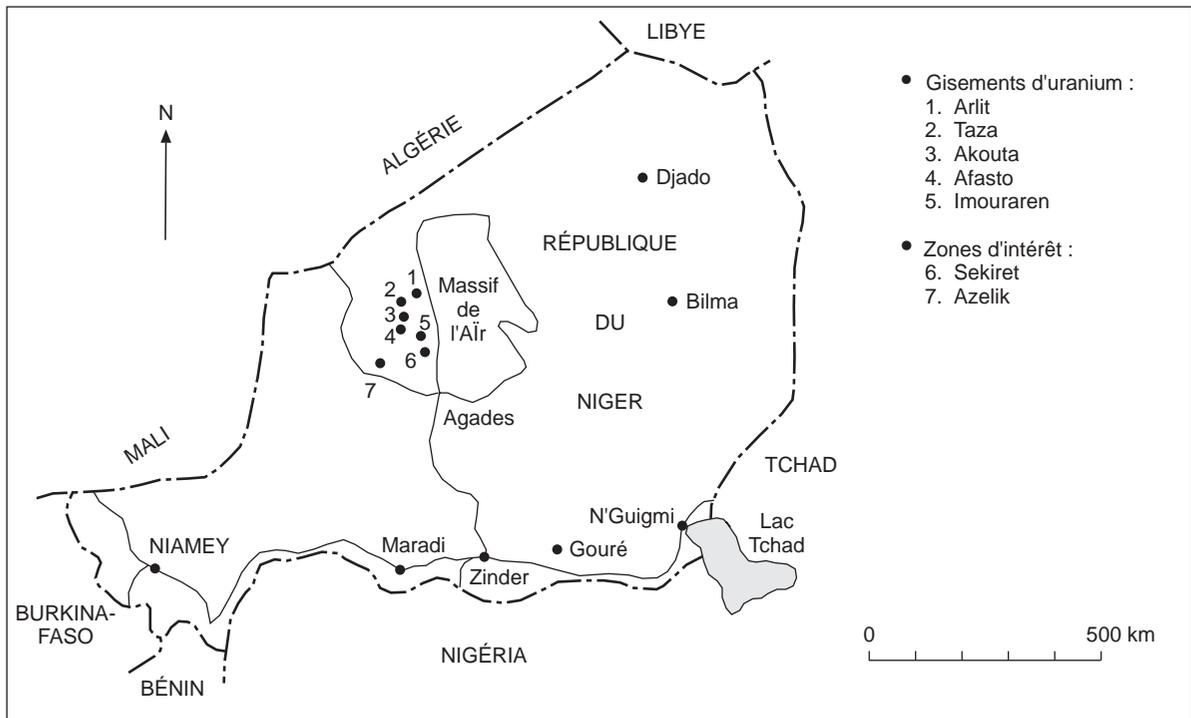
* S'agissant de ressources récupérables.

En ce qui concerne les ressources connues dans les tranches de coût inférieur à 40 \$/kg d'U et à 80 \$/kg d'U, elles sont tributaires respectivement à 15 et 25 pour cent des centres de production existants et commandés de la COMINAK.

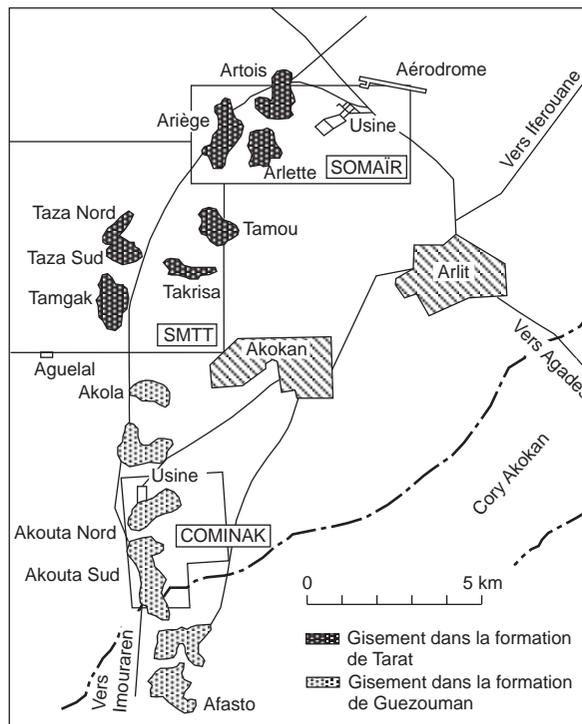
Ressources d'uranium non découvertes (RSE-II et RS)

Le Niger ne fait pas état de ressources non découvertes.

Gisements d'uranium et zones d'intérêt au Niger



Gisements d'uranium dans la région d'Arlit, centre de production d'uranium du Niger



PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La production d'uranium au Niger est assurée par deux compagnies, la SOMAIR et la COMINAK, qui exploitent des mines sur des gisements du type renfermé dans des grès, respectivement depuis 1970 et 1978. Une troisième compagnie, la Société Minière de N'Taghalgue (SMMT), qui avait le contrôle du gisement de Tazat, a cédé une partie de ses droits miniers à la SOMAIR, en 1996. La SMMT a été dissoute par la suite.

La SOMAIR dispose d'une capacité théorique de production de 1 500 t d'U par an à partir d'une exploitation à ciel ouvert, alors que la capacité théorique de production de la COMINAK, qui est de 2 300 t d'U par an, repose sur une exploitation en souterrain.

PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U)

Méthode de production	Total avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	1997 (Prévisions)
• À ciel ouvert	29 047	1 002	1 001	1 207	32 257	1 200
• En souterrain	30 443	1 973	1 973	2 114	36 503	2 200
TOTAL	59 400	2 975	2 974	3 321	68 760	3 400

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM (au 1er janvier 1997)

Nom du centre de production	Arlit (SOMAIR)	Akouta (COMINAK)
Catégorie de centre de production	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En service
Date de mise en service	1970	1978
Source de minerai :		
• Nom des gisements	Taza-Takrisa	Akouta-Akola
• Types de gisement	Grès	Grès
Exploitation minière :		
• Type	À ciel ouvert	En souterrain
• Tonnage (tonnes de minerai/jour)	1 800	1 800
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	90%	90 %
Installation de traitement :		
• Type	LA/Extraction par solvants	LA/Extraction par solvants
• Tonnage (tonnes de minerai/jour)	1 600	1 900
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	95	93
Capacité nominale de production (t d'U/an)	1 500	2 300
Projets d'expansion	Aucun	Aucun

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Il n'y a pas eu de modification de la structure de la propriété dans le secteur de l'uranium au cours de 1995 et 1996. Le gouvernement du Niger détient 31 pour cent des parts de COMINAK et 36 pour cent des parts de SOMAIR, alors que les intérêts étrangers représentent respectivement 69 et 63 pour cent des parts de ces deux sociétés.

La propriété des 2 247 t d'U produites en 1996 se répartit comme suit entre les partenaires : 33 pour cent (1 099 t d'U) au secteur public du Niger, 44 pour cent (1 465 t d'U) aux organismes publics étrangers et les 23 pour cent (757 t d'U) restants à des sociétés minières privées étrangères.

Emploi dans le secteur de l'uranium

La restructuration progressive que connaît le secteur de la production depuis 1990 a abouti à une réduction continue des effectifs qui sont passés de 3 173, en 1990, à 2 077, en 1996. Ce chiffre devrait encore baisser pour n'être plus que d'environ 2 000 personnes en 1997.

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	Prévisions 1997
2 104	2 109	2 077	2 001

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Au Niger, l'incidence de l'industrie minière de l'uranium sur l'environnement résulte des activités menées dans ce domaine depuis plus de 25 ans. Au cours de cette période, les activités tant d'extraction que de concentration ont entraîné l'accumulation d'une quantité importante de déchets. De plus, parmi les perturbations causées en surface par l'industrie minière de l'uranium figurent quatre mines à ciel ouvert, aujourd'hui épuisées.

Capacité théorique de production à court terme

La capacité théorique de production du Niger jusqu'en 2015 est indiquée dans le tableau suivant :

CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (tonnes d'U/an)

1995				1996				2000			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
3 800	n.d.	n.d.	n.d.	3 800	n.d.	n.d.	n.d.	3 800	n.d.	n.d.	n.d.

2005				2010				2015			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
3 800	n.d.	n.d.	n.d.	3 800	n.d.	n.d.	n.d.	3 800	n.d.	n.d.	n.d.

Capacité théorique de production à long terme

Le Niger compte maintenir à long terme la capacité théorique de production actuelle. Parmi les facteurs importants qui sont susceptibles d'infléchir cette politique, figurent cependant le prix de l'uranium sur le marché international de même que les projets des concurrents.

STOCKS D'URANIUM

Au 31 décembre 1996, les producteurs détenaient un stock de 340 t d'U sous forme de concentrés d'uranium naturel. Ces matières ont été comptabilisées comme stock, car le transfert du producteur au responsable de la conversion a été enregistré avec retard.

PRIX DE L'URANIUM

Les prix suivants obtenus pour des ventes d'uranium opérées au cours de la période 1991-1996 et le prix escompté pour 1997 sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

PRIX MOYEN DE VENTE DE L'URANIUM (FF/kg d'U)

1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
380	340	309	265	244	235	230

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

L'un des principaux objectifs de la politique du Niger relative à l'uranium est de permettre à l'industrie nationale de l'uranium d'accroître sa compétitivité au plan international.

• Norvège •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Le programme le plus récent de prospection de l'uranium mené par le Service géologique de Norvège s'est déroulé sur une période de 10 ans à compter de 1975. Il a permis de recueillir beaucoup de données nouvelles et d'établir un certain nombre de bases de données notamment sur le rayonnement gamma naturel émanant du socle, sur la base de levés autoportés couvrant l'ensemble du pays et de levés héliportés détaillés couvrant une superficie plus restreinte. Des échantillons de sédiments fluviatiles (15 000 à 20 000), prélevés dans le cadre des levés détaillés portant sur des zones étendues, ont été analysés afin de mettre en évidence la présence d'uranium. En outre, les teneurs en thorium et en 20 autres éléments à l'état de traces ont été analysées dans des échantillons (3 000) du socle prélevés dans l'ensemble du pays. Ces données ont conduit à la délimitation de provinces uranifères et à la découverte d'un certain nombre de nouvelles zones minéralisées intéressantes. À l'heure actuelle, on possède une assez bonne connaissance des zones qui méritent un complément de recherches afin d'en définir les ressources potentielles en uranium, et dont les minéralisations connues pourraient être exploitables dans des conditions économiques. Cependant, aucune activité de prospection de l'uranium n'est actuellement menée en Norvège.

PRODUCTION D'URANIUM

Il n'y a eu aucune production d'uranium en Norvège.

BESOINS EN URANIUM

La Norvège fait état de besoins en uranium représentant quelques centaines de kilogrammes d'uranium pour ses deux réacteurs de recherche au cours de la prochaine décennie.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

L'uranium nécessaire pour couvrir les besoins futurs des réacteurs sera acheté sur le marché mondial.

• Ouzbékistan¹ •

Historique

La prospection de l'uranium en Ouzbékistan est antérieure à la mise en service en 1952 de la mine d'uranium implantée sur le gisement de Tabochar dans le bassin du Fergana, dans la partie orientale de l'Ouzbékistan. La prospection réalisée à la fin des années 50, notamment au moyen de levés géophysiques aéroportés, de levés radiométriques au sol et de travaux souterrains, etc., dans des zones écartées du désert du Kyzylkoum au centre de l'Ouzbékistan, a permis de découvrir de l'uranium dans la région d'Outchkoudouk. Les forages ont confirmé la découverte initiale et l'aménagement de la première mine à ciel ouvert a débuté en 1961.

Après la mise au point d'un modèle concernant les gisements d'uranium renfermés dans des sédiments oxydés non consolidés datant du Méso-Cénozoïque, les sondages carottés et une série de méthodes de diagrapie géophysique des sondages sont devenus les principaux outils de prospection utilisés pour explorer les milieux sédimentaires. En s'appuyant sur les connaissances des caractéristiques des gisements et en ayant recours à des techniques améliorées de sondage, on a prospecté de vastes secteurs de la dépression de Karakata, située dans la région de Boukinaï et la bordure méridionale des montagnes de Ziraboulak-Ziaetdin a été explorée. Ces travaux ont conduit à la découverte d'importants gisements d'uranium renfermés dans des grès, notamment ceux de Boukinaï, Sabirsai, Youjny Boukinaï (Bourkinaï Nord), Sougraly, Lavlakan et Ketmentchi. En outre, la prospection de gisements d'uranium dans des schistes métamorphiques dans les secteurs d'Aouminza-Beltaou et d'Altyntaou a commencé en 1961 et a abouti à la découverte des gisements d'uranium, de vanadium et de molybdène de Roudnoe et de Kostcheka.

La mise au point de la technique d'extraction par lixiviation in situ (LIS) pour récupérer l'uranium des gisements renfermés dans des grès au début des années 70 a conduit à réévaluer des gisements négligés jusque là, notamment ceux de Lavlakan et de Ketmentchi, et à intensifier les efforts de prospection dans les formations sédimentaires du désert du Kyzylkoum au centre de l'Ouzbékistan.

Les activités de prospection se sont concentrées sur le secteur nord-ouest des montagnes de Nourata de même que sur la partie sud-est des montagnes de Ziraboulak-Ziaetdin. Parmi les gisements découverts dans ces zones figurent ceux d'Alendy, de Severny Kanimekh (Kanimekh Nord) et de Youjny Kanimekh (Kanimekh Sud), dans les montagnes de Nourata, et les gisements de Chark et de Maïzak, dans les montagnes de Ziraboulak-Ziaetdin.

L'un des principaux résultats techniques obtenus à cette époque a été la reconnaissance de la nature polymétallique des gisements d'uranium renfermés dans des grès, ce qui a permis de récupérer du sélénium, du molybdène, du rhénium et de scandium comme sous-produits.

1. Le présent rapport présente une mise à jour complète des données relatives à la République d'Ouzbékistan établie sur la base des réponses au questionnaire en vue de l'établissement de l'édition de 1997 du Livre rouge.

La prospection d'uranium a été organisée de telle façon que la prospection à l'intérieur et aux alentours des gisements connus incombait à la division de géologie de la compagnie productrice. La prospection dans les nouveaux secteurs a été confiée à l'Organisation de prospection Krasnokolms.

Depuis le début des années 90, les sondages n'ont visé qu'à délimiter les gisements connus et rechercher d'éventuels prolongements de ces derniers.

Activités récentes et en cours

Depuis 1994, toutes les activités de prospection de l'uranium ont été financées par le Combinat minier et métallurgique de Navoi (CMMN). Ces activités comprennent la prospection à l'intérieur et aux alentours des gisements connus et la recherche de nouveaux gisements par l'Organisation de prospection Krasnokolms et ultérieurement par l'entreprise d'État chargée de la géologie « Kyzyltepageologia » qui lui a succédé.

En 1995-1996, l'entreprise d'État « Kyzyltepageologia » a entrepris la mise en valeur des ressources connues des gisements de Severny Kanimekh (Kanimekh Nord), d'Alendy, de Kendykijoube et de Tokhoumbet. Elle a en outre procédé à des évaluations des ressources non découvertes dans le Kyzylkoum et dans les provinces de Boukhara-Khiva et de Fergana.

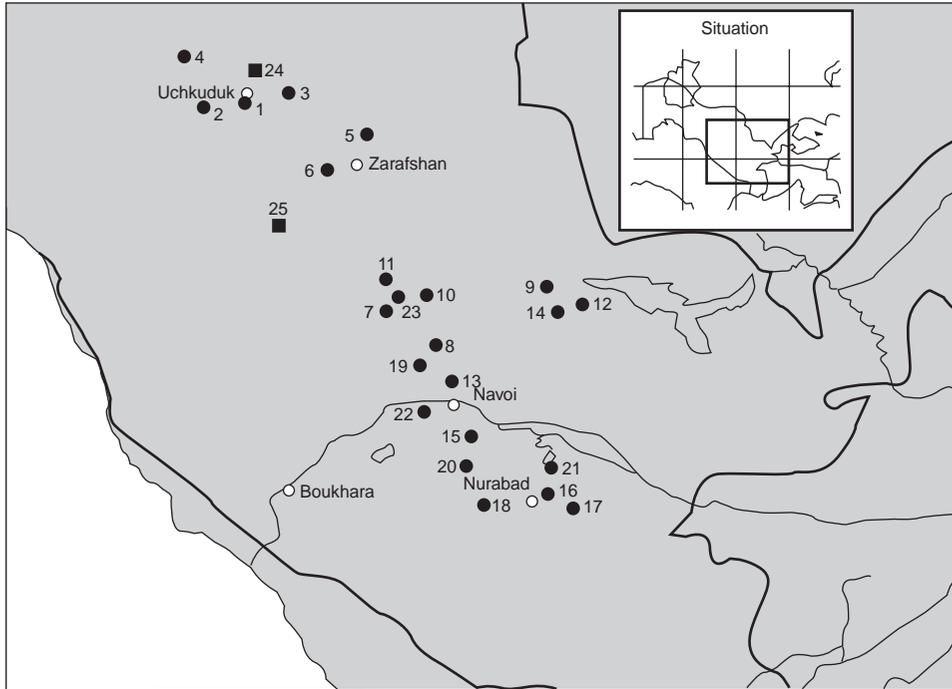
En 1997, il est notamment prévu de poursuivre le programme de sondages et l'estimation des réserves de minerai dans les gisements de Kendykijoube et de Tokhoumbet. Dans les zones d'intérêt possibles du Kyzylkoum et des provinces de Boukhara-Khiva et de Fergana, on poursuivra l'évaluation des ressources d'uranium non découvertes.

Le tableau suivant présente des données statistiques sur la prospection d'uranium entre 1994 et 1997, y compris les activités et les dépenses du Combinat minier et métallurgique de Navoi (CMMN) et de l'entreprise d'État chargée de la géologie « Kyzyltepageologia ».

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
Dépenses du secteur privé (<i>milliers de sums</i>)	8 204	24 748	49 655	78 905
Dépenses du secteur public (<i>milliers de sums</i>)	9 742	137 000	204 000	398 000
Total des dépenses (<i>milliers de sums</i>)	17 946	161 748	253 655	476 905
TOTAL DES DÉPENSES (<i>milliers de dollars des États-Unis</i>)	427	6 197	7 026	8 671
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé (<i>mètres</i>)	119 293	65 939	40 537	54 000
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	576	271	116	155
Sondages superficiels exécutés par le secteur public (<i>mètres</i>)	103 970	127 715	114 768	119 090
Nombre de trous de sondage forés par le secteur public	447	740	639	650
TOTAL DES SONDAGES SUPERFICIELS (<i>m</i>)	223 263	193 654	155 305	173 090
NOMBRE TOTAL DE TROUS FORÉS	1 023	1 011	755	805

Gisements uranifères en Ouzbékistan



Gisements dans les sédiments sableux–argileux

1. Outchoudouk
2. Meylisaï
3. Kendykijoube
4. Bakhaly
5. Aktaou
6. Sougraly
7. Severny Boukinaï
8. Youjny Boukinaï
9. Bechkak
10. Alendy
11. Aoulbek
12. Terekoudouk
13. Youjny Kanimekh

Gisements dans le socle cristallin

14. Varadjan
15. Sabirsai
16. Ketmentchi
17. Chark
18. Argon
19. Severny Kanimekh
20. Toutly
21. Nagornoe
22. Severny Maïzak
23. Tokhumbet

24. Gîte métallifère Altyntaou
25. Gîte métallifère d'Aouminza-Beltaou

D'après les indications fournies, le recul des sondages superficiels exécutés par le secteur privé (par le CMMN) est principalement imputable à l'adaptation des activités de prospection à la production prévue d'uranium. Il est prévu que le CMMN intensifiera de nouveau ses activités de sondage comme l'indiquent les prévisions pour 1997.

RESSOURCES EN URANIUM

Un grand nombre de gisements d'uranium, dont certains sont déjà épuisés, ont été découverts en Ouzbékistan. Toutes les ressources importantes sont situées dans la région du Kyzylkoum au centre du pays, qui occupe une zone de 125 km de large sur 400 km de long d'environ, d'Outchkoudouk au nord-ouest jusqu'à Nourabad au sud-est. Les gisements sont présents dans quatre districts : Boukantaou ou Outchkoudouk ; Aouminza-Beltaou ou Zarafchan ; Nourata-Ouest ou Zafarabad ; et Ziraboulak-Ziaetdin ou Nourabad.

L'uranium se trouve dans deux types de gisements : ceux renfermés dans des grès et ceux liés à des complexes bréchiqes. Les gisements renfermés dans des grès se rencontrent dans des dépressions datant du Mésozoïque-Cénozoïque remplies sur une épaisseur atteignant 1 000 m par des sédiments clastiques datant du Crétacé, du Paléogène et du Néogène. La minéralisation se présente sous forme de pechblende accompagnée parfois de coffinite. Les teneurs moyennes du minerai varient entre 0,026 et 0,18 pour cent d'uranium. Parmi les éléments associés figurent le sélénium, le vanadium, le molybdène, le rhénium, le scandium et des lanthanides en concentrations exploitables commercialement. Les corps minéralisés se trouvent à une profondeur comprise entre 50 et 610 m. Il est fait état de 25 gîtes uranifères de ce type (voir carte) dont plusieurs se prêtent à une exploitation par des techniques de LIS.

Les gisements liés à des complexes bréchiqes sont renfermés dans des schistes noirs charbonneux et siliceux datant du Précambrien au Paléozoïque inférieur. La minéralisation comprend des minerais d'uranium, de vanadium et de phosphate. La teneur moyenne en uranium varie entre 0,06 et 0,132 pour cent, associée à des teneurs en molybdène 0,024 pour cent, en vanadium comprises entre 0,1 et 0,8 pour cent, en yttrium de 6 à 8 g par tonne et en or de 0,1 à 0,2 g par tonne. Les corps minéralisés se trouvent à des profondeurs variant entre 20 et 450 m. Les gisements connus de ce type sont ceux de Roudnoe et de Kostcheka (voir carte). La production à partir des gisements liés à des complexes bréchiqes a été obtenue par exploitation à ciel ouvert, suivie par une lixiviation en tas.

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Pour la première fois dans la présente publication, l'Ouzbékistan fait état de ses ressources en uranium en se conformant aux définitions standard mises au point par l'AEN/AIEA. Les estimations de ressources figurant dans la précédente édition du Livre rouge ne sont donc pas directement comparables.

Au 1er janvier 1997, les ressources connues en uranium (RRA et RSE-I) et récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U s'élevaient à 130 190 t d'U, compte tenu des quantités extraites. Ce chiffre comprend 83 960 t d'U dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. Sur cette quantité 66 200 t, soit presque 80 pour cent, sont récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. Les ressources entrant dans la catégorie des RSE-I s'élèvent à 46 500 t d'U

récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, dont 39 360 t, soit 85 pour cent, sont récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
66 210	66 210	83 700

* S'agissant de ressources récupérables, déduction faite des quantités extraites.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
39 360	39 360	46 500

* S'agissant de ressources récupérables, déduction faite des quantités extraites.

Quant aux ressources connues récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U, 65 pour cent au total sont tributaires des centres de production existants et en service.

A titre d'informations complémentaires, on trouvera au tableau suivant une récapitulation par district uranifère et type de gisement des ressources classiques connues récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. Ce tableau met en évidence l'importance des gisements renfermés dans des grès, qui représentent au total une base de ressources de 97 280 t d'U, soit près de 75 pour cent du total.

RESSOURCES CLASSIQUES CONNUES PAR DISTRICT ET TYPE DE GISEMENT (tonnes d'U)

District uranifère	Type de gisement	Ressources connues
Boukantaou (Outchkoudouk)	Renfermé dans des grès	14 890
	Complexe bréchtique	23 190
Total Boukantaou		38 080
Aouminza-Beltaou (Zarafchan)	Renfermé dans des grès	31 930
	Complexe bréchtique	9 720
Total Aouminza-Beltaou		41 650
Nourata-Ouest (Zafarabad)	Renfermé dans des grès	41 310
	Complexe bréchtique	0
Total Nourata-Ouest		41 310
Ziraboulak-Ziaetdin (Nourabad)	Renfermé dans des grès	9 140
	Complexe bréchtique	0
Total Ziraboulak-Ziaetdin		9 140
<i>Total Renfermé dans les Grès</i>		<i>97 290</i>
<i>Total lié à des complexes bréchtiques</i>		<i>32 910</i>
Total ressources classiques connues		130 200

* S'agissant de ressources récupérables.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les ressources non découvertes s'élèvent au total à 174 410 t d'U, dont 72 570 t dans la catégorie des RSE-II récupérables à des coûts de 130 \$/kg d'U et 101 570 t dans celle des RS sans spécification de tranche de coût. Les deux estimations sont exprimées en termes de ressources récupérables, compte tenu des pertes en cours d'extraction et de traitement. Près de 80 pour cent des ressources non découvertes sont affectés à des gisements renfermés dans des grès et se répartissent à parts presque égales entre les quatre districts uranifères : Boukantaou (Outchkoudouk), Aouminza-Beltaou (Zarafchan), Nourata-Ouest (Zafarabad) et Zirabolak-Ziaetdin (Nourabad). On considère que le district d'Aouminza-Beltaou (Zarafchan) est le plus susceptible de contenir des gisements liés à des complexes bréchiques.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
52 510	52 510	72 570

* S'agissant de ressources récupérables.

RESSOURCES SPECULATIVES EN URANIUM* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
–	101 570	101 570

* S'agissant de ressources récupérables.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

En Ouzbékistan, la production d'uranium a commencé en 1952 sur le gisement de Tabochar, dans le bassin du Fergana. Cette mine n'est plus en service et le gisement est épuisé.

L'extraction d'uranium à des fins commerciales a démarré à Outchkoudouk, en 1958, avec l'aménagement d'une mine à ciel ouvert et d'une mine souterraine. Le minerai a été stocké jusqu'à l'achèvement, en 1964, de l'installation de traitement hydrométallurgique du minerai d'uranium à Navoi, à quelque 300 km au sud-est d'Outchkoudouk. L'usine et toutes les mines ont été exploitées par le Combinat minier et métallurgique de Navoi (CMMN). Des expériences de LIS ont été menées sur ce gisement dès 1963 et ont abouti en 1965 à l'application de ce procédé à l'échelle commerciale.

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, on a commencé à recourir à la technique de LIS en remplacement de l'extraction souterraine pour exploiter la mine de Sabirsaï.

L'exploitation de la mine de Sabirsaï par des méthodes classiques d'extraction en souterrain a cessé complètement en 1983. L'installation de LIS de Ketmentchi est entrée en service en 1978. En 1994, la baisse de la demande d'uranium a conduit à la fermeture de la mine à ciel ouvert d'Outchkoudouk, ainsi que des mines de Sougraly exploitées en souterrain et par LIS.

La production d'uranium dans la région du Kyzylkoum a atteint un niveau record au cours des années 80, période pendant laquelle elle était de 3 700 à 3 800 t d'U par an.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenu dans les concentrés)

Méthode de production	Avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	Prévisions 1997
Exploitation classique						
• à ciel ouvert	35 979	270	0	0	36 249	0
• en souterrain	19 609	110	0	0	19 719	0
Exploitation classique						
• Sous-total	55 588	380	0	0	55 968	0
Lixiviation in situ	27 175	1 635	1 644	1 459	30 454	2 050
TOTAL	82 763	2 015	1 644	1 459	86 422	2 050

État de la capacité théorique de production

Depuis 1994, le CMMN produit de l'uranium en utilisant seulement par LIS. Les installations sont situées sur les gisements d'Outchkoudouk, Sabirsaï, Ketmentchi, Boukinaï Nord, et Bechkak et, depuis 1995, sur celui de Kendykijoube. Ces centres de LIS sont répartis entre trois divisions du CMMN : la « Division minière du Nord », implantée à Outchkoudouk, qui regroupe les centres d'Outchkoudouk et de Kendykijoube ; la « Division minière du Sud », implantée à Zafarabad, comprenant les centres de Sabirsaï et de Ketmentchi, et la « Division minière n°5 », implantée à Nourabad, gérant les centres de Boukinaï-Nord, de Boukinaï-Sud et de Bechkak.

La production des trois divisions minières est acheminée par chemin de fer à l'usine métallurgique centrale située à Navoï, qui a une capacité nominale de production de 3 000 t d'U par an.

Les précisions techniques disponibles concernant les centres de production des trois divisions minières en activité, ainsi que la Division minière de l'Est qui ne l'est pas, sont récapitulées dans le tableau suivant.

PRÉCISIONS TECHNIQUES DES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

Nom du centre de production	Division minière du Nord	Division minière du Sud	Division minière n° 5	Division minière de l'Est
Catégorie de centre de production	Existant	Existant	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En service	En service	En réserve
Date de mise en service	1964	1966	1968	1977
Source du minerai :				
• Nom du gisement	Outchkoudouk Kendykijoube	Sabirsai Ketmentchi	Boukinai-Nord Boukinai -Sud Bechkak	Sougraly
• Type de gisement	Grès	Grès	Grès	Grès
Exploitation minière:				
• Type	LIS	LIS	LIS	n.d.
• Tonnage	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération à l'extraction (%)	70	75	80	n.d.
Installation de traitement	Navoi			
• Type	EI			
• Tonnage	n.d.			
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	99,5			
Capacité nominale de production (tonnes d'U/an)	3 000			

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Le CMMN fait partie du holding d'État Kyzylkoumredmetzeloto. Par conséquent, toute la production d'uranium du CMMN appartient au Gouvernement de l'Ouzbékistan.

Emploi dans le secteur de l'uranium

Les activités liées à la production d'uranium ont conduit à construire cinq villes à savoir : Outchkoudouk, Zarafchan, Zafarabad, Nourabad et Navoi. Ces villes fournissent l'infrastructure requise à une population globale de 500 000 habitants, notamment les routes, le chemin de fer et l'électricité. Le CMMN trouve dans cette population une main-d'œuvre stable et hautement qualifiée.

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
6 688	7 378	8 201	8 200

Centres de production futurs

La production future d'uranium en Ouzbékistan proviendra entièrement de l'exploitation par LIS. Il n'existe pas d'informations sur la durée de vie escomptée des installations de LIS en exploitation. Toutefois, il est fait état de l'entrée en service d'une nouvelle installation de LIS sur le gisement de Kanimekh-Nord dans un proche avenir. Il est aussi signalé que l'Ouzbékistan entend poursuivre la production d'uranium jusqu'à 2040 à un rythme d'environ 3 000 t par an.

CAPACITE THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (tonnes d'U/an)

1997				1998				2000			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
2 050	2 050	2 050	2 050	2 050	2 050	2 500	2 500	2 050	2 050	3 000	3 000

2005				2010				2015			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
2 050	2 050	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Plus de trente années d'activités liées à la production d'uranium menées par le CMMN ont eu des incidences sur l'environnement naturel en Ouzbékistan. Aussi bien les zones où l'extraction et le traitement des minerais d'uranium ont été effectués par des techniques classiques que celles où ont fonctionné des installations de lixiviation in situ ont été affectées. En plus des zones directement touchées par ces activités, il existe des accumulations en surface renfermant des matériaux uranifères d'exploitation non rentable, dont le volume est estimé à 2,42 millions de m³. La teneur en uranium de ces matériaux serait de 2 à 5 mg/kg (0,002 à 0,005 pour cent d'U). En outre, 60 millions de tonnes de résidus se trouvent près de l'usine hydrométallurgique N°1 de Navoi et certaines eaux souterraines ont été contaminées par l'exploitation par lixiviation in situ. La superficie totale des zones concernées par cette exploitation est de 13 km². Les matériaux contaminés connexes récupérés en surface à partir de ces exploitations représentent environ 3,5 millions de m³.

Afin d'évaluer pleinement l'étendue de toute contamination éventuelle et de mettre au point un programme de revalorisation et de remise en état, le CMMN collabore avec les experts les plus qualifiés de l'Ouzbékistan, des spécialistes de la Communauté des États Indépendants, de même qu'avec des organisations internationales.

Il ressort des résultats de la surveillance radiologique des activités d'extraction et de traitement de l'uranium menées par le CMMN que la dose d'exposition annuelle moyenne totale pour le groupe critique de la population vivant dans ces régions ne dépasse pas 1 mSv/an, compte tenu de la somme de tous les facteurs de risque radiologique.

Le CMMN a élaboré une politique de l'environnement applicable à ses activités de production d'uranium, qui consiste à :

- assurer la sûreté écologique de toutes les installations du CMMN par l'emploi de la méthode d'exploitation par lixiviation in situ la moins polluante et la moins dommageable pour l'environnement ;
- fermer les entreprises d'extraction minière et de traitement qui sont moins efficaces sur le plan économique et environnemental ;
- isoler et évacuer de façon appropriée tous les déchets radioactifs accumulés ;
- remettre en état les terrains perturbés par les activités de l'entreprise dans le domaine de l'uranium.

Afin de réaliser ces objectifs, le CMMN a élaboré et met en œuvre un programme progressif d'évaluation et, si nécessaire, de remise en état des zones susceptibles d'avoir été affectées au cours de plus de 30 années d'activités de production d'uranium.

Dans l'usine hydrométallurgique de Navoi, on a mis en place un système de puits en vue de surveiller la contamination éventuelle de la nappe aquifère à partir du bassin de retenue des résidus, et de la maîtriser. Les eaux récupérées sont renvoyées à l'usine pour réutilisation dans les opérations de traitement. Une étude est en cours en vue d'obtenir les données nécessaires pour choisir et mettre en place un système d'enfouissement du bassin de retenue des résidus. Après décontamination radioactive et remise en état de tous les terrains contaminés autour du bassin de retenue et sur le trajet de la canalisation allant de l'usine au bassin, il est projeté de recouvrir le site occupé par les résidus entre 2000 et 2005.

Capacité théorique de production à long terme

Il est prévu de poursuivre la production d'uranium jusqu'en 2040 à une cadence d'environ 3 000 t d'U par an. Aucune augmentation de la production au-dessus de ce niveau n'est envisagée.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

En tant que membre de l'AIEA, la République de l'Ouzbékistan se conforme à tous les accords internationaux relatifs à l'utilisation pacifique de l'uranium produit sur son territoire.

La production d'uranium appartient à la République d'Ouzbékistan, et des entités privées, notamment des sociétés et des personnes physiques nationales et étrangères, ne sont pas autorisées par la loi à mener des activités dans le domaine de la prospection et de la production d'uranium.

• Pakistan •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

D'importantes activités de prospection de l'uranium ont été menées au Pakistan au moyen de diverses techniques, notamment la prospection en surface par des levés géologiques et géophysiques systématiques. On a ainsi étudié une grande variété de milieux géologiques, en particulier les formations de roches ignées et métamorphiques du nord du Pakistan, et le groupe sédimentaire de Siwalik qui s'étend à travers le pays, du Cachemire, au nord-est, jusqu'à la mer d'Oman, au sud-ouest.

L'évaluation a porté sur les roches ignées et/ou métamorphiques du Pakistan septentrional, notamment les granites, les métapélites graphitiques et les carbonatites. Des travaux de prospection d'envergure ont été menés dans des terrains renfermant aussi bien des métapélites que du granite. Bien que de nombreuses anomalies radioactives aient été décelées dans ces roches, on n'a guère réussi à localiser des concentrations notables d'uranium.

Au cours d'activités banales de prospection, on a constaté que certaines des carbonatites étaient radioactives. La principale source de radioactivité est le pyrochlore minéral. Une analyse préliminaire de l'un des corps minéralisés de carbonatite a révélé la présence d'uranium dans les échantillons de roches qui contiennent également des métaux rares, des terres rares, du phosphate et, dans une moindre mesure, de la magnétite. Des recherches géologiques ont donc été entreprises en vue de déterminer la direction et la taille des zones radioactives dans le corps minéralisé de carbonatite et d'évaluer les possibilités de les exploiter pour la production de plusieurs minéraux.

D'un point de vue géographique (géologique), le Pakistan est situé dans une zone de collision tectonique, où la plaque indo-pakistanaise, située au sud, glisse par subduction sous l'Assemblage des arcs insulaires le long du chevauchement mantellique principal qui, à son tour, glisse par subduction sous la plaque eurasiennne. L'activité tectonique est particulièrement importante dans le Pakistan septentrional, ce qui explique à la fois la nature très accidentée du terrain et l'instabilité du contexte géologique. La topographie accidentée rend la prospection très difficile. En outre, les conditions d'activité tectonique ont laissé peu de zones stables susceptibles de piéger et retenir des gîtes uranifères.

Prospection du Groupe de Siwalik

Le Groupe de Siwalik, datant du Miocène au Pléistocène, se compose de couches interstratifiées de grès et d'argilites, comportant occasionnellement des conglomérats sous forme de dépôts fluviaux et de terrasses. Les roches du Groupe de Siwalik ont fait l'objet de travaux de prospection de l'uranium au Pakistan depuis la découverte de la première anomalie radioactive dans ces roches, dans le district de Dera Ghazi Khan. Le Groupe de Siwalik se rencontre du Cachemire, au nord-est,

jusqu'à la mer d'Oman au sud-ouest, en passant par le plateau de Potwar, le bassin de Bannu, et les monts Sulayman.

La séquence de Siwalik a été subdivisée, sur la base de la pétrographie, en trois formations respectivement inférieure, intermédiaire et supérieure. Dans la formation inférieure, ce sont les schistes argileux de couleurs vives (tons de rouge et d'orangé) qui sont prédominants avec de petites quantités de grès recouvertes par les couches massives de grès et les strates alternées de schiste argileux et de grès de la formation intermédiaire. La formation intermédiaire est recouverte par la formation supérieure constituée de faciès plus grossiers incluant des grès, des conglomérats, des galets et des schistes argileux. Les grès présents dans la formation intermédiaire (subdivisée en formations de Nagri et de Dhok Pathan) comprennent surtout des grès gris grossiers et des grès à débris schisteux. Les faciès à grains fins de Nagri entrent dans la catégorie des argiles et des grès fins, tandis que ceux de Dhok Pathan comprennent du schiste argileux et des grès fins renfermant peu d'argile.

Les affleurements de la formation de Dhok Pathan, où de l'uranium a été découvert pour la première fois, ont donné lieu à des levés radiométriques aéroportés. Ils ont aussi fait l'objet de travaux approfondis de prospection à pied. On a ainsi trouvé de nombreuses anomalies d'uranium dans la formation de Dhok Pathan au Cachemire, sur le plateau de Potwar, dans le bassin de Bannu et dans les monts Sulayman. Plus à l'ouest, où les caractéristiques des formations de Siwalik de continentales deviennent légèrement marines, les matières argileuses prédominent. Aucune anomalie radioactive n'a été découverte dans ces roches. Les travaux de prospection ont permis de délimiter quelques gisements d'uranium exploitables dans les monts Sulayman et dans le bassin de Bannu. Toutefois, aucun corps minéralisé d'uranium n'a encore été décelé sur le plateau de Potwar.

Bassin de Bannu

La tectonique semble avoir joué le rôle clé dans la genèse des corps minéralisés d'uranium dans le bassin de Bannu. Ce bassin a connu des soulèvements répétés, accompagnés d'abaissements successifs de la nappe phréatique, provoquant la lixiviation de l'uranium après chaque soulèvement et sa précipitation ultérieure au-dessous de la nappe phréatique. Le régime géohydrologique, dans son état actuel de confinement, est apparemment responsable de la préservation de l'uranium au-dessous de la nappe phréatique.

La minéralisation d'uranium dans cette zone a une signature radioactive très faible si on la compare à la quantité d'uranium renfermée estimée par des tests chimiques. Ce fort déséquilibre est caractéristique d'une mise en place très récente de l'uranium.

Activités récentes

Levé de la plate-forme du plateau de Potwar

La zone du plateau de Potwar comprend un certain nombre de sites où l'on a décelé une radioactivité en surface généralisée. Toutefois, les activités de prospection par des méthodes classiques dans ces zones n'ont pas permis de découvrir de minéralisation d'uranium et, sur la plupart des sites, les résultats n'ont pas été concluants. Ceci est dû à la difficulté de sélectionner et de tester

convenablement les zones d'intérêt dans un milieu de collision active. Le problème a été amplifié par l'absence d'analyse détaillée des données.

Dans le double but d'améliorer les compétences techniques des spécialistes locaux des sciences de la Terre et de surmonter les imperfections de la méthodologie de prospection, un programme d'évaluation du potentiel de ressources a été mis au point sur la base d'une modélisation géologique. Ce programme, connu généralement sous le nom de « Platform Survey », a été lancé sous l'égide et avec l'assistance financière de l'AIEA.

Le Levé de la plate-forme est exemplaire d'une stratégie de prospection systématique. Grâce à ce travail, une zone de 15 000 km² du plateau de Potwar a été réduite à 2 000 km². Des travaux approfondis de prospection ont ensuite été entrepris dans la partie sud-ouest de la zone. Cette superficie a depuis été réduite à environ 400 km² où il est prévu de procéder à des études détaillées en souterrain.

RESSOURCES EN URANIUM

Il n'est fait état d'aucune évaluation quantitative des ressources en uranium.

PRODUCTION D'URANIUM

Il n'est fait état d'aucune information quantitative sur la production de l'uranium.

Exploitation par lixiviation in situ

Une grande partie des gisements d'uranium localisés en divers endroits des monts Sulayman a été exploitée. Les corps minéralisés découverts à Nangar Nai, dans la chaîne montagneuse de Bannu, sont actuellement testés en vue d'une exploitation par des techniques de lixiviation in situ.

Les corps minéralisés d'uranium localisés dans le bassin de Bannu sont renfermés dans des grès mal consolidés. Leur exploitation à l'aide de méthodes classiques d'extraction a été jugée impraticable et dangereuse à cause d'un sol de mauvaise qualité et de l'afflux de grandes quantités d'eau. Comme solution de remplacement, on a étudié l'application de techniques de lixiviation in situ, lesquelles se sont avérées praticables car les corps minéralisés sont situés sous la nappe phréatique dans des grès très perméables. Parmi les caractéristiques géologiques moins favorables dans cette zone, il faut mentionner le pendage de la formation encaissante de grès et des imperfections structurales. En outre, le schiste argileux assurant le confinement est souvent absent au-dessous de l'horizon qui renferme le minerai.

Par la suite, des essais de lixiviation in situ ont été exécutés, pendant une période de quatre ans, en utilisant plusieurs configurations en cinq points. Sur la base des résultats de ces essais, on a défini les paramètres de lixiviation in situ, en vue de préparer le lancement de l'exploitation à l'échelle semi-commerciale vers le milieu de 1995. Les travaux de recherche et de développement se poursuivent sur le site pour affiner le réglage des opérations afin d'améliorer le taux de récupération et de réduire les coûts de production.

La technique d'extraction par lixiviation in situ fait appel maintenant à des configurations de puits en cinq et sept points. Comme agent de lixiviation et oxydant, on utilise respectivement du bicarbonate d'ammonium et de l'eau oxygénée, que l'on injecte à la pression atmosphérique. La liqueur uranifère obtenue par lixiviation est récupérée à l'aide de pompes submersibles. Le système fonctionne à un faible pH pour prévenir la mobilisation de calcium. La diffusion latérale des fluides de lixiviation est maîtrisée en maintenant un équilibre entre l'injection et le soutirage. Le champ de forages est surveillé régulièrement par des trous de sonde de surveillance.

Évaluation des carbonatites

On a dressé des cartes radiométriques en surface du corps minéralisé de carbonatite afin de comprendre la relation existant entre la minéralisation d'uranium, d'une part, et la pétrographie ainsi que la structure de la zone, d'autre part. Les cartes montrent qu'environ 25 pour cent du corps minéralisé de carbonatite sont radioactifs et offrent des perspectives pour une prospection complémentaire souterraine. On a procédé ensuite à l'exploration souterraine de ces deux blocs et on a commencé des sondages carottés au diamant pour vérifier le prolongement souterrain des anomalies radiométriques relevées en surface. Les informations obtenues à partir des forages ont permis de confirmer la présence de substances radioactives le long de zones souterraines bien définies. Des carottes de sondage ont été analysées pour en déterminer les teneurs en l'uranium par de méthodes chimiques. Les résultats ont montré que la minéralisation d'uranium se poursuit en profondeur, augmentant ainsi considérablement le volume exploitable du corps minéralisé de carbonatite. Le potentiel de ressources de ce corps minéralisé de carbonatite pourrait bien atteindre quelques milliers de tonnes d'uranium à une teneur moyenne de 0,02 pour cent d'uranium.

Études relatives à l'amélioration de la teneur moyenne du minerai renfermé dans les carbonatites

Les analyses chimiques et minéralogiques des carbonatites donnent les résultats suivants :

PYROCHLORE	0,4 pour cent
Uranium	200 ppm
Métal rare	600-800 ppm
APATITE	7,1 pour cent
Phosphate	3 pour cent de P ₂ O ₅
Eléments de terres rares	0,2 pour cent
MAGNÉTITE	5,0 pour cent
Fer	3,0 pour cent
CALCITE	70 pour cent
CaCO ₃	68 pour cent

Les analyses des carbonatites uranifères révèlent que la teneur en uranium est plutôt faible. Des études en vue d'améliorer la teneur moyenne en uranium du minerai extrait ont donc été effectuées en laboratoire et à l'échelle pilote. Les résultats ont montré qu'il était possible d'augmenter la teneur du minerai par des méthodes de concentration physique, comme la séparation magnétique par voie humide, la séparation gravimétrique par voie humide et la flottaison par mousse. Les résultats préliminaires montrent que le pourcentage de récupération des différentes fractions et le niveau d'amélioration de la teneur susceptible d'être atteint s'établissent comme suit :

Minéral	Teneur	Facteur d'amélioration de la teneur	Taux de récupération (%)
Pyrochlore	3% d'U	1500	78,75
Apatite	30% de P ₂ O ₅	10	70
Magnétite	71% de Fe	19,7	95
Calcite	95% de CaCO ₃	1,4	83

Ces résultats montrent que la teneur en uranium de la carbonatite peut être multipliée par 150 avant de procéder au traitement chimique. Les concentrés de pyrochlore contenant jusqu'à 3 pour cent d'uranium peuvent être traités pour récupérer l'uranium. On peut aussi accroître la teneur en phosphate (P₂O₅) en la portant de 3 à 30 pour cent, à l'aide de techniques de flottaison par mousse. Cette teneur (30 pour cent) est compatible avec une exploitation pour la fabrication d'engrais.

• Pays-Bas •

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Les Pays-Bas ne possèdent pas de ressources en uranium et ne mènent à l'heure actuelle aucune activité de prospection visant l'uranium.

BESOINS EN URANIUM

Les Pays-Bas exploitent actuellement deux réacteurs nucléaires qui sont couplés au réseau. Il s'agit du REP de Borssele (481 MWe nets) et du REB de Dodewaard (56 MWe nets). La date de déclassement du réacteur de Dodewaard est fixée au milieu de 1997. Il est provisoirement prévu que la dernière charge de combustible du réacteur de Borssele sera fabriquée en 2001. Les besoins en uranium seront d'ici à cette époque de 140 tonnes d'U/an. La date du déclassement de ce réacteur est fixée à 2004.

STOCKS D'URANIUM

Les stocks d'uranium naturel étaient écoulés au 31 décembre 1995 et, depuis lors, les Pays-Bas n'en ont pas détenus d'autres.

• Pérou •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les activités de prospection de l'uranium menées par l'Institut péruvien de l'énergie nucléaire (*Instituto Peruano de Energia Nuclear – IPEN*) ont conduit à la découverte de plus de 40 indices d'uranium dans la région de Puno, dans le sud-est du Pérou. Ces indices, connus sous le nom de district uranifère de Macusani, sont associés à des roches volcaniques acides datant du Miocène au Pliocène, en remplissage du bassin de Macusani érodé dans un socle datant du Paléozoïque.

Les principaux de ces indices sont connus sous les dénominations de Chapi, Pinocho, Chilcuno VI, Cerro Concharrumio, Cerro Calvario, etc. Parmi ceux-ci, Chapi est considéré comme le plus important. C'est pourquoi les activités de prospection ont, pour la plupart, été menées dans cette zone. Elles ont permis de localiser une minéralisation d'uranium associée à des structures à très fort pendage qui se répartit dans des alignements structuraux mesurant de 15 à 90 m de longueur sur 20 à 30 m de largeur. Les teneurs en uranium varient entre 0.03 et 0.75 pour cent, avec une moyenne de 0,1 pour cent d'U. Sur la base des données géologiques obtenues, on estime que cet indice est susceptible de représenter environ 10 000 t d'U.

Étant donné la situation budgétaire de l'IPEN, toutes les activités de prospection de l'uranium ont cessé en 1992. Toutefois, il est fait état en 1994 de dépenses de prospection s'élevant à 10 500 sols.

RESSOURCES EN URANIUM

Les ressources classiques en uranium du Pérou se trouvent principalement dans le district de Macusani (région de Puno). Dans ce district, la minéralisation d'uranium est associée à des roches volcaniques datant du Miocène au Pliocène, reposant sur des roches du socle datant du Paléozoïque.

Dans le district de Macusani, il existe un certain nombre d'indices d'uranium, à savoir Chapi, Chilcuno VI, Pinocho, Cerro Concharrumio et Cerro Calvario. La minéralisation est constituée par de la pechblende, de la gummite, de l'autunite, de l'autunite métamorphisée, et d'autres minéraux, en remplissage de fractures subverticales et subhorizontales. Chapi est la zone d'intérêt la plus importante.

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Le Pérou fait état de l'existence, dans le district uranifère de Macusani, de ressources connues entrant tant dans la catégorie des RRA que dans celle des RSE-I. On trouvera dans le tableau suivant des données plus détaillées.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	1 790	0

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	1 860	0

* S'agissant de ressources in situ estimées au cours des cinq dernières années.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les ressources non découvertes en uranium sont estimées au total à 26 350 t d'U. Leur ventilation plus détaillée par catégorie de ressources et par tranche de coût est indiquée dans le tableau suivant :

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	6 610	0

RESSOURCES SPECULATIVES¹ (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 130 \$/kg d'U	Non spécifiée	TOTAL
19 740 ²	0	19 740

1. S'agissant de ressources *in situ*.

2. Sur la base de la répartition de la roche volcanique encaissante sur une superficie de 1 000 km².

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

La prospection et l'exploitation de l'uranium sont ouvertes aux investisseurs étrangers dans un cadre qui garantit la stabilité et la pérennité à long terme des investissements réalisés. À l'heure actuelle, le Gouvernement péruvien invite les compagnies minières intéressées à soumettre des offres visant la prospection et l'exploitation ultérieure des ressources nationales en uranium. Afin de faciliter ce processus, l'IPEN mettra des informations techniques à la disposition des parties intéressées.

• Philippines •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, l'Institut de recherche nucléaire des Philippines (*Philippine Nuclear Research Institute*), qui a succédé à la Commission de l'énergie atomique des Philippines (*Philippines Atomic Energy Commission – PAEC*), a mené des activités de reconnaissance et de prospection géochimique semi-détaillée des ressources en uranium dans l'île de Palawan. Les fonds affectés à ce projet ont atteint 60 000 dollars des États-Unis pendant ces deux années. Au moins deux anomalies géochimiques susceptibles de présenter de l'intérêt ont été localisées dans la région de San Vicente. Ces indices uranifères sont liés à la présence de roches granitiques et métamorphiques (phyllite et schiste).

En 1997, il est prévu de mener un programme modeste (50 000 dollars des États-Unis) de reconnaissance et de prospection géochimique de l'uranium dans le sud de l'île de Palawan

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC (dollars des États-Unis)	30 000	30 000	30 000	50 000

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Il n'existe pas de ressources connues notables aux Philippines. Des indices d'importance secondaire ont été décelés en association avec des gîtes métallifères de substitution pyrométasomatique et hydrothermaux liés à des roches intrusives de composition acide à intermédiaire, datant du Miocène moyen.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Aucune estimation formelle de tonnage des ressources non découvertes n'a été effectuée.

La partie septentrionale de l'île de Palawan, située au sud-ouest de Luçon, a été reconnue au cours de la période 1991-1992 comme constituant une zone géologiquement favorable à la découverte

de ressources en uranium. Cette zone est considérée comme étant la partie affectée par un fossé tectonique d'un terrain continental dans lequel les formations les plus anciennes du socle sont constituées de roches sédimentaires et métamorphiques plissées. On estime que les roches du socle datent du Paléozoïque inférieur ou sont d'un âge plus reculé.

Les roches du socle ont été pénétrées par des intrusions granitiques et ultramafiques datant du tertiaire et partiellement recouvertes par des formations sédimentaires d'âge Tertiaire. Ces formations sont séparées par d'importantes failles de charriage. Les corps granitiques intrusifs sont considérés comme les plus susceptibles de renfermer les ressources, mais les formations métamorphiques proches de ces intrusions sont aussi considérées comme géologiquement propices à la présence d'une minéralisation d'uranium.

BESOINS EN URANIUM

Les Philippines disposent d'un réacteur nucléaire de type REP de 620 MWe, le PNPP-1, qui a été construit, mais n'a jamais été achevé. Il existe des plans en vue de convertir cette installation en une centrale électrique alimentée en combustibles fossiles. Il n'y aura donc pas de besoins en uranium dans un avenir prévisible.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

La prospection et l'exploitation minière de l'uranium sont ouvertes aux entreprises privées, sous réserve de respecter la réglementation en matière de sûreté nucléaire et de se conformer aux règles en vigueur de partage de la production mises en œuvre par le Bureau des mines et des sciences géologiques [*Mines and Geosciences Bureau*] (antérieurement le Bureau des mines).

• Portugal •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium a commencé, au Portugal, avec la découverte en 1912 du gisement d'Urgeiriça qui renfermait du radium et de l'uranium. Le radium a été exploité jusqu'en 1944 alors que l'uranium l'a été depuis 1951. Entre 1945 et 1962, une entreprise privée à capitaux étrangers, la *Companhia Portuguesa de Radium Limitada* (CPR), a procédé à des levés radiométriques, à une

cartographie géologique détaillée, à l'excavation de tranchées et à des carottages avec diagraphie du rayonnement gamma dans les formations granitiques des districts de Beiras. En 1955, le gouvernement a entrepris des activités systématiques de prospection de l'uranium en ayant recours à la cartographie géologique, à des levés radiométriques autoportés et terrestres, à des études géophysiques (relevés de la résistivité), à l'excavation de tranchées ainsi qu'à des forages au diamant et à percussion. En 1961, la *Junta de Energia Nuclear* (JEN) avait découvert une centaine de gîtes dans des secteurs granitiques et périgranitiques hercyniens des districts de Beiras et d'Alto Alentejo. Les districts de Beiras et leurs nombreux petits gisements constituent, avec l'usine d'Urgeiriça, un ensemble intégré de production d'uranium. La zone d'Alto Alentejo pourrait alimenter un autre centre de production à l'avenir. Depuis 1976, la prospection s'est poursuivie dans les régions cristallines comportant des ressources connues en uranium. La prospection dans les régions sédimentaires a débuté en 1971, au moyen de levés géologiques, radiométriques, géochimiques et émanométriques ainsi qu'à l'aide de sondages sur la bordure occidentale datant du Méso-Cénozoïque du bassin portugais.

Les activités d'exploitation des mines d'uranium et de prospection de l'uranium ont été transférées de la compétence de la JEN à l'entreprise publique *Empresa Nacional de Urânio, S.A.* (ENU) en 1977, et à la Direction générale de la géologie et des mines (*Direcção-Geral de Geologia e Minas – DGGM*) en 1978. L'ENU a effectué des travaux de prospection dans des zones contiguës aux gisements d'uranium et à leurs prolongements.

Activités récentes et en cours

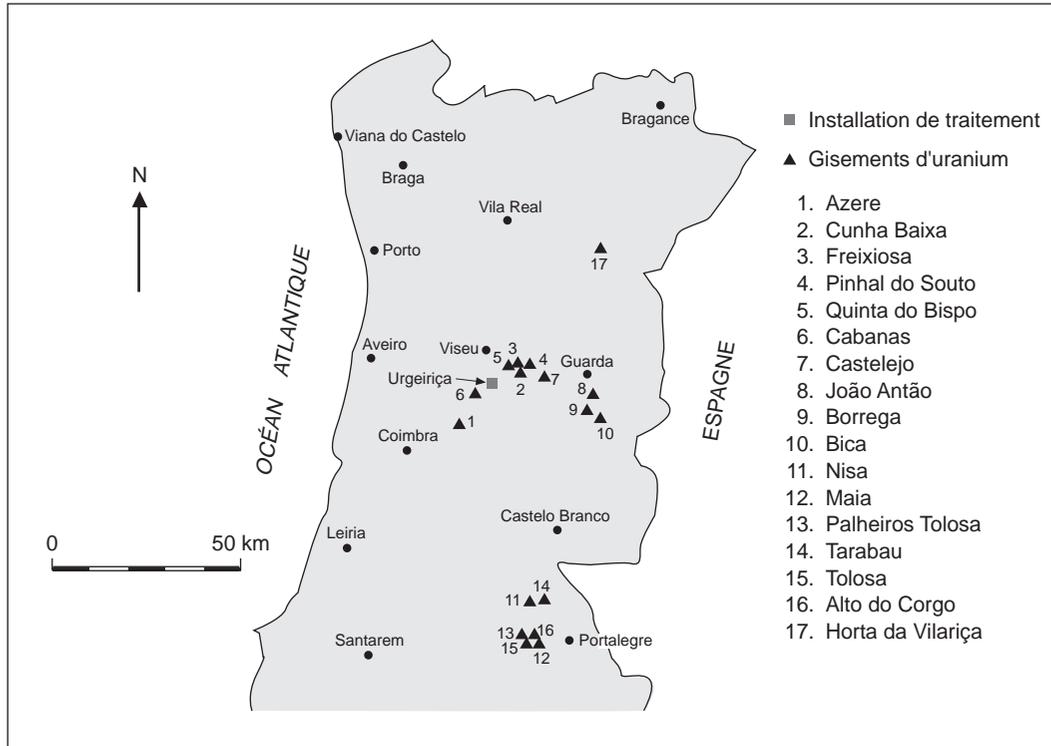
L'Institut géologique et minier [*Instituto Geológico e Mineiro – IGM*] qui a remplacé la DGGM, a cessé toute activité de prospection de l'uranium. Une carte du fond radiométrique du Portugal au 1:200 000ème est en préparation (trois des huit feuillets ont déjà été établis) dans le cadre d'un contrat passé avec la Direction générale de l'environnement. Un projet de prospection des terres rares est également en cours.

Les activités de prospection de l'ENU sont demeurées à un très faible niveau, avec une légère reprise en 1995 par suite de la réévaluation du projet de Nisa.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE SUR LE TERRITOIRE NATIONAL (milliers de dollars des États-Unis)

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
Dépenses du secteur privé	97	130	119	n.d.
Dépenses du secteur public	9	0	0	0
TOTAL DES DÉPENSES	106	130	119	n.d.
Sondages superficiels exécutés par le secteur privé (<i>mètres</i>)	3 040	2 855	4 416	5 000
Nombre de trous de sondage forés par le secteur privé	69	85	108	n.d.

Gisements et indices uranifères au Portugal



RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Le Portugal fait état de RRA représentant 8 900 t d'U au total, récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U. Sur ce total, 7 300 t d'U sont récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U. En outre, il est fait état de 1 450 t d'U entrant dans la catégorie des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 80 \$/kg d'U.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

Entre 1951 et 1962, la CPR a produit au total 1 123 t d'U à partir de 22 concessions, dont 1 058 t d'U ont été traitées dans l'usine d'Urgeiriça et 65 t d'U ont été extraites sur le carreau des mines par lixiviation en tas. À cette époque l'uranium était précipité au moyen d'oxyde de magnésium. Au cours de la période 1962-1977, la JEN a repris les activités d'extraction et de traitement de la CPR, en introduisant l'extraction par solvant organique. Au total, 825 t d'U ont été

produites par l'usine d'Urgeiriça et par l'installation pilote de Senhora das Fontes. Entre 1977 et 1994, l'ENU a produit 1 651 t d'U.

État de la capacité théorique de production

À l'heure actuelle, l'usine d'Urgeiriça, dont la capacité nominale de production est de 170 t d'U par an, est exploitée à capacité réduite. La production de concentrés (25 t d'U par an) provient du traitement de minerais pauvres par lixiviation en tas et, dans une moindre mesure, d'une exploitation par lixiviation in situ.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenu dans le concentré)

Méthode de production	Avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	1997 (Prévisions)
Exploitation classique :						
• à ciel ouvert	1 246	–	–	–	1 246	
• en souterrain	1 881	–	–		1 881	
Sous-total exploitation classique	3 127	–	–	–	3 127	–
Lixiviation in situ	243	5	–	1	249	4
Production d'uranium en tant que sous-produit	–	–	–	–	–	–
Autres méthodes	230	19	18	14	281	13
TOTAL GENERAL	3 600	24	18	15	3 657	17

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Les activités d'extraction et de traitement sont toutes confiées à l'ENU, entreprise entièrement d'état, qui a également mené des activités de prospection de l'uranium dans les zones situées autour de sites miniers actuels et futurs jusqu'à la fin de 1992. Depuis lors, le permis de prospecter est venu à expiration et toutes les activités de prospection ont cessé. L'ENU a été absorbée en 1992 par le holding minier d'état *Empresa de Desenvolvimento Mineiro* (EDMSA). Un nouveau programme de mise en valeur est prévu une fois achevées une réduction importante des effectifs et la restructuration financière.

La DGGM, devenue l'IGM, avait cessé toute activité de prospection de l'uranium à la fin de 1994 et ses moyens opérationnels ont été affectés à d'autres projets.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

	Centre N°1
Dénomination du centre de production	URGEIRIÇA
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	1951
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	Bica, Castelejo, Quinta do Bispo Ibérique
Exploitation minière : • Type (CO/ST/in situ) • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	Lixiviation in situ et en tas
Installation de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	EI/ES
Capacité nominale de production (<i>tonnes d'U/an</i>)	170

Centres de production futurs

La capacité de production du projet Nisa, au sud du Portugal, initialement prévue à 160 t d'U par an, a été révisée en baisse et est désormais de 100 t d'U par an. Le démarrage de la production est tributaire de l'évolution des marchés internationaux de l'uranium. Les études de faisabilité et d'impact sur l'environnement sont en cours.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

L'ENU a maintenu une surveillance de plusieurs paramètres liés à l'environnement, tels que la qualité de l'air, les effluents miniers (eaux d'exhaure des mines souterraines et eaux de drainage de surface), et a procédé à la collecte d'échantillons de données sur le sol, les sédiments et la végétation en vue d'analyses complémentaires concernant les mines d'Urgeiriça, de Castelejo et de Cunha Baiza qui sont en cours de déclassement.

Chaque mine dispose de puits et de piézomètres. Les eaux de drainage souterraines et de surface sont analysées et évaluées au niveau de plusieurs postes de surveillance implantés en amont et en aval de chaque cours d'eau se trouvant à proximité des mines.

Les eaux souterraines sont surveillées sur une distance de 300 à 400 m au-delà du périmètre du bassin de retenue des résidus de l'usine d'Urgeiriça et les eaux rejetées sont de nouveau surveillées à une distance de 3 km en aval.

Dans le domaine de la radioprotection, plusieurs analyses ont été effectuées pour déceler toute trace de radioélément dans l'eau.

Plusieurs études ont été entreprises pour caractériser du point de vue géochimique et hydrochimique les effets négatifs que les déblais de déchets de la mine de Cunha Baixa (mine en cours de déclassement) et de la mine de Quinta do Bispo (lixiviation en tas) ont pu avoir sur l'environnement et pour établir des mesures en vue de les atténuer.

C'est ainsi que l'on prélève des échantillons d'alluvions et de sédiments en amont et en aval de chaque cours d'eau à proximité du site.

BESOINS EN URANIUM

À l'heure actuelle, il n'est pas prévu de besoins en uranium.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Les autorités nationales compétentes en matière de politiques nationales relatives à l'uranium sont le Secrétariat d'État à l'Énergie et la Direction générale de l'énergie. Toutes les activités d'extraction et de traitement sont confiées à l'Empresa Nacional de Uranio (ENU), entreprise entièrement d'État, désormais filiale de l'EDM, holding minier d'État. La prospection est libre et les concessions sont accordées par l'Instituto Geologico e Mineiro (IGM), conformément au droit minier portugais. Aux termes du Décret N°120/80, l'ENU dispose du droit exclusif de mener des activités d'extraction et de traitement à compter du 15 mai 1980.

• République slovaque •

RESSOURCES EN URANIUM

Il avait été procédé, avant la dissolution de la République tchèque et slovaque, à une évaluation du potentiel uranifère de toute la région qui allait devenir le territoire de la République slovaque. Sur la base des résultats de cette évaluation, il a été conclu que la République slovaque ne possède pas de ressources connues en uranium.

PRODUCTION D'URANIUM

Dans les années 60 et 70, de petites quantités de minerai d'uranium ont été extraites en Slovaquie orientale. Il a été mis fin à la production à cause de la faible teneur du minerai qui rendait l'exploitation économiquement non viable.

BESOINS EN URANIUM

La République slovaque possède une centrale nucléaire située à Bohunice. Cette centrale comprend quatre tranches en exploitation et quatre autres tranches en construction. Il s'agit de réacteurs du type VVER 440 d'une puissance nominale de 408 MWe nets chacun. Les besoins annuels en combustible s'élèvent à 14 tonnes d'uranium enrichi, soit 110 tonnes d'uranium naturel par tranche.

Quatre tranches supplémentaires de type VVER, d'une puissance de 388 MWe nets chacune, sont en construction à Mochovce. La date de mise en service de la première de ces quatre tranches est fixée au milieu de 1998.

Il est prévu que les deux premières tranches de la centrale de Bohunice demeureront en service jusqu'en 2001 ou 2002, date à laquelle débutera leur déclassement.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (MWe)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
1 588	1 588	2 364	1 592	3 140	1 592	3 140	1 592	2 368

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (*tonnes d'U*)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
440	770	495	330	660	330	660	330	495

STRATÉGIE EN MATIÈRE D'ACHAT ET D'APPROVISIONNEMENT

Jusqu'à présent, tout le combustible requis pour le parc nucléaire slovaque était acheté à l'étranger sous forme d'assemblages combustibles. Cette stratégie en matière d'achats devrait se poursuivre, bien que l'on étudie la possibilité de diversifier les sources d'approvisionnement.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Comme il n'y a pas de production d'uranium en République Slovaque, les assemblages combustibles sont achetés à la Fédération de Russie. L'arrangement contractuel actuel avec la Fédération de Russie est en vigueur jusqu'à la fin de 1997. Étant donné que l'approvisionnement en combustible est assuré, il n'est pas nécessaire de maintenir d'importants stocks stratégiques.

STOCKS D'URANIUM

À l'heure actuelle, un stock peu important d'assemblages combustibles est maintenu sur le site de la centrale nucléaire de Bohunice. Ce stock contient 28 t d'U enrichi, représentant environ 220 tonnes d'équivalent d'uranium naturel. Le gouvernement ne détient aucun stock d'uranium.

• République tchèque •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les activités de prospection de l'uranium en Tchécoslovaquie (RFTS), qui ont démarré en 1946, se sont rapidement développées en un programme à grande échelle venant étayer l'industrie d'extraction de l'uranium de ce pays. Un programme de prospection systématique, comprenant des levés géologiques, géophysiques et géochimiques et des travaux de recherche connexes, a été exécuté en vue d'évaluer le potentiel uranifère de l'ensemble du pays. Les zones renfermant un potentiel attesté ont été prospectées en détail au moyen de sondages et de travaux souterrains.

La prospection s'est poursuivie de façon systématique jusqu'à la fin de 1989, les dépenses annuelles qui lui ont été consacrées étant de l'ordre de 10 à 20 millions de dollars des États-Unis et les travaux de sondage représentant de 70 à 120 km chaque année.

En 1989, il a été décidé de réduire toutes les activités liées à l'uranium. En 1990, premier exercice faisant suite à cette décision, les dépenses sont tombées à environ 7 millions de dollars et ont continué de baisser pour n'être plus que de 660 000 dollars en 1992.

Les activités de prospection ont traditionnellement été axées sur les gisements de type filonien situés dans des complexes métamorphiques (Jáchymov, Horní Slavkov, Příbram, Zadní Chodov, Rozná, Olsí et autres gîtes), dans des granitoïdes (gisement de Vítkov) du Massif de Bohême, et autour des gisements renfermés dans des grès dans le nord et le nord-ouest de la Bohême (Hamr, Stráz, Grevniste, Osecná-Kotel, Hvezdov, Vnitrosudetská pánev, Hájek et autres gîtes).

Activités récentes et en cours

Aucune activité de prospection sur le terrain n'a été effectuée depuis le début de 1994. Les travaux ont été axés sur la préservation et le traitement des données de prospection précédemment recueillies.

Le traitement de ces données et l'établissement d'une base de données relatives à la prospection se poursuivront en 1997.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PRIVÉ (millions de couronnes)	0,5	1,2	0,5	0,7
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC (millions de couronnes)	12,5	6,2	5,0	6,0
DÉPENSES TOTALES (millions de couronnes)	13,5	7,4	5,5	6,7
(milliers de dollars des États-Unis)	486	282	201	244

RESSOURCES EN URANIUM

Historiquement, les ressources connues en uranium de la République tchèque se trouvaient renfermées dans 24 gisements, dont 20 ont été épuisés ou fermés. Sur les quatre gisements restants, deux sont en exploitation (Stráz et Rozná), et deux, Osecná-Kotel et Brzkov, renferment des ressources qui pourront être extraites à l'avenir.

On estime qu'il existe des ressources en uranium non découvertes dans les gîtes de Rozná, Brzkov et Hvezdov, ainsi que dans le bassin de Bohême septentrionale datant du Crétacé (massif de Stráz, massif de Tlustec et région d'Hermánský).

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les ressources connues en uranium au 1er janvier 1997 ont diminué de 1 478 t d'U par rapport à la précédente estimation.

La diminution des RRA découle essentiellement de la réévaluation du gisement de Hamr en liaison avec sa fermeture en 1995, ainsi que de l'épuisement des ressources dans les centres de production en service de Rozná et de Stráz. Les RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U ont diminué de 5 140 tonnes. Ce tonnage a été transféré dans la tranche de coût entre 80 et 130 \$/kg d'U. Les RRA récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, qui étaient de 31 210 t d'U à la fin de 1994, sont tombées à 30 220 t d'U au 1er janvier 1997, soit une chute de près de 1 000 t d'U.

Les RSE-I récupérables à un coût inférieur à 80 \$/kg d'U ont diminué légèrement, passant de 1 660 à 1 180 t d'U, tandis que dans la tranche de coût inférieure à 130 \$/kg d'U, le tonnage a baissé de 490 t pour s'établir à 18 960 t d'U au 1er janvier 1997.

Les ressources connues en uranium récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U sont tributaires à 81 pour cent des centres de production existants et à 29 pour cent du gisement de Brzkov.

Les ressources connues en uranium récupérables à des coûts compris entre 80 et 130 \$/kg d'U sont partiellement liées au gisement de Osecná-Kotel, dont les ressources sont estimées à un peu moins de 15 000 t d'U.

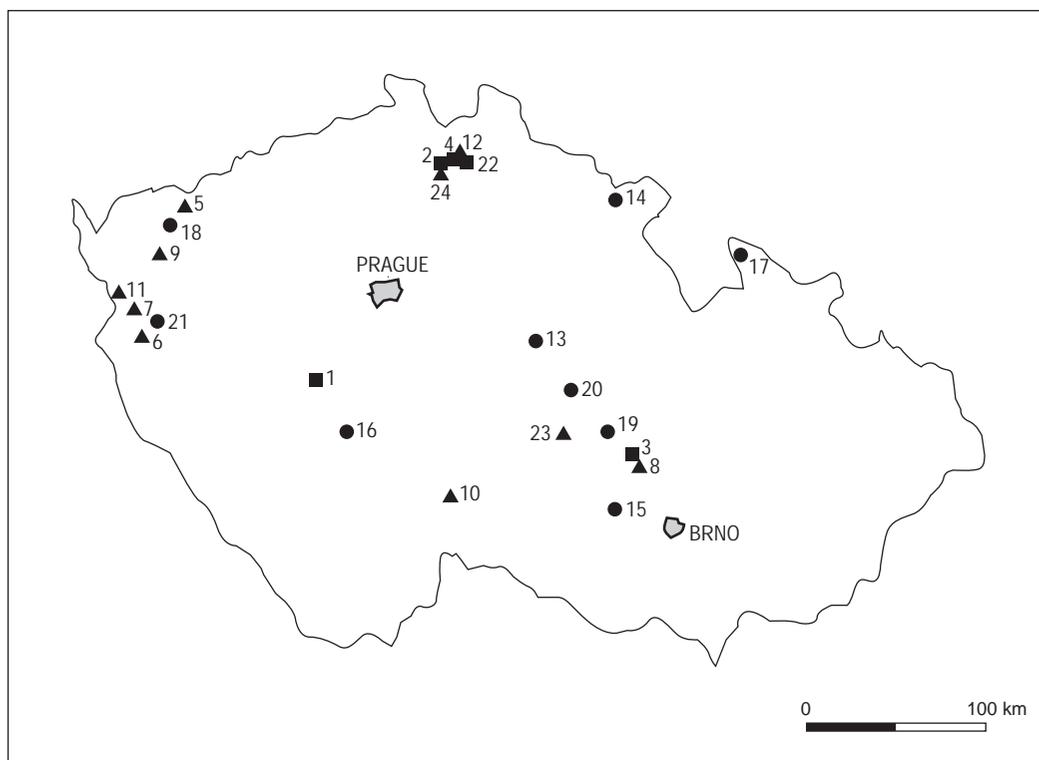
Il n'est signalé aucune nouvelle découverte par rapport aux ressources notifiées précédemment.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ESTIMÉES – 1^{er} janvier 1997*

(tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	6 630	30 220

Gisements d'uranium en République tchèque



N°	Deposit	Taille	État	Type	N°	Deposit	Taille	État	Type
1.	PříGram	G	V	H	13.	Licoměřice–Gřezinka	P	V	H
2.	Stráž *	G	T	S	14.	Vnitrosudetská pánev	P	V	S
3.	Rožná *	G	T	Z	15.	Jasenice	P	V	Z
4.	Hamr	G	V	S	16.	PředGorice	P	V	H
5.	Jáchymov	M	V	H	17.	Javorník–Zálesí	P	V	H
6.	Vítkov	M	V	M	18.	Hájek	P	V	S
7.	Zadní Chodov	M	V	Z	19.	Slavkovice–Petrovice	P	V	H
8.	Olší	M	V	Z	20.	ChotěGor	P	V	H
9.	Horní Slavkov	M	V	H	21.	Svatá Anna	P	V	H
10.	Okrouhlá Radouň	M	V	Z	22.	Osečná–Kotel	G	P	S
11.	Dyleň	M	V	Z	23.	Grzkov	M	P	S
12.	Gřevniště	M	V	S	24.	Hvězdov	M	P	S

Légende

Taille : ■ G > 10 000 t d'U
 ▲ M > 1 000 et < 10 000 t d'U
 ● P > 100 et < 1 000 t d'U

État : V = épuisé
 T = en exploitation
 P = exploitation prévue ou envisagée

Type : H = gisements filoniens (filons « classiques »)
 Z = gisements filoniens (« zones »)
 M = gisements filoniens (gisements métasomatiques)
 S = stratiformes du type lié aux grès

* Usine de traitement

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I – 1er janvier 1997*
(tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	1 180	18 960

* Les estimations se rapportent aux ressources exploitables. Des pertes en cours d'extraction de 4.5 pour cent ont été déduites dans le cas des ressources exploitées à l'aide de méthodes classiques. Les pertes en cours de traitement du minerai n'ont pas été prises en compte.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Aucune nouvelle zone propice à la découverte de ressources n'a été décelée au cours des deux dernières années.

Les RSE-II demeurent pratiquement les mêmes qu'au 1er janvier 1995 et sont liées aux gisements de Rozná, Brzkov et Hvezdov.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II – au 1er janvier 1997*
(tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	5 480	8 480

* S'agissant de ressources in situ.

En plus des RSE-II, les RS sont estimées à 179 000 t d'U sous forme de ressources in situ, sans spécification de tranche de coût. On estime qu'il existe des RS dans le massif de Stráz, le massif de Tlustec et la région d'Hermánsky, tous situés dans le bassin de Bohême septentrionale datant du Crétacé.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

Le développement de la production industrielle d'uranium en Tchécoslovaquie a débuté en 1946. Entre 1946 et la dissolution de l'Union soviétique, la totalité de l'uranium produit en Tchécoslovaquie a été exportée vers l'Union soviétique.

Au début, la production a été assurée à partir des mines de Jáchymov et de Slavkov, dont l'exploitation s'est achevée au milieu des années 60. Příbram, principal gisement de type filonien, a

été exploité au cours de la période 1950-1991. Les centres de production de Hamr, alimentés par des gisements de type gréseux, sont entrés en service en 1967. La production a culminé vers 1960 avec environ 3 000 t d'U par an, et elle s'est maintenue entre 2 500 et 3 000 t d'U par an de 1960 jusqu'en 1989-1990, date à partir de laquelle elle a commencé à décliner. De 1946 à 1996, une quantité cumulée de 104 748 t d'U a été produite dans la République tchèque. Cette production a été obtenue pour 86 pour cent à l'aide de procédés classiques d'extraction minière alors que le reste a été récupéré par lixiviation in situ.

On trouvera récapitulées dans le tableau suivant les statistiques de production d'uranium de 1992 à 1996, ainsi que les prévisions de production pour 1997.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenu dans des concentrés)

Méthode de production	Avant 1994	1994	1995	1996	Total avant 1997	1997 (Prévisions)
Exploitation classique :						
• à ciel ouvert	320	0	0	0	320	0
• en souterrain	89 083	306	300	298	89 987	300
Sous-total exploitation classique	89 083	306	300	298	90 307	300
Lixiviation in situ	13 600	235	298	300	14 433	290
Sous-produit	0	0	0	0	0	0
Autres méthodes	0	0	2	6	8	19
TOTAL	103 003	541	600	604	104 748	609

Capacité théorique de production

La capacité théorique de production des centres tchèques existants a diminué au cours des deux dernières années par suite de la fermeture de la mine de Hamr en 1995.

En mars 1996, le gouvernement de la République tchèque a décidé d'entreprendre le déclassement et la remise en état de la mine de Stráz exploitée par LIS, qui est située dans le bassin de Bohême septentrionale datant du Crétacé. Parallèlement à la remise en état du gisement, on continuera d'en extraire des quantités décroissantes d'uranium au cours des prochaines années. Outre le gisement de Stráz, il ne reste qu'une seule autre mine en exploitation à l'heure actuelle, à savoir la mine souterraine de Rožná située dans le complexe métamorphique de Moravie occidentale.

Structure de la propriété dans l'industrie de l'uranium

Toutes les activités liées à l'uranium, y compris la prospection et la production, ont été assurées par l'entreprise d'État Diamo, dont le siège se trouve à Stráz pod Ralskem. Il s'ensuit que l'intégralité de la production, s'élevant à 604 t d'U au total en 1996, était la propriété du gouvernement.

Effectifs de l'industrie de l'uranium

Vu l'arrêt des activités minières à la mine de Hamr, l'emploi direct dans l'industrie tchèque de l'uranium n'était plus que d'environ 3 600 travailleurs à la fin de 1996. Ces effectifs sont affectés à des activités liées à la production d'uranium, au déclassement et à la remise en état.

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	Prévisions 1997
5 400	4 500	3 600	3 000

Centres de production futurs

Conformément à la décision prise par le gouvernement, la production d'uranium se poursuivra à une cadence réduite. Selon le scénario actuel, la mine souterraine de Rozná maintiendra une production annuelle de 300 t d'U jusqu'en 1998. La mine de Stráz fournira par lixiviation in situ 300 t d'U par an au cours des prochaines années dans le cadre du programme de remise en état qui a débuté en 1996.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

Nom du centre de production	Dolní Rozínka (Rozná)	Stráz
Catégorie de centre de production	Existant	Existant
Stade d'exploitation	En service	En service
Date de mise en service	1957	1967
Source de minerai		
• Nom des gisements	Rozná	Stráz
• Type de gisement	Filonien	Grès
Exploitation minière :		
• Type	En souterrain	LIS
• Tonnage (tonnes de minerai/jour)	800	–
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	94,5	60 (estimation)
Installation de traitement :		
• Type	PAL/EI/BH	LIS/LA/EI
• Tonnage (tonnes de minerai/jour)	680	55 500 kl/j
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	94,4	–
Capacité nominale de production (<i>tonnes d'U/a</i>)	370	500

Un centre de production existant sur le gisement de Brzkov pourrait être remis en service. Ce gisement est de type filonien et renferme des ressources connues entrant dans la catégorie des RRA et des RSE-I. Il est situé dans la partie occidentale de la zone moldanubienne de la Moravie. La mine a été fermée, mais pourrait être rouverte au cas où la conjoncture serait plus favorable.

Une étude de préfaisabilité exécutée en 1996 a conclu que l'exploitation du gisement de Hvezdov, qui contient des RSE -II renfermées dans des grès dans le bassin datant du Crétacé de la Bohême septentrionale, ne serait pas économiquement rentable à court terme.

Capacité théorique de production à court terme

On trouvera indiquée dans le tableau suivant la capacité théorique de production jusqu'en 2015.

CAPACITÉ THÉORIQUE DE PRODUCTION À COURT TERME (tonnes d'U/an)

1997				1998				2000			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	680	680	0	0	680	680	0	0	680	680

2005				2010				2015			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	110	110	0	0	60	60	0	0	50	50

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

L'extraction et le traitement des minerais d'uranium dans la République tchèque ont eu d'importantes incidences sur l'environnement, dont seul un programme de remise en état à long terme permettra de venir à bout. Il se poursuivra pendant de nombreuses années après l'an 2000 et nécessitera des ressources financières considérables.

À l'heure actuelle, parallèlement avec la réduction constante de la production d'uranium, les activités de déclassement et de remise en état sont en passe de devenir le programme principal de l'entreprise d'État Diamo.

L'édition de 1995 du Livre rouge a présenté un examen exhaustif des incidences sur l'environnement imputables à l'extraction et au traitement de l'uranium.

Actuellement, les principales activités de déclassement et de remise en état qui sont en cours concernent les projets suivants :

1. Déclassement de la mine de Hamr

Le projet technique de déclassement a été approuvé. Les travaux sont menés en souterrain où l'on procède au remblayage des espaces excavés ; ce remblayage prendra fin en 2001.

2. *Déclassement de l'usine de traitement du minerai de Stráz*

À l'heure actuelle, le matériel technologique est en cours de déclassement et les bâtiments de l'usine de traitement seront décontaminés. On prévoit qu'il sera possible d'autoriser la réutilisation des bâtiments décontaminés à d'autres fins.

3. *Remise en état des bassins de retenue de résidus de Stráz*

Les mesures de remise en état ont été définies. Parallèlement à d'autres mesures, il est envisagé de commencer par éliminer l'eau libre, puis de transférer dans le bassin de la phase I les résidus déposés dans le bassin de retenue de la phase II et les matériaux de ses barrages contaminés.

4. *Remise en état de la mine de Stráz exploitée par LIS*

Dans le cas de ce gisement qui a été exploité par LIS, la remise en état a pour objectif de diminuer progressivement la teneur en matières dissoutes des eaux souterraines des aquifères datant du Cénomaniens et du Turonien et d'intégrer progressivement les champs d'épandage dans les écosystèmes, compte tenu de la stabilité écologique des systèmes régionaux.

Le 1er mai 1996 a débuté la phase préparatoire de la remise en état, qui exige l'évaporation de quelque 6,5 m³ par minute de distillat déversé dans le cours d'eau en surface. L'installation d'évaporation est entrée en service en octobre 1996.

5. *Déclassement de la mine d'Olší*

Les travaux en cours comprennent la restauration du couvert végétal des bassins de retenue et de la zone occupée par l'installation, ainsi que la poursuite du traitement des eaux d'exhaure.

6. *Déclassement de la mine de Jasenice-Pucov*

La restauration du couvert végétal est achevée. Seul le traitement des eaux d'exhaure se poursuit sur ce site, comportant l'élimination de l'uranium et du radium.

7. *Déclassement de la mine de Licomerice-Brezinka*

À l'heure actuelle, il est projeté d'entreprendre des travaux de restauration du couvert végétal. Sur ce site, les eaux d'exhaure sont traitées en vue d'éliminer l'uranium, le radium, le fer et le manganèse. Une particularité de ce site est la poursuite de la lixiviation biologique dans le puits.

8. *Remise en état du bassin de retenue des résidus à Příbram*

Les activités de remise en état sont entreprises pour éviter des débits de dose gamma plus élevés à la surface et la formation de poussières.

9. *Restauration du couvert végétal et traitement des eaux d'exhaure à Zadní Chodov et Okrouhlá Radoun*

La restauration du couvert végétal de la décharge de stériles est en cours, de même que le pompage et le traitement des eaux d'exhaure pour en éliminer les radionucléides.

10. *Construction de la station d'épuration des eaux d'exhaure à Horní Slavkov*

Il s'agit de l'une des principales mesures de remise en état entreprise par l'entreprise Diamo. La nécessité de construire cette installation au vu de l'inventaire des dégradations passées. Les eaux seront décontaminées afin d'en éliminer les radionucléides, le fer, le manganèse et certains autres éléments. Les eaux traitées seront celles provenant des puits de mine abandonnés de Horní Slavkov.

11. *Remise en culture des bassins de retenue des résidus de l'usine de traitement des minerais de MAPE à Mydlovary*

Il s'agit de l'un des projets de remise en état les plus complets entrepris par l'entreprise Diamo, dont la durée est estimée à plusieurs décennies. À l'heure actuelle, une étude est en cours pour choisir le mode optimal de remise en état. Parallèlement, plusieurs options sont aussi évaluées dans le cadre de projets pilotes. Les eaux d'infiltrations dans la zone des bassins de retenue sont traitées à une cadence de 6 à 7 m³ par heure.

Capacité théorique de production à long terme

Les deux centres de production existants et en service de Rožná et de Stráž auront épuisé leurs ressources respectivement vers 2003 et un peu avant 2020.

Le centre de production qui est prévu à Brzokv verrait en principe ses ressources épuisées avant 2010. Dans l'hypothèse de conditions commerciales et politiques favorables, deux centres de production envisagés supplémentaires pourraient être mis en exploitation à une date se situant après 2010. Il s'agit des gisements de Hvezdov et d'Osecná-Kotel, tous deux associés au bassin sédimentaire datant du Crétacé de la Bohême septentrionale.

BESOINS EN URANIUM

La société anonyme « CEZ, a.s. » exploite la centrale nucléaire de Dukovany. Depuis 1985, elle fournit de l'électricité en base pour la République tchèque. À l'heure actuelle, les besoins annuels en uranium des quatre tranches de 408 MWe sont compris entre 335 et 380 t d'U. Les besoins totaux en uranium atteindront environ 700 t d'U par an lorsque les deux tranches de 942 MWe de la centrale nucléaire de Temelin seront mises en service. Les plans récents prévoient le démarrage de la tranche 1 en avril 1999 et de la tranche 2 au cours du second semestre de l'an 2000.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (*MWe nets*)

1996	1997	2000	2005	2010	2015
			Hypothèse la plus probable	Hypothèse la plus probable	Hypothèse la plus probable
1 632	1 632	2 604	3 516	3 516	3 516

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES RÉACTEURS (*tonnes d'U*)

1996	1997	2000	2005	2010	2015
			Hypothèse la plus probable	Hypothèse la plus probable	Hypothèse la plus probable
370	370	525	700	700	700

STRATÉGIE D'APPROVISIONNEMENT ET D'ACHAT

La société CEZ, a.s., seul consommateur d'uranium dans la République tchèque, pourrait tableer exclusivement sur l'offre nationale d'uranium d'ici à l'an 2000. Cela est conforme à la politique du gouvernement relative aux matières premières qui limite les importations d'uranium. Néanmoins, la CEZ a l'intention de diversifier ses approvisionnements en uranium par des achats auprès de fournisseurs étrangers mais aussi des stocks détenus par le gouvernement.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

L'entreprise Diamo détient le droit exclusif de procéder à la prospection, à l'extraction et au traitement du minerai d'uranium. Il est prévu de poursuivre la production sur les deux sites des mines de Stráz (dans le cadre du programme de déclassement et de remise en état) et de Rožná, qui renferment encore des ressources suffisantes pour plusieurs années de production. La stratégie adoptée vise à parvenir à un équilibre entre la production d'uranium et les besoins en uranium des réacteurs.

STOCKS D'URANIUM

Des stocks sous forme d'uranium naturel sont détenus par le gouvernement (plus de 2 000 t d'U) de même que par l'entreprise Diamo (700 t d'U).

PRIX DE L'URANIUM

L'uranium est fourni à la société CEZ à des prix établis sur la base des coûts, abstraction faite des conditions du marché.

• Roumanie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique¹

La prospection de l'uranium en Roumanie a débuté au cours des années 50, époque à laquelle a été conclu un accord bilatéral entre les Gouvernements de la Roumanie et de l'URSS (créant la co-entreprise soviéto-roumaine SOVROM-CUARTIT). Une série de levés radiométriques a alors été exécutée en vue de localiser des indices d'uranium d'intérêt industriel.

Plusieurs indices d'uranium ont été découverts en 1952. Le gisement de Bihor (gisement tabulaire de grès comportant une minéralisation de pechblende et de chalcopyrite) et le gisement d'Avram Iancu (minéralisation de type filonien dans des schistes, constituée de pechblende, associée à des sulfo-arséniures de nickel et de cobalt, et de minéraux de cuivre, de plomb et de zinc) ont été découverts dans les Monts Apueni. Dans les monts du Banat, on a localisé le gisement de Ciudanovita, puis ceux de Dobrei et de Natra (formations tabulaires de grès renfermant une minéralisation de pechblende bitumineuse). Il a alors été établi que les gisements d'uranium étaient d'origine endogène et qu'ils se trouvaient dans des formations datant du Permien (Bihor, Ciudanovita) ou dans des roches cristallines (Avram Iancu). Il a été procédé à des levés radiométriques aéroportés du rayonnement gamma portant sur la majeure partie de la chaîne des Carpates.

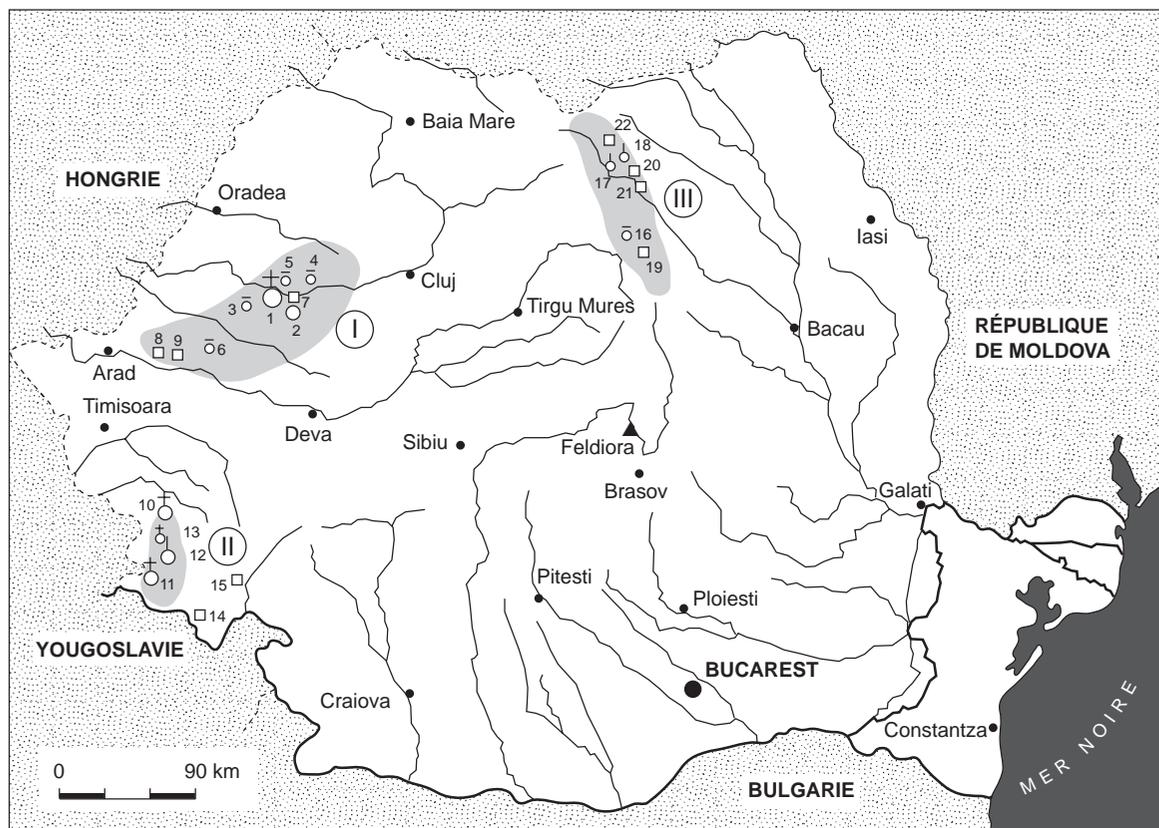
Les résultats de ces travaux montrent que les Monts Apueni, comme ceux du Banat occidental, constituent des zones d'intérêt très prometteuses pour l'uranium, alors que dans les Carpates orientales et centrales le potentiel est faible. Des anomalies radioactives uranifères présentant un potentiel économique indéterminé ont été décelées à Dobrogea dans les Carpates centrales et dans les monts de Poiana Rusca. Dans le gîte de Gradistea de Munte, l'uranium est présent en tant que minerai secondaire à côté de minerais de terres rares, de molybdène et de thorium.

Dans une première phase, entre 1951 et 1957, diverses méthodes de prospection ont été utilisées, notamment des levés radiométriques aéroportés et terrestres ainsi que des mesures émanométriques du radon.

Peu de travaux supplémentaires de prospection ont ensuite été effectués jusqu'à la période 1961-1962, pendant laquelle a démarré l'étude des Carpates orientales. La découverte des gisements de Crucea, Botusana et Tulghes date de cette époque. Ces gisements, qui consistent en une minéralisation de pechblende de type filonien, se trouvent dans des schistes argileux métamorphisés. Le gisement tabulaire de Padis a également été découvert au cours de cette période dans les Monts Apuseni. Il est constitué par de la pechblende et d'autres minéralisations d'uranium renfermées dans des grès datant du Permien.

1. On trouvera dans l'édition de 1993 du Livre rouge des informations supplémentaires à ce sujet.

Gisements d'uranium en Roumanie



I. MONTS APUSENI

Gisements

1. Baita Bihor
2. Avram Iancu
3. Ranusa
4. Rachitele
5. Budureasa
6. Paiuseni

Indices

7. Arieseni
8. Milova
9. Conop

II. MONTS DU BANAT

Gisements

10. Ciudanovita
11. Natra
12. Dobrei Sud
13. Dobrei Nord

Indices

14. Ilisova
15. Mehadia

III. CARPATES ORIENTALES

Gisements

16. Tulghes
17. Crucea
18. Botusana

Indices

19. Bicazul Ardelean
20. Piriul Lesu
21. Holdita
22. Hojda

▲ Usine de traitement d'uranium de Feldiora

● Provinces uranifères

Ⓘ Carpates occidentales

Ⓙ Monts du Banat

Ⓚ Carpates orientales

○ Grands gisements : > 20 000 t métal

○ Gisements moyens : 5 000–20 000 t métal

○ Petits gisements : < 5 000 t métal

⊕ Gisements épuisés

○ Gisements en exploitation

○ Gisements en cours de prospection

□ Minéralisation en cours de prospection

Au cours de la même période, l'exploration du gisement de Ranusa a été entreprise. Cette minéralisation de molybdène et d'uranium se présente sous forme d'un indice tabulaire dans des rhyolites métamorphisées. On a aussi découvert le gisement de Milova, qui revêt la forme d'un filon minéralisé dans des granites d'âge hercynien, et le gisement tabulaire d'Arieseni renfermé dans des grès datant du Permien.

La production minière a débuté en 1952 à Bihor et à Ciudanovita, en 1962 à Avram Iancu, et en 1983, à Crucea et Botusana. D'autres gisements, notamment ceux de Tulghes, Ranusa, Padis, Arieseni, et Milova ont fait l'objet d'une exploration détaillée en vue d'en déterminer le potentiel complet.

À l'exception des gisements des monts du Banat, pour lesquels on a utilisé l'exploitation à ciel ouvert, on a eu recours à des techniques d'extraction en souterrain pour tous les gisements qui ont été exploités. Depuis 1978, les minerais extraits ont été en totalité traités dans l'usine de Feldiora.

Activités récentes et en cours

L'importance des travaux projetés pour 1997 est réduite par suite de restrictions budgétaires.

En Roumanie, toutes les activités liées à l'uranium sont menées par des entreprises d'État. Il n'est pas entrepris de travaux de prospection à l'étranger.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC				
<i>(milliers de lei)</i>	4 707 000	4 707 000	5 361 000	9 500 000
<i>(milliers de dollars des États-Unis)</i>	2 998	2 448	1 861	2 423
Sondages superficiels exécutés par le secteur public <i>(mètres)</i>	6 485	15 850	9 285	11 000

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Il est fait état de 18 000 t d'U au total ayant une teneur moyenne de 0,11 pour cent d'U. Ce chiffre comprend 6 900 t d'U entrant dans la catégorie des RRA récupérables à un coût inférieur ou égal à 130 \$/kg d'U. Il n'est pas fait état de ressources entrant dans des tranches de coût inférieur. Les RSE-I représentent 8 950 t d'U récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U. Au total, les RRA et les RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U s'élèvent à 15 850 t d'U.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	0	6 900

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	0	8 950

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Il est fait état de ressources non découvertes représentant 4 970 t d'U au total. Ce chiffre comprend 1 970 t d'U entrant dans la catégorie des RSE-II récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, et 3 000 t d'U entrant dans la catégorie des RS dans la même tranche de coût.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	0	1 970

RESSOURCES SPÉCULATIVES (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	Non spécifiée	< 130 \$/kg d'U
0	0	3 000

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

De 1950 à 1960, toutes les activités relatives à l'uranium ont été menées par la co-entreprise soviéto-roumaine SOVROM-CUARTIT. La production d'uranium a démarré en Roumanie en 1952.

Au cours de la période allant de 1952 à 1961, toute la production d'uranium a été entreprise pour le compte de l'Union Soviétique. Comme il n'existait pas d'usine de traitement du minerai en Roumanie, le minerai était expédié à l'étranger pour traitement. Le concentré d'uranium était ensuite acheminé en Union Soviétique.

Le gisement de Baita-Bihor, qui renferme un minerai à forte teneur (1,13 à 1,26 pour cent d'uranium en moyenne), a été le premier à être mis en exploitation en 1952. L'exploitation minière a commencé avant même que le gisement n'ait été entièrement évalué. Le minerai a été trié puis expédié à l'usine de traitement du minerai de Sillimäe, en Estonie. Le gisement de Baita-Bihor est maintenant épuisé.

En 1961, la co-entreprise soviéto-roumaine a été dissoute et toute la production d'uranium a été arrêtée. De 1956 à 1977, les minerais d'uranium extraits ont, en totalité, été stockés sur le carreau des mines. La production de concentré d'uranium a repris en 1978, lorsque l'usine hydrométallurgique de Feldiora est devenue opérationnelle. L'usine de Feldiora est située à 21 km au nord de Brasov en Roumanie centrale. Une partie de la production obtenue a été envoyée, sous forme de diuranate d'uranium et de sodium, à l'usine de fabrication de combustible nucléaire de la FCN à Pitesti.

Le gisement de Ciudanovita a été exploité par des méthodes d'extraction souterraine de 1956 jusqu'à l'épuisement des ressources janvier 1993. Les gisements de Dobrei Nord et de Natra, situés dans le même district, ont également été exploités et sont maintenant considérés épuisés. En 1980, a démarré l'exploitation d'un gisement se trouvant dans le district des Carpates orientales.

En 1985, la ligne de production de l'usine de Feldiora a été agrandie de manière à inclure une section de raffinage capable de produire du dioxyde d'uranium ; ce dernier sert à la fabrication du combustible destiné aux réacteurs de type CANDU, à Cernavoda.

État de la capacité théorique de production

À l'heure actuelle, trois exploitations minières sont en service : Banat, Bihor et Crucea. L'usine hydrométallurgique de Feldiora utilise un circuit de lixiviation sous pression en milieu alcalin, avec récupération par échange d'ions afin de produire du diuranate de sodium. Ce produit subit ensuite un traitement complémentaire à l'usine en vue de la production d'une poudre de dioxyde d'uranium, qui permet d'obtenir par frittage des pastilles de combustible. Ce procédé est mis en œuvre dans l'atelier « R » de l'usine de Feldiora.

Une seconde unité de production était projetée à l'usine de Feldiora. La construction en était presque à moitié achevée lorsque le projet a été suspendu faute de fonds. L'achèvement de cette installation porterait la capacité à 600 t d'U sous forme de concentré de dioxyde d'uranium.

L'aménagement projeté d'une mine sur le gisement de Tulghes a également été suspendu.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

En Roumanie, les activités de prospection, de recherche, d'exploitation et de traitement concernant l'uranium sont exclusivement menées par l'État.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

Nom du centre de production	Usine de Feldiora, alimentée par 3 mines
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	1978
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	Gisements de Banat, Bihor et Crucea Hydrothermaux
Exploitation minière : • Type • Tonnage (tonnes de minerai/an) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	(Trois mines) En souterrain 150 000 80
Installation de traitement : • Type • Tonnage (tonnes de minerai/an) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	Feldiora LPAL/EI 150 000 80
Capacité nominale de production (<i>tonnes d'U/an</i>)	300
Projets d'agrandissement (<i>tonnes d'U/an</i>)	150

Emploi dans le secteur de l'uranium

EFFECTIFS DES CENTRES DE PRODUCTION EXISTANTS (*personnes-ans*)

1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
6 500	6 000	5 000	4 550

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

L'industrie roumaine de l'uranium a instauré un programme systématique de protection de l'environnement. Parmi les sources potentielles d'incidences sur l'environnement au cours des activités de prospection, d'exploitation et de traitement de l'uranium figurent :

- les effluents issus de l'extraction minière et du traitement, qui contiennent des éléments radioactifs naturels en concentration dépassant la limite maximale admissible ;
- les stériles provenant des activités minières ;

- le minerai à faible teneur en uranium (0,02 à 0,05 pour cent) qui n'est pas traité pour le moment, mais stocké sur le carreau de la mine ;
- les résidus issus des activités de traitement, qui sont entreposés dans des bassins de séchage à l'usine de Feldiora ; et
- les déchets de métaux et de bois contaminés par la radioactivité au cours de l'exploitation et du traitement des minéraux radioactifs.

Les installations et le matériel nécessaires pour prévenir la contamination de l'environnement comprennent :

- la construction et l'agrandissement des stations d'épuration des eaux afin de traiter les effluents sur les sites des gisements des Carpates orientales, des Monts Apueni et des Monts du Banat ;
- l'augmentation de la capacité des bassins de retenue des résidus ;
- le traitement et la fermeture des zones de stockage du minerai dans diverses mines ; et
- la stabilisation à long terme, la remise en état et la restauration du couvert végétal des décharges de résidus et des zones alentour.

Les activités générales suivantes sont prévues :

- la remise en état de l'ensemble du parc de wagons de chemin de fer ;
- l'installation d'un système de ventilation muni de filtres à l'usine de traitement et dans les postes d'expédition du minerai ; et
- la mise en place de systèmes de surveillance de l'environnement sur tous les sites et dans toutes les installations de production d'uranium.

BESOINS EN URANIUM

Sur la base des besoins connus en uranium de la centrale nucléaire de Cernavoda, la fourniture du combustible requis ne devrait soulever aucun problème.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE JUSQU'EN 2015 (MWe)

1996	1997	1998	2000	2005		2010		2015	
				Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
650	650	650	650	1 950	1 950	2 560	3 250	3 250	3 250

BESOINS ANNUELS DES CENTRALES NUCLÉAIRES JUSQU'EN 2015 (tonnes d'U)

1996	1997	2000	2005		2010		2015	
			Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
100	100	100	300	300	400	500	500	500

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

Le Ministère de l'énergie électrique fait procéder à la construction de cinq réacteurs de type RELP (CANDU) sur le site de Cernavoda. La construction de ces cinq tranches a débuté entre 1980 et 1986. La puissance nucléaire installée de chacune de ces tranches sera de 650 MWe nets. La première tranche de la centrale nucléaire de Cernavoda a été couplée au réseau et est entrée en exploitation commerciale en 1996. La mise en service de la deuxième tranche est programmée pour 2001.

La construction des trois autres tranches de Cernavoda dépendra de l'intérêt manifesté par les investisseurs étrangers, de la disponibilité de l'eau lourde nécessaire pour ces tranches et des besoins en électricité de la Roumanie.

La stratégie en matière d'approvisionnement en combustible sera élaborée parallèlement aux plans de construction et de mise en service des cinq tranches de la centrale nucléaire de Cernavoda.

STOCKS D'URANIUM

La Roumanie ne conserve pas de stock d'uranium.

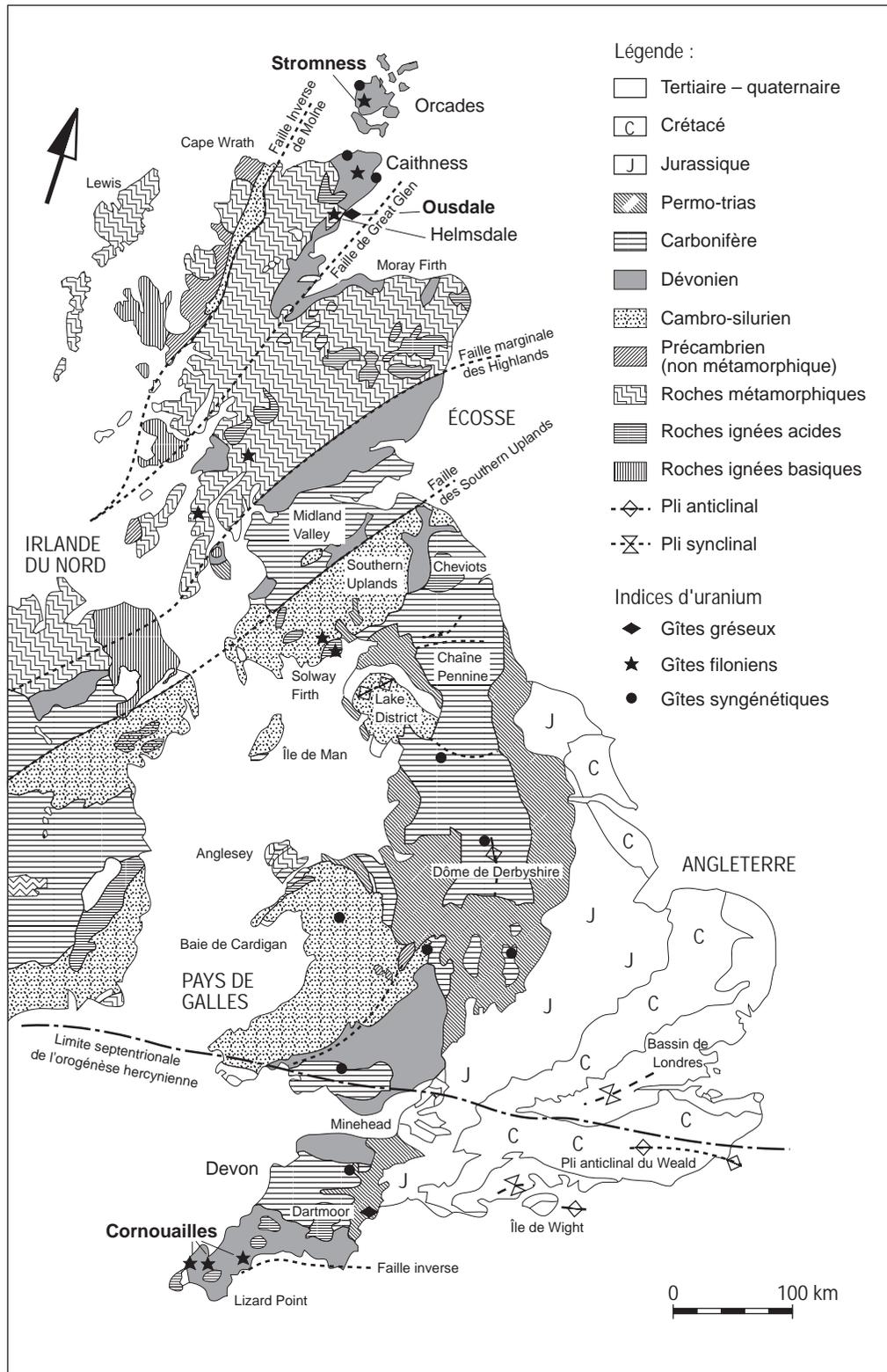
• Royaume-Uni •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Activités récentes et en cours

Des travaux de prospection systématique fait dans le passé ont établi qu'il n'existe pas de réserves connues notables d'uranium au Royaume-Uni. Depuis 1983, il a été mis fin à toutes les activités de prospection sur le territoire national. À l'étranger, ces activités sont menées par des sociétés privées opérant par l'intermédiaire de filiales ou d'organismes affiliés autonomes installés dans le pays concerné (membres du groupe RTZ, par exemple). Le secteur privé n'a fait état d'aucune dépense de prospection sur le territoire national de 1988 à la fin de 1996, et il n'y a pas eu de dépenses du secteur public pour des travaux de prospection menés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du Royaume-Uni.

Indices d'uranium au Royaume-Uni



RESSOURCES EN URANIUM

Bien que des quantités minimales d'uranium aient été extraites en Cornouailles comme activité accessoire à l'extraction de l'étain au 19^{ème} siècle, aucun gisement d'uranium n'a été localisé au Royaume-Uni. On estime néanmoins que deux districts, la région minière métallifère du sud-ouest de l'Angleterre et le nord de l'Écosse, renferment certaines ressources en uranium. Il convient de se reporter à l'édition de 1989 du Livre rouge pour de plus amples informations sur les ressources en uranium du Royaume-Uni. Aucune réévaluation géologique des ressources en uranium du Royaume-Uni n'a été réalisée depuis 1980 et aucune découverte notable n'a été enregistrée depuis cette date. Les Ressources Raisonnablement Assurées (RRA) et les Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie I (RSE-I) sont pour l'essentiel inexistantes. Il existe de petites quantités in situ relevant des Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie II (RSE-II) et des Ressources Spéculatives (RS).

PRODUCTION D'URANIUM

État de la capacité théorique de production

Le Royaume-Uni ne produit pas d'uranium et n'est guère susceptible de devenir un exportateur d'uranium dans un avenir prévisible.

État de la capacité de production de services du cycle du combustible

L'usine de retraitement Thorp (Usine de retraitement du combustible sous forme d'oxyde pour réacteurs thermiques) de la société BNFL s'apprête à fonctionner à pleine capacité, passant du stade de la mise en service à celui de l'exploitation à pleine capacité. Toutes les parties de l'usine ont été testées dans des conditions d'exploitation en actif et tous les principaux types de combustible ont été retraités. BNFL a demandé le 18 décembre 1996 l'autorisation finale d'exploitation.

Jouxant l'usine Thorp, la construction de l'Usine MOX de Sellafield, qui assurera la fabrication de combustible à partir de l'uranium et du plutonium recyclés, progresse normalement et devrait être achevée avant la fin de 1997. Les travaux de construction et de génie civil sont terminés et la mise en place des principaux éléments de l'usine est en cours.

La société Urenco, qui est l'organisme implanté au Royaume-Uni offrant des services d'enrichissement par ultracentrifugation depuis 1975, a fourni en 1996 sa 30 millionième UTS. Afin de satisfaire des commandes dont le volume augmente, Urenco est en train d'accroître la capacité de son usine de Carpenhurst, qui une fois les travaux achevés devrait être supérieure d'environ 30 pour cent à la capacité actuelle. L'achèvement de la première phase des travaux d'agrandissement est programmé pour la fin de 1997, la mise en place complète devant intervenir au début de 1999.

Considérations relatives à l'environnement

L'enquête publique portant sur la demande introduite par la société NIREX en vue de construire une installation souterraine de caractérisation des roches s'est terminée en février 1996. La réalisation de l'installation aurait constitué l'étape suivante de l'étude de la NIREX en vue de déterminer la

validité d'un site contiguë aux installations de la BNFL de Sellafield pour son projet de dépôt à grande profondeur destiné à des déchets radioactifs de faible et de moyenne activité. Cependant, en mars 1997, le Secrétaire d'État à l'Environnement de l'époque a annoncé que le permis de construire l'installation sur le site contiguë à Sellafield ne serait pas accordé. La situation est actuellement à l'étude.

BESOINS EN URANIUM

À la fin de 1996, les 35 réacteurs en exploitation au Royaume-Uni représentaient une puissance installée totale nette de 12 800 MWe. En 1996, ces réacteurs ont produit près de 86 TWh d'électricité, soit 6 pour cent de plus qu'en 1995 et un peu plus du quart de l'énergie électrique totale consommée au Royaume-Uni.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

L'étude de l'industrie nucléaire entreprise par le Gouvernement et intitulée *The Prospects for Nuclear Energy in the United Kingdom* (Les Perspectives de l'énergie nucléaire au Royaume-Uni), qui a été publiée en mai 1995, concluait notamment que les réacteurs avancés refroidis au gaz (AGR) et les réacteurs à eau sous pression (REP) du Royaume-Uni devraient être transférés au secteur privé en 1996. Elle concluait aussi que les centrales équipées de réacteurs Magnox devaient demeurer dans le secteur public.

L'industrie électronucléaire a été officiellement restructurée le 31 mars 1996 en vue de sa privatisation. Une société holding, la British Energy plc (BE) et deux filiales ont été créées. Ces deux filiales sont, d'une part, la Nuclear Electric Ltd. qui exploite le REP et les cinq tranches RARG en Angleterre et au pays de Galles, et d'autre part, la Scottish Nuclear Ltd. qui exploite les deux tranches RARG en Ecosse.

Les six tranches Magnox, qui demeurent la propriété du secteur public, sont exploitées par la société Magnox Electric plc, laquelle est en train de déclasser trois autres tranches qui ont atteint la fin de leur durée de vie utile. L'étude du Gouvernement sur l'industrie nucléaire proposait d'intégrer en fin de compte la société Magnox Electric plc à BNFL, et les travaux à cet effet se poursuivent.

En septembre 1996, le Gouvernement a réalisé la privatisation de la société AEA Technology plc, qui était l'ancienne branche commerciale de l'Autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni (*United Kingdom Atomic Energy Authority – UKAEA*). A la suite de cette privatisation, la propriété et la responsabilité de la gestion des charges financières futures de l'UKAEA, ainsi que certaines autres fonctions qui sont davantage du ressort du Gouvernement, notamment la recherche sur la fusion, continuent de relever du secteur public.

Depuis avril 1996, BNFL assume la responsabilité des achats de Scottish Nuclear Ltd. La société BNFL Uranium Asset Management Company Ltd (UAM) a été établie pour administrer et développer une série d'initiatives commerciales dans le domaine de l'uranium pour le compte de la BNFL, notamment pour se charger des achats au nom de Scottish Nuclear et de BNFL. L'UAM est une filiale à 100 pour cent de la BNFL. Il continuera d'incomber à la Nuclear Electric Ltd de prendre ses propres dispositions en matière d'achats d'uranium.

La stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement continue à s'appuyer sur l'utilisation des stocks excédentaires, s'il en existe, et à chercher à diversifier les sources d'approvisionnement tout en maintenant les coûts d'approvisionnement aussi bas que possible.

Le gouvernement actuel, qui a été élu en mai 1997, avait inclus dans son programme une déclaration sur l'énergie nucléaire stipulant qu'il ne voyait pas de raison économique pour construire de nouvelles centrales nucléaires actuellement, ni de justification à l'utilisation des fonds publics pour ce faire. La construction de nouvelles centrales nucléaires demeure envisageable mais il reviendra au secteur privé d'en décider sur la base de considérations commerciales.

POLITIQUES RELATIVES À L'URANIUM

Aucun changement de politique concernant l'uranium n'a été signalé par le Royaume-Uni. En ce qui concerne la politique actuelle relative à la participation de sociétés privées et étrangères, la Loi de 1946 sur l'énergie atomique [*Atomic Energy Act 1946*] du Royaume-Uni confère au Secrétaire d'État au Commerce et à l'Industrie des pouvoirs étendus s'agissant des ressources en uranium du Royaume-Uni, en particulier ceux d'obtenir des informations (Article 4), d'acquérir des droits d'exploiter des minerais sans indemnisation (Article 7), d'acquérir l'uranium extrait au Royaume-Uni moyennant le versement d'une indemnisation (Article 8), et d'introduire une procédure d'autorisation en vue de contrôler ou de réglementer l'exploitation de l'uranium (Article 12A).

Il n'y a pas de politique particulière relative aux restrictions imposées à la participation d'intérêts étrangers et privés à la prospection, à la production, à la commercialisation et aux achats d'uranium au Royaume-Uni, ni aux activités de prospection menées dans des pays étrangers. Il n'y a pas de politique nationale en matière de stocks au Royaume-Uni. Les compagnies d'électricité sont libres de définir leur propre politique.

Les exportations d'uranium sont régies par l'Arrêté de 1970 sur l'exportation de marchandises (contrôle) [*Export of Goods (Control) Order 1970*] (SI N°1288), modifié, pris en application de la Loi de 1939 sur les pouvoirs en matière d'importation, d'exportation et de douane (défense) [*Import, Export and Customs Powers (Defence) Act 1939*].

STOCKS D'URANIUM

Comme il est indiqué plus haut, 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.

PRIX DE L'URANIUM

Au Royaume-Uni, les prix de l'uranium sont confidentiels pour des raisons commerciales.

• Fédération de Russie •

Introduction

C'est la première fois que la Fédération de Russie fournit un rapport officiel comportant une description complète de ses ressources et de ses activités de production d'uranium.

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

En Russie, l'uranium fait l'objet d'activités de prospection depuis 1944. Il est fait appel à toute la panoplie des méthodes géologiques, géophysiques et géochimiques pour prospector, explorer et délimiter les corps minéralisés. On a déjà découvert et délimité une dizaine de districts uranifères dans la partie orientale de la Sibérie. En outre, quatre districts ont été découverts dans la partie européenne de la Russie. Quatre des districts de Sibérie (ceux du Trans-Oural, de Sibérie occidentale, de Vitimskiy et de Streltsovsk) renferment des ressources en uranium récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. Les districts européens comprennent ceux de Stavropol, du lac Onega, du lac Ladoga et d'Ergeninsk. Le gisement de Stavropol a été exploité jusqu'à épuisement total et la production a cessé. Les autres gisements renferment des ressources en uranium récupérables à des coûts supérieurs à 80 \$/kg d'U.

Activités récentes et en cours

En 1995 et 1996, toutes les activités de reconnaissance et de prospection ont eu lieu dans les régions de Kalmoukie, de Streltsovsk, du Lac Ladoga, du Trans-Oural, de Sibérie occidentale et d'Extrême-Orient. En 1997, il était prévu de consacrer des travaux d'exploration aux gisements du Trans-Oural, de Sibérie occidentale et de Vitimskiy. De nouveaux projets de production faisant appel à la technologie de la lixiviation in situ sont prévus pour ces gisements.

Les dépenses annuelles de prospection de l'uranium ont été comprises entre 4,197 et 5,581 millions de dollars entre 1994 et 1996. Elles devraient plus que doubler pour atteindre environ 11 300 millions de dollars en 1997. Le programme de prospection a comporté le forage de 235, 485 et 240 trous respectivement en 1994, 1995 et 1996. Au cours de ces trois années, la longueur totale des forages a atteint respectivement 31 681, 62 000 et 29 000 mètres. En 1997, il était prévu de forer 485 trous de sondage représentant une longueur totale de 62 000 mètres.

Toutes les activités de prospection de l'uranium sont menées par des organismes publics. Aucune dépense de prospection de l'uranium n'a été engagée hors du territoire russe au cours de la période 1994-1997.

DÉPENSES DE PROSPECTION ET ACTIVITÉS DE FORAGE DU SECTEUR PUBLIC

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
Dépenses du secteur public (milliers de roubles)	7 575 555	28 352 000	21 400 000	62 300 000
Dépenses du secteur public (milliers de dollars des États-Unis)	4 197	5 581	4 271	11 307
Sondage superficiels exécutés par le secteur public (mètres)	31 681	62 000	29 000	62 000
Nombre de trous de sondage forés par le secteur public	235	485	240	485

RESSOURCES EN URANIUM¹

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Il existe dans la Fédération de Russie un district de production d'uranium situé près de Krasnokamensk, dans la région de Tchita. Ce district comprend les gisements de Streltsovsk de type volcanique². Près de 3 000 t d'U ont été extraites à partir de ces ressources entre 1994 et 1996. Les activités de prospection menées dans la région ont abouti à la découverte de quelques ressources supplémentaires. La production a été assurée à partir des ressources récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U. Les ressources restantes entrent pour la plupart dans la tranche de coût compris entre 80 et 130 \$/kg d'U.

La prospection du gisement de Dolmatovo, situé dans le Trans-Oural, a été achevée. On a établi que ce gisement renferme au total 10 200 t d'U entrant dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U³.

D'autres RRA et des RSE-I représentant environ 52 600 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U ont été localisées dans la région de Vitimskiy.

-
1. Toutes les estimations de ressources indiquées dans cette section correspondent à des ressources in situ, déduction non faite des pertes en cours d'extraction et de traitement.
 2. Pour plus de détails sur les caractéristiques géologiques des gisements de Streltsovsk, voir A.P. Istchukova, "The Streltsovsky Uranium District" (Le district uranifère de Strelsovsk), and "Changes and events in uranium deposit development, exploration resources, production and the world supply-demand relationship" (Mise en valeur des gisements, prospection, ressources et production d'uranium, et état de l'offre et de la demande mondiales : évolution et faits nouveaux), IAEA-TECDOC-961, AIEA, Vienne (1997).
 3. Pour plus de détails sur les caractéristiques géologiques du gisement de Dolmatovo et d'autres gisements analogues, voir AEN-OCDE/AIEA, *Uranium 1993 : Ressources, demande et production*, OCDE, Paris, 1994.

Un nouveau gisement a été découvert en Sibérie occidentale et fait actuellement l'objet de travaux d'exploration. L'ensemble des RRA et RSE-I de cette région est estimé à 20 000 t d'U.

Les Ressources Spéculatives de cette région sont estimées à 180 000 t d'U.

Au 1er janvier 1997, les RRA récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U s'élevaient au total à 66 100 t d'U. Les RRA entrant dans la tranche de coût compris entre 40 et 80 \$/kg d'U s'établissaient à 78 900 t d'U.

Les RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 40 \$/kg d'U s'élevaient à 17 200 t d'U, tandis que les RSE-I récupérables à des coûts compris entre 40 et 80 \$/kg d'U atteignaient 19 300 t d'U.

L'ensemble des RRA et des RSE-I récupérables à des coûts inférieurs à 80 \$/kg d'U s'élève à 181 500 t d'U.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES (*tonnes d'U*)

Tranches de coût	
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U
66 100	145 000

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I (*tonnes d'U*)

Tranches de coût	
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U
17 200	36 500

Au cours des cinq dernières années, il n'a été procédé à aucune évaluation ni des RRA ni des RSE-I.

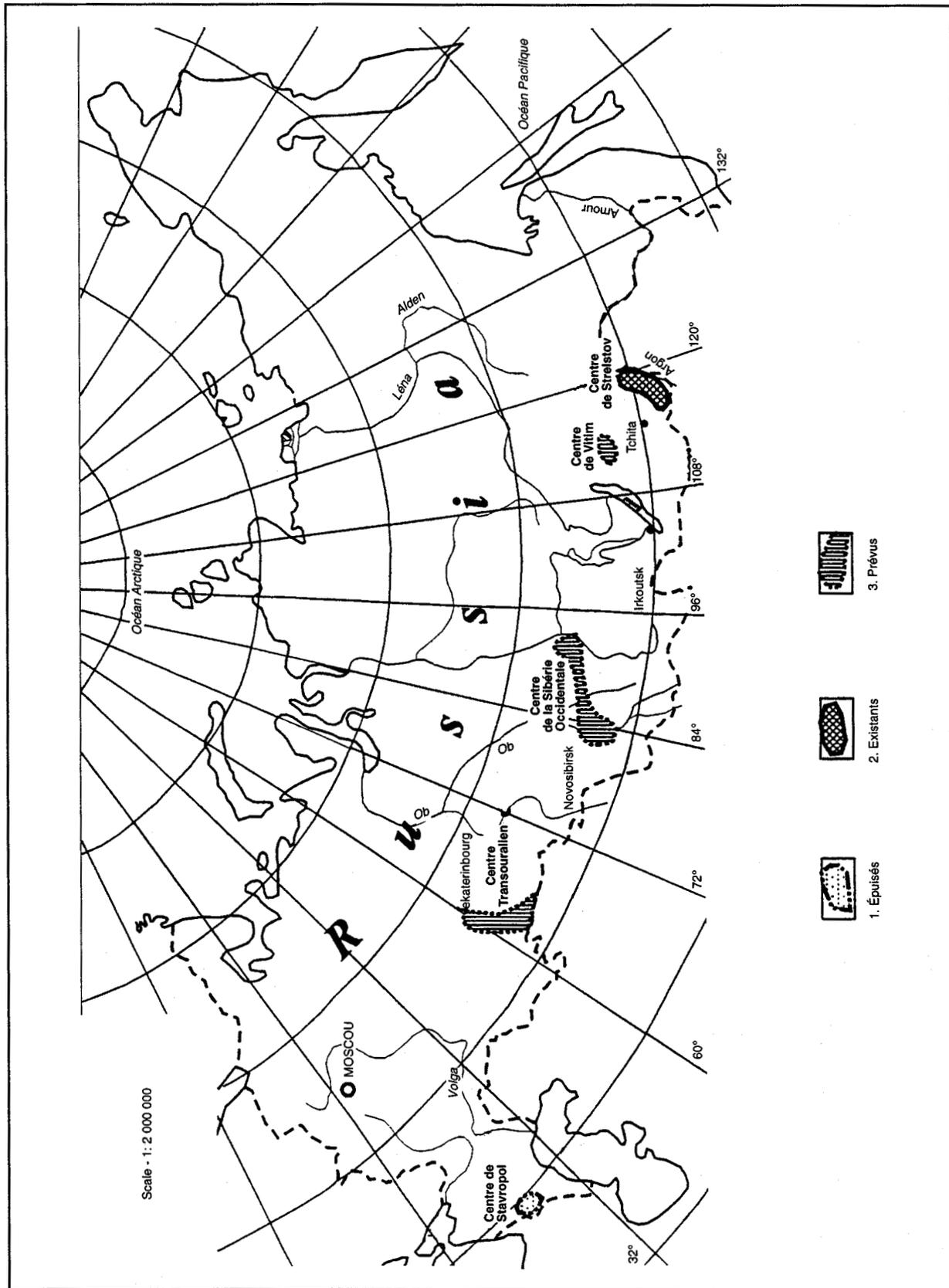
La disponibilité des ressources « connues » (RRA et des RSE-I) s'établit comme suit :

Dans la tranche de coût inférieur à 40 \$/kg d'U, 88 pour cent des RRA et 12 pour cent des RSE-I sont tributaires de centres de production existants. Dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U, 86 pour cent des RRA et 14 pour cent des RSE-I sont tributaires de centres de production existants.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

L'estimation des RSE-II et des RS de la Fédération de Russie a été achevée. Ces ressources se trouvent pour la plupart en Russie orientale, dans des zones ne possédant pas d'infrastructures, ce qui en accroît les coûts de production. Ces ressources ont donc été classées dans la tranche de coût supérieur à 80 \$/kg d'U.

Centres de Production d'Uranium en Fédération de Russie



Au 1er janvier 1997, les RSE-II comprenaient 56 300 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U et 104 500 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 130 \$/kg d'U.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	56 300	104 500

Au 1er janvier 1997, les Ressources Spéculatives comprenaient 550 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 130 \$/kg d'U, et 450 000 t d'U sans spécification de tranche de coût.

RESSOURCES SPÉCULATIVES (*tonnes d'U*)

Tranche de coût < 130 \$/kg d'U	Tranche de coût non spécifiée	TOTAL
550 000	450 000	1 000 000

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

L'extraction et le traitement du minerai d'uranium sur le territoire de la Fédération de Russie ont commencé en 1951 sur les gisements de Bechtaou et de Bykogorskoe, dans la région de Stavropol. La production s'est arrêtée à la fin des années 80. La quantité totale d'uranium produite a atteint 5 685 tonnes, dont 3 930 tonnes ont été extraites par des techniques d'exploitation souterraine et 1 775 t à l'aide de techniques de lixiviation in situ. De 1968 à 1980, le gisement de Sanarsk a été exploité par l'Administration minière de Malychevsk. La production totale d'uranium pendant cette période a été de 440 t d'U. À l'heure actuelle, seul le Complexe de Priargoun est en service. Cet organisme produit de l'uranium provenant du district uranifère de Streltsovsk, près de Krasnokamensk depuis 1968. À la fin de 1996, 97 418 t d'U au total avaient été produites dans cette région. La production annuelle moyenne au cours de cette période a été de près de 3 500 t d'U. Ce niveau élevé de production totale fait des gisements de type volcanique de Streltsovsk l'un des principaux districts mondiaux de production d'uranium.

État de la capacité théorique de production

La production d'uranium en Russie est tombée de 2 697 t d'U en 1993 à 2 541 t d'U en 1994, et à 2 160 t d'U en 1995. En 1996, la production a augmenté de 21 pour cent, atteignant 2 605 t d'U. Cette même année, 75 pour cent de la production ont été assurés par des méthodes classiques d'exploitation minière souterraine, 3,6 pour cent par une exploitation à ciel ouvert et 22,7 pour cent par lixiviation en tas et en gradins. De 1993 à 1996, la production par lixiviation a gagné du terrain, alors que l'exploitation minière à ciel ouvert est en voie d'abandon.

La Fédération de Russie fait état, pour la première fois, de sa production totale d'uranium. Avant 1997, ce pays a produit 103 983 t d'U, ce qui le place au cinquième rang des pays producteurs d'uranium dans le monde.

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'URANIUM (tonnes d'U contenu dans le concentré)

Méthode de production	Avant 1993	1993	1994	1995	1996	Total avant 1997
Exploitation classique						
• à ciel ouvert	37 889	262	294	110	100	38 665
• en souterrain	52 619	2 378	2 200	2 000	1 914	61 111
Exploitation classique						
• Sous-total	90 508	2 640	2 494	2 110	2 014	99 766
Lixiviation	3 032	57	47	50	591	3 777
TOTAL GÉNÉRAL	93 980	2 697	2 541	2 160	2 605	103 983

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM (au 1er janvier 1997)

Partie 1 : Centres existants et en service

Nom du centre de production	Complexe minier et chimique de Priargoun
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	1968
Source de minerai	15 gisements du district uranifère de Streltsovsk
Exploitation minière :	
• Type	CO, ST, LET, lixiviation en gradins
• Tonnage (<i>tonnes de minerai/jour</i>)	6 700
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	97
Installation de traitement (acide) :	
• Type	EI
• Tonnage (<i>tonnes de minerai/jour</i>)	4 700
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	95
Capacité nominale de production (<i>tonnes d'U/an</i>)	3 500

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

(au 1er janvier 1997)

Partie 2 : Centres prévus

Dénomination du centre de production	Kourgan	Novossibirsk et Kemerovo	Bouriatie
Catégorie de centre de production	Prévu	Prévu	Prévu
Stade d'exploitation			
Date de mise en service	vers 2010	vers 2010	vers 2010
Source de minerai :			
• Nom des gisements	Kourgan	Novossibirsk et Kemerovo	Bouriatie
• Type de gisement	Grès	Grès	Grès
Exploitation minière :			
• Type	LIS	LIS	LIS
• Tonnage (tonnes de minerai/jour)	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	n.d.	n.d.	n.d.
Installation de traitement (acide) :			
• Type	EI	EI	EI
• Tonnage (t de minerai/j)	n.d.	n.d.	n.d.
• Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	n.d.	n.d.	n.d.
Capacité nominale de production (tonnes d'U/an)	1 700	2 000	2 300

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Toutes les activités de prospection et de production de l'uranium ont toujours été contrôlées à 100 pour cent par l'État. La prospection de l'uranium est effectuée sous la direction de l'Entreprise d'État « Geologorazvedka », une filiale du Comité d'État des ressources géologiques et minérales. La production d'uranium à Krasnokamensk, dans le district de Streltsovsk (région de Tchita) incombe à l'Entreprise d'État « Complexe minier et chimique de Priargoun », dont le capital social appartient à l'État.

Dans le passé, l'exploitation minière a été assurée par des entreprises d'État : le Complexe minier et chimique Lermontov, dans la région Stavropol, et par l'Administration minière de Malychevsk, dans la région de Sverdlovsk.

La production d'uranium dans la Fédération de Russie appartient intégralement à l'État.

Emploi dans le secteur de l'uranium

En 1993, le Complexe minier et chimique de Priargoun employait 15 900 personnes. En 1996, les effectifs avaient été réduits de 2 900 personnes, ne représentant plus que 13 000 personnes au total. Les niveaux de l'emploi au cours de la période allant de 1993 à 1996 sont indiqués dans le tableau suivant.

EFFECTIFS DU CENTRE DE PRODUCTION EXISTANT (*personnes-ans*)

1993	1994	1995	1996
15 900	14 400	14 000	13 000

Capacité théorique de production à court terme

La Russie indique que sa capacité théorique de production actuelle repose sur le centre minier et l'usine de traitement exploités par le Complexe minier et chimique de Priargoun, près de Krasnokamensk. Cet organisme produit de l'uranium à partir d'ensemble des gisements de type volcanique de Streltsovsk. En 1996, la production provenait principalement de mines souterraines à partir desquelles 2 014 tonnes ont été extraites. On a produit 100 t d'U supplémentaires à partir d'une mine à ciel ouvert qui est progressivement abandonnée. La lixiviation en gradins et en tas a permis de produire 591 t d'U au total. Le recours à cette technologie s'est intensifié depuis 1993, année au cours de laquelle 57 t d'U ont été produites par lixiviation.

Le minerai est traité dans une usine classique qui a été mise en service en 1968. Cette usine fait appel à la technologie de la lixiviation par voie acide, permettant d'atteindre un taux de récupération de 97 pour cent de l'uranium par échange d'ions. La capacité nominale de production est de 3 500 t d'U par an à partir de 6 700 t de minerai par jour. La majeure partie de la production récente a été assurée à partir d'un minerai exploitable à un coût inférieur à 40 \$/kg d'U. Le minerai restant est en majeure partie exploitable à un coût compris entre 80 et 130 \$/kg d'U.

Centres de production futurs

D'ici à 2010, la Fédération de Russie projette de porter sa capacité théorique de production d'uranium à 10 000 t d'U par an, en aménageant trois nouveaux centres qui auront recours à la technologie de la lixiviation in situ. Ces centres seront situés dans le Trans-Oural (région de Kourgan), avec une production maximale d'environ 1 700 t, en Sibérie occidentale (régions de Novossibirsk et de Kemerovo), avec une production maximale d'environ 2 000 t et dans le district de Vitimskiy (Bouriatie) avec une production maximale d'environ 2 300 t (Cf. partie 2 du tableau et carte).

DEMANDE D'URANIUM

En juillet 1996, 29 tranches étaient en service dans neuf centrales nucléaires en Russie. Leur puissance installée totale brute s'élevait à 21 242 MWe (soit 19 843 MWe nets). Ces réacteurs se répartissent comme suit : 13 réacteurs VVER, réacteurs à eau ordinaire sous pression (six tranches de

VVER-440 et sept tranches de VVER-1000) ; 15 réacteurs à tubes de force modérés par graphite (11 tranches de RBMK-1000 et quatre tranches LWGR d'une puissance de 12 MW chacune), ainsi qu'un réacteur surgénérateur (BN-600). Le nom des réacteurs et leur puissance électrique sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

RÉACTEURS COUPLÉS AU RÉSEAU EN RUSSIE

Nom de la centrale	Tranche	Type de réacteur	Puissance installée (MWe nets)	Date de mise en service
1. Béloïarsk	3	BN-600 (RNR)	560	8 avril 1980
2. Bilibino	A	LWGR	11	12 janvier 1974
	B	LWGR	11	30 décembre 1974
	C	LWGR	11	22 décembre 1974
	D	LWGR	11	27 décembre 1976
3. Balakovo	1	VVER-100	950	28 décembre 1985
	2	VVER-100	950	8 octobre 1987
	3	VVER-100	950	24 décembre 1988
	4	VVER-100	950	11 octobre 1993
4. Kalinine	1	VVER-100	950	9 mai 1984
	2	VVER-100	950	24 décembre 1986
5. Kola	1	VVER-440	411	29 juin 1973
	2	VVER-440	411	9 décembre 1974
	3	VVER-440	411	24 mars 1981
	4	VVER-440	411	11 octobre 1984
6. Koursk	1	RBMK-1000	925	12 décembre 1976
	2	RBMK-1000	925	28 janvier 1979
	3	RBMK-1000	925	17 octobre 1983
	4	RBMK-1000	925	2 décembre 1985
7. Leningrad	1	RBMK-1000	925	21 décembre 1973
	2	RBMK-1000	925	11 juillet 1975
	3	RBMK-1000	925	7 décembre 1979
	4	RBMK-1000	925	9 février 1982
8. Novovoronej	3	VVER-440	385	12 décembre 1971
	4	VVER-440	385	28 décembre 1972
	5	VVER-440	385	31 mai 1980
9. Smolensk	1	RBMK-1000	925	9 décembre 1982
	2	RBMK-1000	925	31 mai 1985
	3	RBMK-1000	925	17 janvier 1990
		TOTAL	19 843	

Ces centrales nucléaires ont des besoins annuels en combustible de 3 600 t d'U. Il faut en outre 2 200 t d'U pour alimenter en combustible les centrales nucléaires de conception russe qui sont implantées en Europe orientale. Le combustible de ces centrales est enrichi et fabriqué dans la Fédération de Russie. On estime donc à 5 800 t d'U l'ensemble des besoins en uranium en 1996.

• Slovénie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de la zone Zirovski vrh a débuté en 1961. En 1968, on a aménagé le tunnel P-10 donnant accès au corps minéralisé. L'exploitation minière a démarré à Zirovski en 1982. La production de concentré d'uranium (concentré orange d'oxyde d'uranium) a commencé en 1985.

Activités récentes et en cours

L'affectation de fonds à la prospection a pris fin en 1990. Il n'y a pas d'activités récentes ou en cours relatives à la prospection de l'uranium en Slovénie.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

L'évaluation la plus récente du gisement exécutée par le personnel de la mine d'uranium Zirovski remonte à 1994. Les RRA estimées à 2 200 t d'U sont constituées par un minerai d'une teneur moyenne de 0,14 pour cent d'U. Ces ressources sont récupérables à un coût inférieur à 80 \$/kg d'U. Il est fait état de RSE-I représentant 5 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U et 10 000 t d'U dans la tranche de coût inférieur à 130 \$/kg d'U. La teneur moyenne de ces ressources est de 0,13 pour cent d'U. Il s'agit de ressources récupérables déduction faite des pertes en cours d'extraction (35 pour cent) et en cours de traitement (10 pour cent).

Le gisement est renfermé dans des grès gris de la formation de Groeden datant du Permien. Les corps minéralisés forment des chapelets de lentilles allongées au sein des grès plissés.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	2 200	2 200

* S'agissant de ressources récupérables contenues dans le gisement de Zirovski vrh.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
0	5 000	10 000

* S'agissant de ressources récupérables.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Les estimations de ressources de 1994 comprennent 1 060 t d'U entrant dans la catégorie des RSE-II récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. Elles sont données comme étant des ressources récupérables déduction faite des pertes en cours d'extraction et de traitement qui sont estimées respectivement à 35 et à 10 pour cent.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

La mine d'uranium Zirovski vrh, située à 20 km au sud-ouest de Škofja Lofa, était le seul centre de production d'uranium en Slovénie.

La production de minerai dans la mine Zirovski vrh a démarré en 1982. L'usine de traitement du minerai située sur le carreau de la mine a été mise en service en 1984 afin de traiter le minerai stocké auparavant. La capacité théorique de production annuelle de l'usine était de 102 t d'U. Le minerai a été extrait à l'aide de méthodes classiques d'exploitation souterraine, avec galerie de roulage et puits d'aération. Le gisement se présente sous la forme de nombreux corps minéralisés de petites dimensions, renfermés dans un grès à gros grain. Il a fait l'objet d'une extraction sélective à l'aide de méthodes d'exploitation par chambres et piliers, ainsi que par abattage et remblayage. En 1990, l'exploitation a été arrêtée et les installations ont été provisoirement mises en sommeil. La production totale cumulée de ce centre s'est élevée à 382 t d'U.

État de la capacité théorique de production

En 1992, la décision a été prise de fermer définitivement la mine d'uranium Zirovski et de procéder ultérieurement à son déclassement. Depuis 1992, il n'y a pas eu de production à partir de la mine et l'usine de traitement Zirovski vrh.

En 1994, le plan de déclassement du centre a été accepté par les autorités gouvernementales de la Slovénie.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

Aucun changement n'est intervenu dans la structure de la propriété depuis 1988. La mine d'uranium Zirovski vrh appartient à la République de Slovénie.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Le plan de déclassement du centre de production de Zirovski vrh prévoit les mesures suivantes :

- protection permanente de la biosphère contre les conséquences de l'exploitation minière. Il s'agit notamment d'une protection permanente des couches superficielles contre les glissements et l'affaissement, du scellement du puits et des galeries pour empêcher la pénétration d'eau de ruissellement, du scellement étanche à l'air du puits et des galeries, de même que de dispositions visant à assurer l'écoulement sans obstruction des eaux d'exhaure ;
- remise en état définitive du site de l'usine de traitement du minerai, prévue de manière à permettre la réutilisation des installations subsistantes à d'autres fins industrielles ; et
- restauration durable des zones occupées par les déblais miniers et les résidus de traitement. Il s'agit notamment de stabiliser les sites d'évacuation, y compris d'empêcher l'infiltration d'eau de pluie et de prévenir l'érosion. D'autres mesures sont prévues afin d'empêcher la dissolution et le transport de produits chimiques dangereux vers les eaux souterraines et superficielles, et pour maîtriser la contamination par le radon.

La remise en état du centre de production de la mine de Zirovski vrh demandera deux à trois ans.

BESOINS EN URANIUM

À court terme, la puissance nucléaire installée de la Slovénie est fondée sur le REP de 632 MWe de la centrale de Krsko qui est entré en service commercial en janvier 1983. Cette centrale appartient, à parts égales, à la Slovénie et à la Croatie. Le Secrétariat estime que la puissance nucléaire installée se maintiendra à 632 MWe jusqu'en 2015. Les besoins annuels en uranium de ce réacteur sont estimés à 102 t d'U.

Un moratoire a été décrété à l'encontre de la construction en Slovénie d'autres centrales nucléaires.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

La compagnie propriétaire et exploitante de la centrale de Krsko importera l'uranium nécessaire pour couvrir les besoins futurs en uranium de cette centrale.

• Suède •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Les activités de prospection de l'uranium ont été menées au cours de la période 1950-1985. Cependant, à la fin de 1985, ces activités ont été interrompues en raison de la large disponibilité et de la faiblesse des prix de l'uranium sur le marché mondial.

Il existe quatre principales provinces uranifères en Suède. La première se trouve dans les sédiments datant du Cambrien supérieur et de l'Ordovicien inférieur en Suède méridionale, ainsi que le long de la bordure de la chaîne calédonienne dans la partie centrale de la Suède. Les indices d'uranium sont stratiformes ; ils sont renfermés dans des schistes noirs. Le district de Billingen (Västergötland), dans lequel se trouve le gisement de Ranstad, couvre une superficie de plus de 500 km².

La deuxième province uranifère, celle d'Arjeplog-Arvidsjaur-Sorsele, se trouve immédiatement au sud du Cercle polaire arctique. Elle renferme un gisement, celui de Pleutajokk, et un ensemble de plus de 20 indices. Ces divers indices sont discordants, de type filonien ou de type en imprégnation, et sont associés à une métasomatose sodique.

La troisième province est située au nord d'Östersund en Suède centrale. Plusieurs minéralisations discordantes ont été découvertes à l'intérieur ou à proximité d'une fenêtre du socle Précambrien, à l'intérieur des Calédonides métamorphiques.

Une quatrième province se trouve près d'Åsele, en Suède septentrionale.

Activités récentes et en cours

Il n'y a aucune activité de prospection de l'uranium en cours en Suède.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

En Suède, il existe des ressources peu abondantes dans des roches granitiques (gîtes filoniens). Les schistes alumineux renferment également des ressources plus importantes. Toutefois, ces gisements sont à très faible teneur et le coût de récupération est supérieur à 130 \$/kg d'U, aussi ne sont-ils pas inclus dans les tableaux du présent rapport.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Il n'existe pas d'estimations relatives aux RSE-II ou aux RS en Suède.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

Au cours des années 60, 200 t d'U ont été produites à partir du gisement de schistes alumineux de Ranstad. Ce site minier est actuellement remis en état afin de protéger l'environnement.

État de la capacité théorique de production

La Suède ne produit pas d'uranium et n'envisage pas d'en produire.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

La mine de Ranstad a été remise en état au cours des années 90. La mine à ciel ouvert a été transformée en lac, et la zone occupée par les résidus a été recouverte par plusieurs couches de morts-terrains afin d'empêcher la formation d'acide à partir du soufre contenu dans les résidus de schiste. Un programme de surveillance de l'environnement est en cours.

BESOINS EN URANIUM

Besoins en uranium

Les besoins en uranium de la Suède sont d'environ 1 500 à 1 600 t d'U par an. Ce tonnage diminuera de 100 t d'U en 1998 et de 100 t d'U supplémentaires en 2001, par suite de l'arrêt prématuré des deux réacteurs de Barsebäck.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

Les compagnies d'électricité sont libres de négocier leurs propres achats.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

La Suède a adhéré au Traité instituant la Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM) et a adapté sa politique en conséquence.

STOCKS D'URANIUM

Compte tenu du stock existant d'uranium faiblement enrichi correspondant à une production d'électricité de 35 TWh, du combustible nucléaire en cours de fabrication et stocké sur le site réacteurs, ces derniers devraient pouvoir continuer à fonctionner pendant 22 mois en cas d'arrêt des importations.

PRIX DE L'URANIUM

Le coût moyen du combustible nucléaire pour les compagnies d'électricité suédoises, y compris celui de l'évacuation du combustible irradié, était de 0,038 couronne suédoise (SKr) par kWh d'électricité en 1994. La part de ce coût correspondant à l'uranium naturel, incluse dans le chiffre susmentionné, était de 0,007 SKr/kWh d'électricité produite.

• Suisse¹ •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

En juin 1979, le Gouvernement fédéral a pris la décision d'encourager la prospection de l'uranium par l'octroi d'une subvention de 1,5 million de francs répartis sur les exercices 1980 à 1984. En 1980 et 1981, environ 1 000 m de galeries de recherche ont été creusés par une société privée dans le massif hercynien des Aiguilles-Rouges et dans les gneiss avoisinants. Les travaux

1. Les informations contenues dans ce rapport sont tirées principalement de la contribution destinée à l'édition de 1991 du Livre rouge.

limités réalisés à ce jour n'ont pas permis de se faire une idée précise des facteurs régissant la minéralisation, qui est à faible teneur et disséminée dans une zone dont la géologie est très complexe.

En 1982, le Gouvernement fédéral a prêté son concours à des activités de prospection au sol menées au sud d'Iserables et à des travaux de sondage à Naters (Valais). Entre 1982 et 1984, dans le cadre du programme quinquennal financé par le Gouvernement fédéral, une campagne de prospection de l'uranium a été exécutée dans la région accidentée de la nappe de charriage des Alpes Pennines de Bernhard dans le Valais occidental. Les levés radiométriques et chimiques ont été principalement axés sur les dépôts détritiques datant du Permo-Carbonifère et sur les schistes plus anciens (série de Nendaz et série sous-jacente de Siviez). En raison du puissant tectonisme alpin, l'uranium est en général disséminé de façon irrégulière dans la roche. Les anomalies radioactives semblent être liées aux faciès carbonatés et chloriteux de la série de Nendaz, mais leur intérêt économique n'a pu être confirmé.

Activités récentes et en cours

Depuis 1985, toutes les activités de prospection ont été suspendues sur le territoire national. Des entreprises privées ont toutefois entrepris des activités de prospection de l'uranium aux États-Unis (dans l'« Arizona Strip ») depuis 1983.

RESSOURCES EN URANIUM

Il n'est fait état d'aucune ressource en uranium en Suisse.

PRODUCTION D'URANIUM

État de la capacité théorique de production

La Suisse n'est pas productrice d'uranium.

Centres de production futurs

Aucun centre de production futur n'est envisagé en Suisse à court terme.

BESOINS EN URANIUM

Besoins en uranium

La Suisse dispose d'un parc nucléaire comptant cinq tranches en exploitation, à savoir les centrales de Beznau (tranches 1 et 2), Muehleberg, Goesgen et Leibstadt. En 1996, la puissance nucléaire installée nette s'élevait au total à 3 055 MWe. Un référendum national a eu lieu en

septembre 1990, à l'issue duquel les Suisses ont rejeté une initiative visant à mettre fin dès que possible à l'utilisation de l'énergie nucléaire. C'était la troisième fois en 10 ans que la population suisse a voté contre un renoncement à l'électronucléaire. Toutefois, l'électorat s'est prononcé en même temps en faveur d'un moratoire de 10 ans frappant la construction et l'exploitation de nouvelles centrales nucléaires.

Stratégie en matière d'achat et d'approvisionnement

La Suisse a indiqué que ses approvisionnements en uranium sont assurés à partir d'une ou de plusieurs des sources suivantes :

- production dans le cadre de partenariats ou de co-entreprises ;
- contrats à long terme ; et
- contrats sur le marché spot.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE JUSQU'EN 2015 (*MWe nets*)

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010	2015
3 055	3 055	3 117	3 179	3 179	3 179	3 179	3 179	3 179

BESOINS ANNUELS DES RÉACTEURS EN URANIUM JUSQU'EN 2015 (*tonnes d'U*)

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010	2015
481	537	499	452	430	479	470	470	581

POLITIQUES RELATIVES À L'URANIUM

Il n'a été signalé aucun changement de la politique de la Suisse en matière d'uranium dans les informations communiquées en vue de la présente édition du Livre rouge. La Suisse ne produit pas d'uranium et n'en exporte pas. Elle n'a pas de politique officielle visant les importations, car les achats sont entièrement pris en charge par des sociétés privées. En ce qui concerne les stocks d'uranium, les compagnies exploitant des centrales nucléaires ont pour règle de maintenir un stock d'assemblages combustibles neufs sur le site des réacteurs équivalant aux besoins de ces réacteurs pendant une à deux années.

STOCKS D'URANIUM

La Suisse fait état de prescriptions imposant des stocks sous la forme d'assemblages combustibles prêts à l'emploi représentant une année de consommation.

• Thaïlande •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Des activités de prospection de l'uranium ont été menées au début des années 70 par le Département royal thaïlandais des ressources minérales (DRM). Des indices d'uranium ont été découverts dans divers milieux géologiques, notamment dans des grès et des granites. La minéralisation liée à des grès se rencontre dans le district de Phu Wiang (province de Khon Kaen), dans le nord-est de la Thaïlande. Cette région a fait l'objet d'une étude indépendante exécutée par le DRM, de même que de recherches en coopération avec des organismes étrangers. Des indices d'uranium renfermés dans une formation granitique et associés à de la fluorine ont été découverts dans le district de Doi Tao (province de Chiang Mai) et dans le district de Muang (province de Tak) en Thaïlande septentrionale. Ces indices ont particulièrement retenu l'attention.

L'activité de prospection de l'uranium la plus importante menée en Thaïlande a été le levé géophysique aéroporté exécuté de 1985 à 1987 et couvrant tout le territoire national. Ce levé a été réalisé par la société Kenting Sciences International Limited Canada, dans le cadre d'un contrat passé par l'Agence canadienne pour le développement international (ACDI).

Activités récentes et en cours

Les dépenses pour la prospection de l'uranium en 1994 et en 1995 se sont élevées respectivement à 115 900 et 119 200 dollars des États-Unis. Aucun organisme ou société d'État n'a été engagé en 1996 dans des activités de prospection de l'uranium, et aucune activité n'est prévue en 1997.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Un petit gîte uranifère découvert dans des grès datant du Jurassique dans le district de Phu Wiang est estimé renfermer environ 1,5 t d'U sur la base d'une teneur de coupure de 0,04 pour cent d'U. Ces ressources sont classées dans la catégorie des RRA récupérables à un coût inférieur à 130 \$/kg d'U.

Des régions granitiques dans les districts de Doi Tao et d'Om Koi (province de Chiang Mai), en Thaïlande septentrionale, ont été considérées comme présentant un certain potentiel uranifère. Des minéraux d'uranium ont été décelés dans des filons de fluorine. Les analyses des teneurs en uranium ont donné des valeurs comprises entre 0,2 et 0,25 pour cent d'U. Les RSE-I seraient d'environ 2 t d'U récupérables dans la tranche de coût inférieur à 130 \$/kg d'U, sur la base d'une teneur de coupure de 0,05 pour cent.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Il n'est fait état d'aucune ressource classique non découverte.

• Turquie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

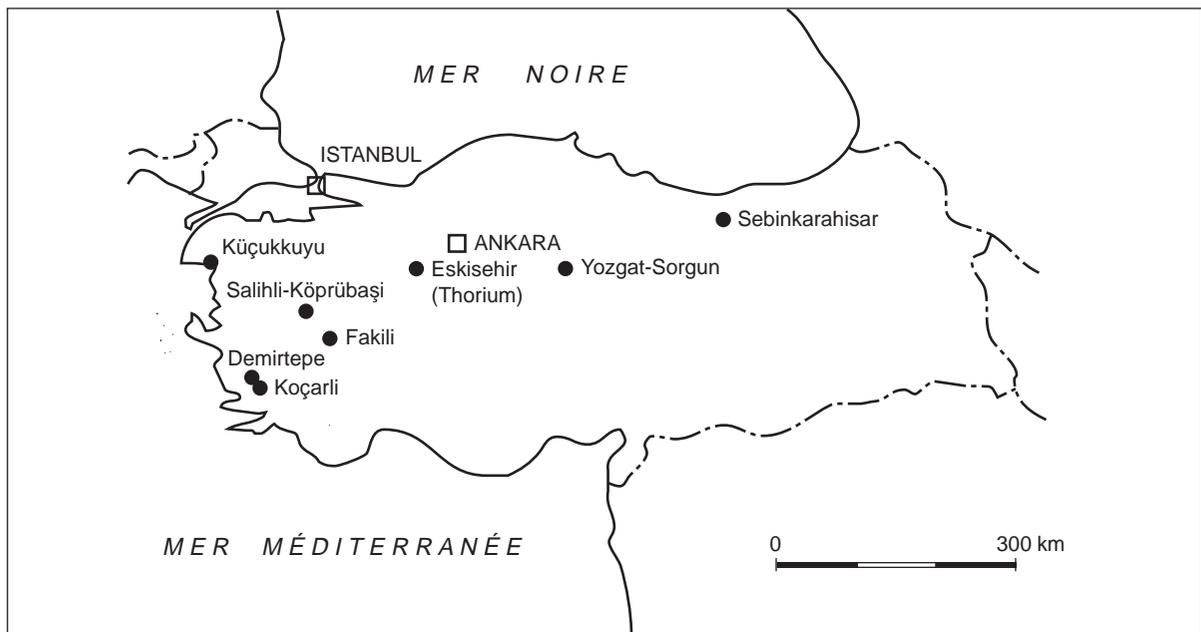
Historique

La prospection de l'uranium en Turquie a commencé en 1956-1957 et s'est orientée vers la recherche de gisements de type filonien dans des terrains cristallins, par exemple dans des roches ignées acides et des roches métamorphiques. Ces activités ont permis de découvrir quelques minéralisations de pechblende, qui toutefois ne constituent pas des gisements rentables. Depuis 1960, des études ont été consacrées aux roches sédimentaires qui entourent les roches cristallines et quelques petits corps minéralisés renfermant de l'autunite et de la torbernite ont été localisés dans différentes parties du pays. Au milieu des années 70, le premier gisement aveugle d'uranium associé à des minerais noirs, situé en dessous du niveau de la nappe phréatique, a été découvert dans la région de Köprübaşı. Des travaux récents de prospection ont mis en évidence une minéralisation d'uranium dans des sédiments datant du Néogène dans la région de Yozgat-Sorgun, en Anatolie centrale.

Activités récentes et en cours

Les travaux de prospection se poursuivront dans le nord-ouest de l'Anatolie et un levé aéroporté dans la région orientale de la mer Noire débutera en juin 1997.

Gisements et indices d'uranium en Turquie



RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Salihli-Köprübasi : 10 corps minéralisés représentant 2 852 t d'U et ayant une teneur de 0,04 à 0,05 pour cent d' U_3O_8 renfermés dans des sédiments fluviaux datant du Néogène.

Fakili : 490 t d'U ayant une teneur de 0,05 pour cent d' U_3O_8 , renfermées dans une formation lacustre datant du Néogène.

Koçarli (Küçükçavdar) : 208 t d'U ayant une teneur de 0,05 pour cent d' U_3O_8 renfermées dans des sédiments datant du Néogène.

Demirtepe : 1 729 t d'U ayant une teneur de 0,08 pour cent d' U_3O_8 , renfermées dans des zones fracturées constituées par des gneiss.

Yozgat-Sorgun : 3 850 t d'U ayant une teneur de 0,1 pour cent d' U_3O_8 , renfermées dans des sédiments lagunaires deltaïques datant de l'Éocène.

• Ukraine •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La recherche de gisements d'uranium d'intérêt commercial a débuté en Ukraine en 1944. La prospection a commencé par des mesures radiométriques systématiques d'échantillons de musée et de carottes et d'échantillons issus de travaux miniers accessibles. Suite à une décision spéciale des pouvoirs publics, les forages pratiqués dans l'ensemble du pays ont fait l'objet d'une diagraphie à l'aide d'un équipement de gammamétrie. Ces activités ont conduit à la découverte du gisement de Pervomaïskoïe en 1945 et de celui de Jeltoretchenskoïe en 1946. Ces gisements sont liés à une métasomatose alcaline des roches ferrugineuses du bassin de Krivoï Rog. Des gisements d'autres types ont été mis en évidence, en particulier de petits gîtes dans la couverture sédimentaire du Bouclier ukrainien, et des gisements renfermés dans des bitumes et des pegmatites. Les gisements contenus dans des formations sédimentaires se prêtaient à une exploitation par lixiviation in situ.

Le premier gisement d'uranium d'intérêt commercial (Mitchourinskoïe) a été découvert en 1964. Il est associé à des zones de métasomatose alcaline et de failles dans un complexe de granito-gneiss

du Bouclier ukrainien. La poursuite de la prospection de ce nouveau type de gisement a abouti à la découverte du district uranifère de Kirovograd.

Au cours des premières années d'activités de prospection de l'uranium, l'entreprise géologique d'État « Kirovgeology » a été créée et chargée de la prospection et de la mise en valeur des ressources en uranium. Pour commencer, les équipes de prospection géologique de Kirovgeology ont procédé à une reconnaissance spécialisée des zones les plus prometteuses, qui ont été principalement déterminées sur la base des similitudes qu'elles présentaient avec des gisements d'uranium connus dans le monde.

Ultérieurement, des organismes de recherche géologique de l'Ukraine et de l'ex-URSS ont sélectionné les zones les plus favorables en vue d'une évaluation complémentaire. On a eu recours, pour la prospection de l'uranium, à des méthodes radiométriques spéciales, à des études géophysiques générales, à des techniques radio-hydrogéologiques et à des travaux de forage.

Les gisements d'uranium découverts en Ukraine sont de grandes dimensions. Ces caractéristiques sont propices à leur mise en valeur et à leur exploitation minière. La teneur moyenne en uranium de ces gisements est inférieure ou égale à 0,2 pour cent.

Activités récentes et en cours

À l'heure actuelle, on procède à l'établissement de cartes spécialisées à l'échelle 1/50 000ème des zones qui sont considérées comme offrant un bon potentiel pour la réalisation de nouvelles découvertes. Il s'agit de zones du bouclier ukrainien qui sont recouvertes de sédiments récents sur une épaisseur de 20 à 100 mètres, voire davantage. L'évaluation initiale des zones les plus prometteuses fait appel à des levés géophysiques généraux (prospection gravimétrique, magnétique et électrique, et par spectrométrie gamma aéroportée) et à des travaux extensifs de sondage avec enregistrement des paramètres. L'entreprise Kirovgeology entreprend des forages de reconnaissance directs après avoir établi un diagramme de la structure géologique de la zone considérée. Ce système s'est avéré le plus efficace dans les conditions actuelles.

De 1995 à 1997, la prospection a été axée sur des zones d'intérêt exploitables à faible coût, notamment les gisements d'uranium renfermant des minerais à teneur élevée et les minéralisations complexes d'uranium et de métaux rares. Ces activités de prospection sont avant tout menées dans des roches cristallines et métamorphiques du bouclier ukrainien.

En 1996-1997, la prospection visant le minerai de fer dans le bassin septentrional de Krivoï Rog a permis de délimiter une minéralisation d'uranium contenant jusqu'à 1,2 pour cent d'uranium sur une épaisseur de 6,7 mètres. Cette minéralisation se présente sous forme de filons dans une roche encaissante de schiste et de quartzite formée par métasomatose. L'entreprise d'État Kirovgeology procède à une évaluation de cette zone.

Les activités de forage de reconnaissance ont représenté de 153 820 à 155 000 mètres au cours de la période allant de 1994 à 1996. On compte maintenir le même niveau d'activité en 1997. Le nombre de trous de sondage a diminué passant de 1 670 en 1994, à environ 1 300 en 1996 ; il est prévu de forer 1 300 trous de sondage en 1997.

PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE
SUR LE TERRITOIRE NATIONAL

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
Sondages superficiels exécutés par le secteur public (<i>mètres</i>)	153 820	154 000	155 000	155 000
Nombre de trous de sondage forés par le secteur public	1 670	1 250	1 300	1 300

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les estimations de ressources sont exprimées en termes de ressources in situ. Par rapport au précédent rapport, seules des modifications mineures ont été apportées aux estimations de RRA et de RSE-I. Au 1er janvier 1997, les RRA s'élevaient à 84 000 t d'U récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, dont 45 600 t d'U étaient classées dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U. Cela représente une augmentation de 3 000 t d'U pour les RRA dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U.

Les RSE-I s'élèvent à 47 000 t d'U récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U, dont 17 000 t d'U entrant dans la tranche de coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U. Ces estimations représentent une diminution de 3 000 t d'U par rapport aux chiffres précédents aussi bien dans la tranche de coût inférieur à 130 \$/kg d'U que dans celle de coût inférieur à 80 \$/kg d'U. Il n'a pas été établi pour l'Ukraine d'estimations relatives à la catégorie des RRA et des RSE-I dans la tranche de coût inférieur à 40 \$/kg d'U.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES* (*tonnes d'U*)

Tranches de coûts		
< 40 \$/kg/U	< 80 \$/kg/U	< 130 \$/kg/U
0	45 600	84 000

* S'agissant de ressources in situ.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg/U	< 80 \$/kg/U	< 130 \$/kg/U
0	17 000	47 000

* S'agissant de ressources in situ.

Le tableau ci-dessous sur les gisements d'uranium localisés en Ukraine ne fournit pas de précisions sur la catégorie à laquelle appartiennent les ressources indiquées pour chaque gisement. Le total des ressources indiquées dans ce tableau ne correspond pas au total des RRA et RSE-I mentionnées plus haut. Néanmoins ce tableau a été inclus à titre d'information sur le type de gisements existant en Ukraine.

D'après ce tableau, 76 pour cent des ressources qui s'élèvent à 135 500 t au total, sont renfermées dans les gisements de type albitite de Vatoutinskoïe, de Severinskoïe et de Mitchourinskoïe ; 11 pour cent dans des gisements de type pegmatite ; 7,5 pour cent dans des gisements liés à des grès qui se prêtent à une exploitation par la technologie de la lixiviation in situ ; et 6 pour cent dans des gisements de type conglomérat, bitume et riphéen.

GISEMENTS D'URANIUM LOCALISÉS EN UKRAINE

Dénomination du gisement	Mines en service	Type de gisement	Ressources* (milliers de t d'U)
1. Vatoutinskoïe	Mine Vatoutinsky	Albitite	25,5
2. Severinskoïe		Albitite	50,0
3. Mitchourinskoïe	Mine Ingoulsky	Albitite	27,0
4. Jeltoretchenskoïe		Albitite	0**
5. Pervomaïskoïe		Albitite	0**
6. Lozovatskoïe		Pegmatite	2,3
7. Kalinovskoïe		Pegmatite	7,6
8. Youjnoïe		Pegmatite	5,1
9. Nikolokozelskoïe		Conglomérat	2,1
10. Nikolaïevskoïe		Riphéen***	1,8
11. Berekskoïe		Bitume	0,7
12. Krasnooskolskoïe		Bitume	0,7
13. Adamovskoïe		Bitume	2,7
14. Sadovokonstantinovskoïe		Grès	0,7
15. Bratskoïe		Grès	0**
16. Safonovskoïe		Grès	3,5
17. Devladovskoïe		Grès	0**
18. Novogouryevskoïe		Grès	1,7
19. Sourskoïe		Grès	1,1
20. Tchervonoïarskoïe		Grès	0,5
21. Markovskoïe		Grès	2,5

* Non affectées à une catégorie de ressources.

** Gisements épuisés.

*** Le Riphéen correspond à l'ère la plus récente du Précambrien.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

L'ensemble des ressources non découvertes (RSE-II et RS) représente 241 000 t d'U au total, contre 235 000 t d'U indiquées dans la précédente édition du Livre rouge. Sur ces 241 000 t, seules 10 000 t d'U entrent dans la catégorie des RSE-II récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U, tandis que 231 000 t d'U sont classées dans la catégorie des RS sans spécification de tranche de coût.

On présume que la majeure partie des ressources non découvertes se trouve dans les types de gisements suivants : albitite (133 500 t d'U), pegmatite (15 000 t d'U), bitume (16 500 t d'U), couverture sédimentaire du bouclier ukrainien (20 000 t d'U), gisements présumés liés à des discordances (20 000 t d'U) et gîtes de type filonien en remplissage de fissures (stockwerk) (30 000 t d'U). Aucune information précise n'est disponible sur la classification des 6 000 t d'U restantes dans la catégorie des ressources non découvertes.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
n.d.	n.d.	10 000

* S'agissant de ressources in situ.

RESSOURCES SPÉCULATIVES* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 130 \$/kg d'U	Non spécifiée	Total
n.d.	231 000	231 000

* S'agissant de ressources in situ.

PRODUCTION D'URANIUM

Historique

L'industrie de l'extraction et du traitement du minerai d'uranium en Ukraine a été établie en 1946 par décret spécial du Soviet (Conseil) des députés du peuple. Depuis cette date, ce sont au total 21 gisements d'uranium qui ont été découverts et évalués (voir carte). Les plus importants sont ceux de Vatoutinskoïe, Severinskoïe et Mitchourinskoïe. Toutefois, la production d'uranium en Ukraine a d'abord été associée à l'exploitation des mines de fer situées au voisinage de la ville actuelle de Jeltiye Vody.

Deux importants centres ont été établis pour produire de l'uranium. Ils comprennent les Ateliers orientaux d'exploitation minière et de concentration (dénommés VostGOK) de Jeltiye Vody et l'usine chimique Prednieprovsky (P.Ch.Z). L'entreprise VostGOK exploite actuellement des mines souterraines près de Kirovograd et de Smolino (province de Kirovograd).

L'usine chimique de Prednieprovsky, située à Dnieprodzerjinsk (province de Dnieprovsk), a produit de l'uranium de 1947 à 1990. Aujourd'hui, elle produit d'autres métaux destinés à l'industrie nucléaire, ainsi que des matériaux et des produits chimiques. Avant la suspension de la production d'uranium en 1990, cette usine a été à l'origine de la production de plus de 33 millions de tonnes de résidus*. Elle avait d'abord été établie afin de traiter des minerais d'uranium provenant d'Europe centrale et elle a ensuite assuré le traitement de minerais extraits en Ukraine.

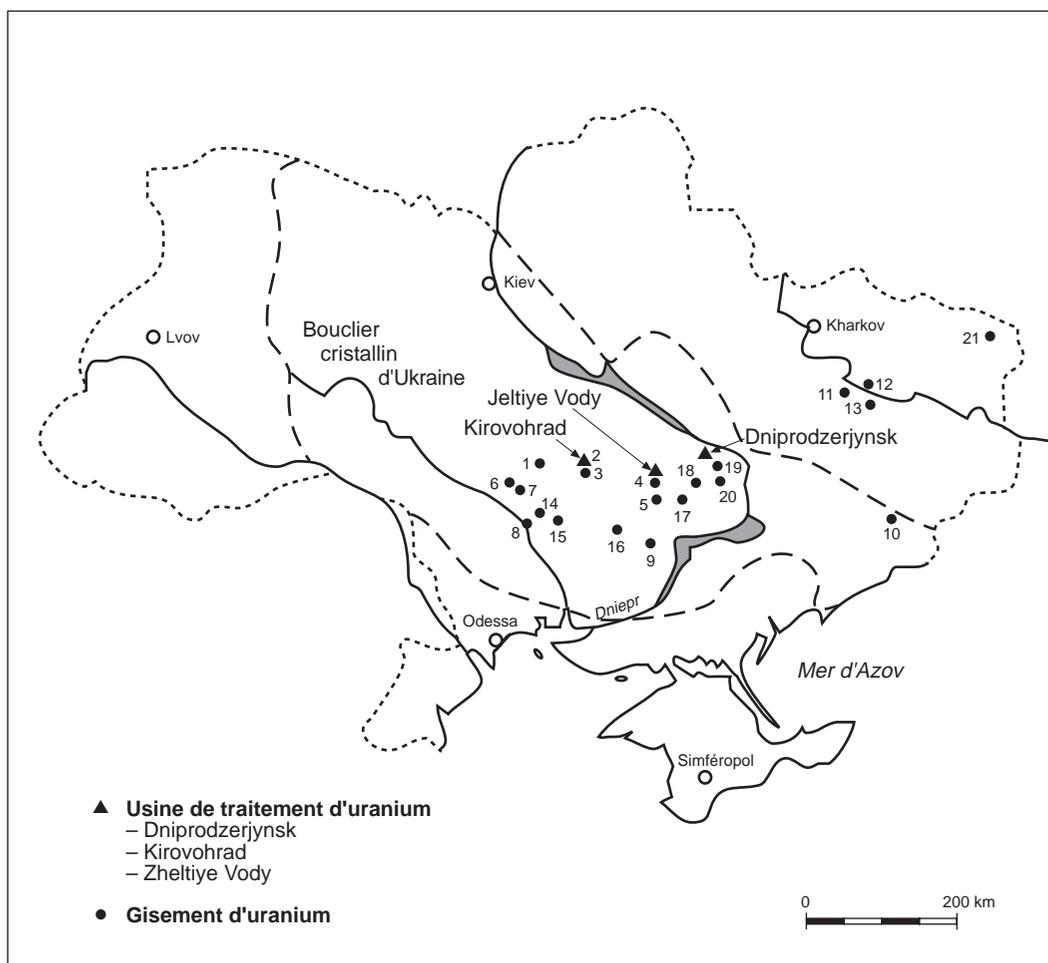
La production d'uranium a démarré en Ukraine en 1959 à l'aide de techniques d'exploitation en souterrain dans des mines uniquement exploitées pour l'uranium. L'usine hydrométallurgique de Jeltiye Vody a été mise en service la même année. Le recours à la lixiviation in situ pour l'extraction de l'uranium a débuté au milieu des années 60, au moyen de puits forcés à partir de la surface.

PRÉCISIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES CENTRES DE PRODUCTION D'URANIUM

Nom du centre de production	Jeltiye Vody
Catégorie de centre de production	Existant
Stade d'exploitation	En service
Date de mise en service	1959
Source de minerai : • Nom des gisements • Type de gisement	90 % – Mine d'Ingoulsky/Gisement de Mitchourinskoïe 10 % – Mine Vatoutinsky/Gisement de VatoutinskoïeAlbitite
Exploitation minière : • Type (CO/ST/in situ) • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours d'extraction (%)	ST n.d. n.d.
Usine de traitement : • Type (EI/ES/LA) • Tonnage (tonnes de minerai/jour) • Taux moyen de récupération en cours de traitement (%)	Jeltiye Vody LA/EI et ES n.d. 95
Capacité nominale de production (<i>t d'U/an</i>)	1 000
Projets d'expansion	Projet de doubler la capacité à 2 000 t d'U/an

* Rudy, C. « Propositions ukrainiennes relatives à des projets de remise en état de l'environnement dans les zones d'activités d'extraction et de traitement du minerai d'uranium », (Rapport sur l'état d'avancement et propositions de projets à l'intention de la Réunion de planification RER/9/022, Vienne, 24-28 avril 1995), Ministère de la protection de l'environnement et de la sûreté nucléaire de l'Ukraine, Conseiller spécial auprès du Ministre chargé des questions de sûreté nucléaire et radiologique

Gisements d'uranium en Ukraine



- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Vatoutinskoïe | 12. Krasnooskoïskoïe |
| 2. Severinskoïe | 13. Adamovskoïe |
| 3. Mitchourinskoïe | 14. Sadovokonstantinovskoïe |
| 4. Jeltoretchenskoïe | 15. Bratskoïe |
| 5. Pervomaïskoïe | 16. Safonovskoïe |
| 6. Lozovatskoïe | 17. Devadovskoïe |
| 7. Kalinovskoïe | 18. Novogouryevskoïe |
| 8. Youjnoïe | 19. Sourskoïe |
| 9. Nikolokozelskoïe | 20. Tchervonoyarskoïe |
| 10. Nikolaïevskoïe | 21. Markovskoïe |
| 11. Berekskoïe | |

Exploitation minière de l'uranium

À l'heure actuelle, deux mines (Ingoulsky et Vatoutinsky) produisent du minerai d'uranium. On prévoit d'aménager une troisième mine sur le gisement de Severinskoïe en vue d'un démarrage de la production après l'an 2000. Environ 90 pour cent de la production actuelle d'uranium provient de la mine d'Ingoulsky qui a été aménagée sur le gisement de Mitchourinskoïe, les 10 pour cent restants provenant de la mine Vatoutinsky qui est située près de Smolino. Des activités d'exploitation minière ont aussi été menées auparavant sur le gisement de type albitite de Pervomaïskoïe, près de Kirovograd. La mine a été fermée lorsque le minerai a été épuisé. L'uranium a aussi fait l'objet antérieurement d'une exploitation par lixiviation in situ (LIS) sur les trois sites de Devladov, Bratske et Safonovskoïe.

Corps minéralisé de Mitchourinskoïe

Le corps minéralisé de Mitchourinskoïe a été découvert en 1964 au cours du forage de puits pour la production d'eau. L'entreprise Kirovgeology a mené des activités de prospection en 1965 et a entrepris le traçage de la mine d'Ingoulsky en 1967.

Les gisements d'uranium se trouvent dans une importante région tectonique d'orientation nord-ouest sud-est, s'étendant sur des centaines de kilomètres de long et environ 10 km de large. Cette région tectonique a été affectée par des mouvements et des déformations notables. Le minerai se rencontre dans un mélange hétérogène de gneiss, de granite et d'albitite métasomatique.

La zone minéralisée a environ 10 m d'épaisseur sur 1 km de long et s'étend jusqu'à 1,5 km de profondeur. La teneur du minerai diminue avec la profondeur, les teneurs les plus intéressantes se trouvant entre 90 et 150 mètres au-dessous du niveau du sol. L'uranium est contenu dans une proportion de 60 pour cent dans de la brannerite, le reste étant en majeure partie constitué par de la pechblende et de l'uraninite sous forme oxydée. L'uranophane et la coffinite sont également présents en quantités moindres. La température de formation du minerai était comprise entre 200°C et 400°C et l'âge de la minéralisation remonte à 1,65 à 1,70 milliard d'années.

Mine d'Ingoulsky

Le corps minéralisé de Mitchourinskoïe est exploité au moyen de la mine d'Ingoulsky. Le puits principal est situé à 2 kilomètres de Kirovograd.

La production actuelle est inférieure à la capacité initialement prévue de 1 million de tonnes de minerai par an. Le plan initial prévoyait une durée de vie de 25 ans sur la base de 19,1 millions de tonnes de minerai par an. La production minière a débuté en 1971. Elle a atteint le niveau prévu de 1 million de tonnes par an en 1976 et s'est maintenue à ce niveau jusqu'en 1989.

Le minerai se trouve dans une trentaine de zones. Les réserves primitivement évaluées à 19,1 millions de tonnes de minerai ont été majorées après 1967, par suite de la localisation de 7 millions de tonnes supplémentaires de minerai. Au 1er janvier 1995, ces réserves étaient d'environ 13 millions de tonnes d'U, pour une teneur de coupure de 0,03 pour cent d'U. La teneur moyenne en place est d'environ 0,1 pour cent. La dilution au cours de l'extraction est d'environ 29 pour cent. La teneur est portée à un niveau compris entre 0,1 et 0,2 pour cent d'U par l'utilisation sur le carreau de la mine du tri radiométrique pratiqué sur chaque wagonnet de minerai.

L'accès à la mine s'effectue par deux puits de 7 m de diamètre, dénommés Nord et Sud. Le minerai est amené à la surface au puits Nord à l'aide de deux monte-charge à godets d'une capacité de 11 tonnes. Le puits Sud est destiné aux travailleurs, aux fournitures et à l'accès technique. Un puits de ventilation fournit 480 m³ d'air par seconde. Les principaux niveaux de mine (90, 150, 210, 280 et 350) sont aménagés à environ 60 à 70 m d'intervalle.

Le minerai est extrait à l'aide des méthodes classiques de forage et d'abattage aux explosifs avec remblayage. La mine fonctionne sur la base de trois équipes de quart, avec un effectif total d'environ 850 personnes. Les grands blocs de minerai sont subdivisés en blocs de 10 à 12 m de haut à des fins d'extraction. Des cercles de sondages d'essai sont forés tous les 4 à 5 m. Après abattage, le minerai est amené dans des poches de chargement en vue de son transfert au système de galeries intermédiaires de roulage à rail. Le minerai est transporté par des bennes à propulsion électrique jusqu'au niveau du puits principal où il est broyé avant d'être remonté à la surface.

Gisement de Severinskoïe

Le gisement de Severinskoïe, situé à une vingtaine de kilomètres du gisement de Mitchourinskoïe, a fait l'objet d'une évaluation en vue d'une exploitation future après l'an 2000. Il s'agit du plus grand gisement dans la catégorie des RRA et des RSE-I, représentant 68 400 t d'U dont la teneur moyenne est d'environ 0,1 pour cent. Ces ressources entrent dans la tranche de coût comprise entre 80 et 130 \$/kg d'U. Vingt pour cent relèvent de la catégorie C2, alors que 80 pour cent entrent dans les catégories A, B, et C1. Le gisement a été exploré de 1974 à 1980 au moyen de plus de 40 km de forages mais il est resté inexploité.

Usine hydrométallurgique de Jeltiye Vody

L'installation hydrométallurgique (usine de traitement) de Jeltiye Vody est exploitée par l'entreprise VostGOK. La construction a débuté en 1958 et l'usine a été mise en service en janvier 1959. La capacité nominale de production de l'usine est de 1 million de tonne de minerai par an. Ces dernières années, l'usine a fonctionné à environ la moitié de sa capacité. De 30 à 35 personnes par quart au total exploitent l'usine.

Le minerai est acheminé à l'usine par chemin de fer spécial à partir des deux mines d'Ingoulsky et de Vatoutinsky, l'une située à Kirovograd (100 km à l'ouest) et l'autre à Smolino, près de Beriozovka (150 km à l'ouest). Le minerai est produit à 90 pour cent à Kirovograd. Après broyage et séparation en fonction de la densité au moyen de spirales, le minerai subit une lixiviation dans des autoclaves utilisant de l'acide sulfurique. Les conditions de lixiviation sont les suivantes : température comprise entre 150 et 200°C sous une pression de 20 atmosphères, avec un temps de séjour de quatre heures. La consommation d'acide est de 80 kg par tonne de minerai.

Pour récupérer l'uranium, on utilise le procédé résine en pulpe (RIP) par échange d'ions. Après élution à l'aide d'un mélange d'acide sulfurique et nitrique, la solution uranifère fait ensuite l'objet d'une concentration et d'une purification au moyen de la technologie d'extraction par solvant. De l'ammoniac gazeux est utilisé pour la précipitation. Le précipité déshydraté est calciné à 800°C pour donner un produit de couleur sombre. En 1994, l'usine de Jeltiye Vody avait produit 41,1 millions de tonnes de résidus par suite de ses opérations de traitement de l'uranium (voir Rudy, *Ibid.*).

L'entreprise VostGOK exploite à Jeltiye Vody une unité de production d'acide sulfurique d'une capacité annuelle de 1 million de tonnes. Cet acide est utilisé pour la production d'uranium et pour la fabrication d'engrais phosphatés destinés à l'agriculture. Vers le milieu de 1995, cette unité produisait environ 400 000 tonnes d'acide par an. VostGOK est engagée dans une entreprise commune avec un associé étranger en vue de produire du scandium, présent dans les minerais, en tant que sous-produit.

Extraction par lixiviation in situ

De l'uranium a été exploité par lixiviation in situ (LIS) sur les sites de Devladov, Bratske, et Safonovskoïe**. L'exploitation a été pratiquée de 1966 à 1983 à l'aide des techniques de lixiviation par voie acide. L'uranium a été récupéré à partir de gisements renfermés dans des grès situés à des profondeurs d'environ 100 mètres. Pour plus d'informations, se reporter à la précédente édition du Livre rouge.

Structure de la propriété dans le secteur de l'uranium

En Ukraine, toutes les activités liées au cycle du combustible nucléaire sont organisées et détenues par l'État. Jusqu'à 1997, toutes ces activités étaient menées par le Comité d'État d'Ukraine sur l'utilisation de l'électronucléaire (GOSCOMATOM). Depuis 1997, le nouveau Ministère de l'énergie de l'Ukraine assume la responsabilité de l'exploitation minière de l'uranium et de sa production. La réorganisation des études géologiques dans le secteur de l'uranium est également en cours.

L'entreprise géologique d'État « Kirovgeology » a la charge de toutes les activités de prospection et de mise en valeur des ressources en uranium conduisant à la production à l'échelle industrielle. Cet organisme est une filiale du Comité d'État d'études géologiques et d'utilisation des ressources naturelles. Le siège de Kirovgeology est situé à Kiev. L'entreprise dispose de six bureaux régionaux, ou antennes, chargés de mener les travaux de prospection de l'uranium dans toutes les zones d'intérêt d'Ukraine.

L'entreprise VostGOK, filiale du Ministère de l'énergie, est l'organisme chargé de l'extraction et du traitement de l'uranium. À l'appui de ses activités d'extraction minière et de traitement, la VostGOK exploite une importante unité de production d'acide sulfurique, gère les approvisionnements en énergie et en électricité, dispose d'une division de transport ferroviaire, a deux antennes géologiques, et produit du matériel et des pièces détachées destinés à l'exploitation minière.

** Bakarjiev, A. Ch., O.F. Makivtchouk et N.I. Popov, « *The industrial types of uranium deposits of Ukraine and their resources* » (Les types de gisements d'uranium d'intérêt industriel en Ukraine et leurs ressources), communication présentée à la Réunion du Comité technique sur l'évolution récente de la situation en ce qui concerne l'uranium (mise en valeur des gisements, prospection, ressources et état de l'offre et de la demande mondiales), Kiev, Ukraine, 22-26 mai 1995.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

Les accumulations de déchets liés à la production d'uranium ont des incidences négatives sur l'environnement. Ces incidences sont liées principalement aux aires d'évacuation des résidus provenant des installations de traitement hydrométallurgique. D'autres effets peuvent aussi être imputables aux stériles, aux minerais à faible teneur et aux résidus de concentration radiométrique du minerai, qui se trouvent entreposés dans les zones minières. À l'heure actuelle, aucune mine n'est en cours de déclassement en Ukraine.

En 1996, l'Ukraine a adopté une nouvelle constitution qui établit une nouvelle base législative pour la réalisation de travaux de remise en état. Cette nouvelle législation prévoit une réglementation visant :

1. l'utilisation de l'énergie nucléaire et la sûreté radiologique ;
2. la gestion des déchets radioactifs ;
3. les aspects sanitaires liés au changement d'orientation de l'activité industrielle et à la fermeture permanente des entreprises d'extraction, de traitement et d'utilisation des minerais radioactifs (SP-LKP-91).

L'entreprise VostGOK mène actuellement un programme en vue de décontaminer et de remettre en état des sites de Jeltiye Vody qui ont été pollués par les résidus de traitement de l'uranium. Ce programme a été établi par le Conseil des ministres d'Ukraine, le 8 juillet 1995. Il sert de base à l'assainissement et à l'élimination des terres contaminées, à la réduction des concentrations de radon dans les habitations et à la mise en œuvre d'une surveillance de l'environnement dans la ville.

Un programme d'État pour l'amélioration de la radioprotection dans les installations de l'industrie nucléaire de l'Ukraine a aussi été établi. Il couvre tous les sites et tous les aspects environnementaux de l'extraction et du traitement de l'uranium. Son budget s'élève à 360 millions de dollars. Il prévoit la décontamination des terres contaminées, la surveillance de l'environnement, la mise en place de systèmes de surveillance du personnel là où cela est nécessaire, l'amélioration des techniques permettant de traiter les effluents, les stériles renfermant de l'uranium, ainsi que le matériel et les terrains contaminés. Ce programme couvre aussi d'amélioration la réglementation nationale, le soutien scientifique et technique, et les relations avec les organisations internationales.

BESOINS EN URANIUM

Les besoins en uranium des centrales nucléaires ukrainiennes correspondent à une puissance nucléaire installée qui était de 12 880 MWe en 1995 et qui devrait atteindre 15 880 MWe en 2010. Ces besoins passeront de 2 310 t d'U par an en 1995, à 2 640 t d'U par an en 1997 et 2 790 t d'U par an en 2010. Les informations pour 2015 ne sont pas disponibles.

PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE (*MWe nets*)

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
12 880	13 880	13 880	14 880	15 880	15 880	15 880	15 880

BESOINS ANNUELS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (*tonnes d'U*)

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
2 310	2 490	2 640	2 350	2 790	2 830	2 890	2 790

STRATÉGIE EN MATIÈRE D'ACHAT ET D'APPROVISIONNEMENT

Les installations de production d'uranium actuellement en service permettent à l'Ukraine de couvrir 50 pour cent des besoins de ses réacteurs. Les concentrés d'uranium sont expédiés en totalité dans la Fédération de Russie pour conversion, enrichissement et fabrication du combustible. L'autre moitié des besoins est couverte par des achats à la Fédération de Russie.

L'Ukraine projette d'accroître sa capacité d'approvisionnement en uranium afin de couvrir intégralement ses besoins. Ce programme exige d'intensifier notablement toutes les activités allant de la prospection à la production d'uranium.

Le Gouvernement de l'Ukraine a également rendu public un programme de mise en place dans ce pays d'une industrie du cycle du combustible d'ici à 2010, comportant l'établissement d'une capacité nationale de fabrication de combustible.

STOCKS D'URANIUM

Il n'existe pas de stocks d'uranium en Ukraine. La totalité des concentrés d'uranium est livrée à la Fédération de Russie pour traitement complémentaire.

• Viêt Nam •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

Des travaux de prospection de l'uranium ont été exécutés dans certaines régions du Viêt Nam depuis 1955. À partir de 1978, un programme systématique de prospection régionale a été poursuivi dans l'ensemble du territoire national.

Environ 300 000 km², soit 95 pour cent de la superficie du pays, ont fait l'objet de levés au 1/200 000ème au moyen de méthodes radiométriques au sol associées à des observations géologiques. Près de 25 000 km², soit 7 pour cent du pays, ont été couverts par un levé radiométrique et magnétique aéroporté au 1/25 000ème. On a sélectionné des indices et des anomalies qui ont été étudiés plus en détail à l'aide de sondages représentant 75 000 m et de travaux d'exploration en souterrain.

Activités récentes et en cours

Les activités de prospection de l'uranium sont menées par la Division géologique n° 10 et la Division géophysique du Département de géologie du Ministère de l'industrie lourde. Les effectifs totaux de personnel affectés à des activités de prospection de l'uranium sont de l'ordre de 300 à 500 personnes attachées à plusieurs bureaux régionaux.

En 1995 et 1996, les activités de prospection ont été axées sur une évaluation plus poussée du potentiel uranifère du bassin de Nong Son (province de Quang Nam). Les travaux de prospection ont porté principalement sur deux projets :

- la prospection des terrains gréseux de la région de Tabhing, située dans la partie occidentale du bassin de Nong Son.
- la prospection de la région d'An Diem où se rencontrent des indices d'uranium dans un milieu volcanique.

On trouvera dans le tableau suivant des précisions concernant les activités menées.

DÉPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM ET ACTIVITÉS DE FORAGE

	1994	1995	1996	1997 (Prévisions)
DÉPENSES DU SECTEUR PUBLIC : (milliers de dollars des États-Unis)	136	160	208	227
Sondages superficiels exécutés par le secteur public (mètres)	0	0	800	n.d.
Nombre de trous de sondage forés par le secteur public	0	0	n.d.	n.d.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Le Viêt Nam fait état pour la première fois de 1 337 t d'U dans la catégorie des RRA récupérables à des coûts inférieurs ou égaux à 130 \$/kg d'U, provenant du gisement de Khe Hoa-Khe Cao. Les Ressources Supplémentaires Estimées – Catégorie I (RSE-I) se sont accrues, passant de 544 t d'U en 1995 à 6 744 t d'U au 1er janvier 1997. L'augmentation des RRA et des RSE-I résulte des travaux de prospection dont continue de faire l'objet le gisement de Khe Hoa-Khe Cao situé dans le bassin de Nong Son.

RESSOURCES RAISONNABLEMENT ASSURÉES* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
n.d.	n.d.	1 337

* S'agissant de ressources in situ.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE I* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
n.d.	491	6 744

* S'agissant de ressources in situ.

Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

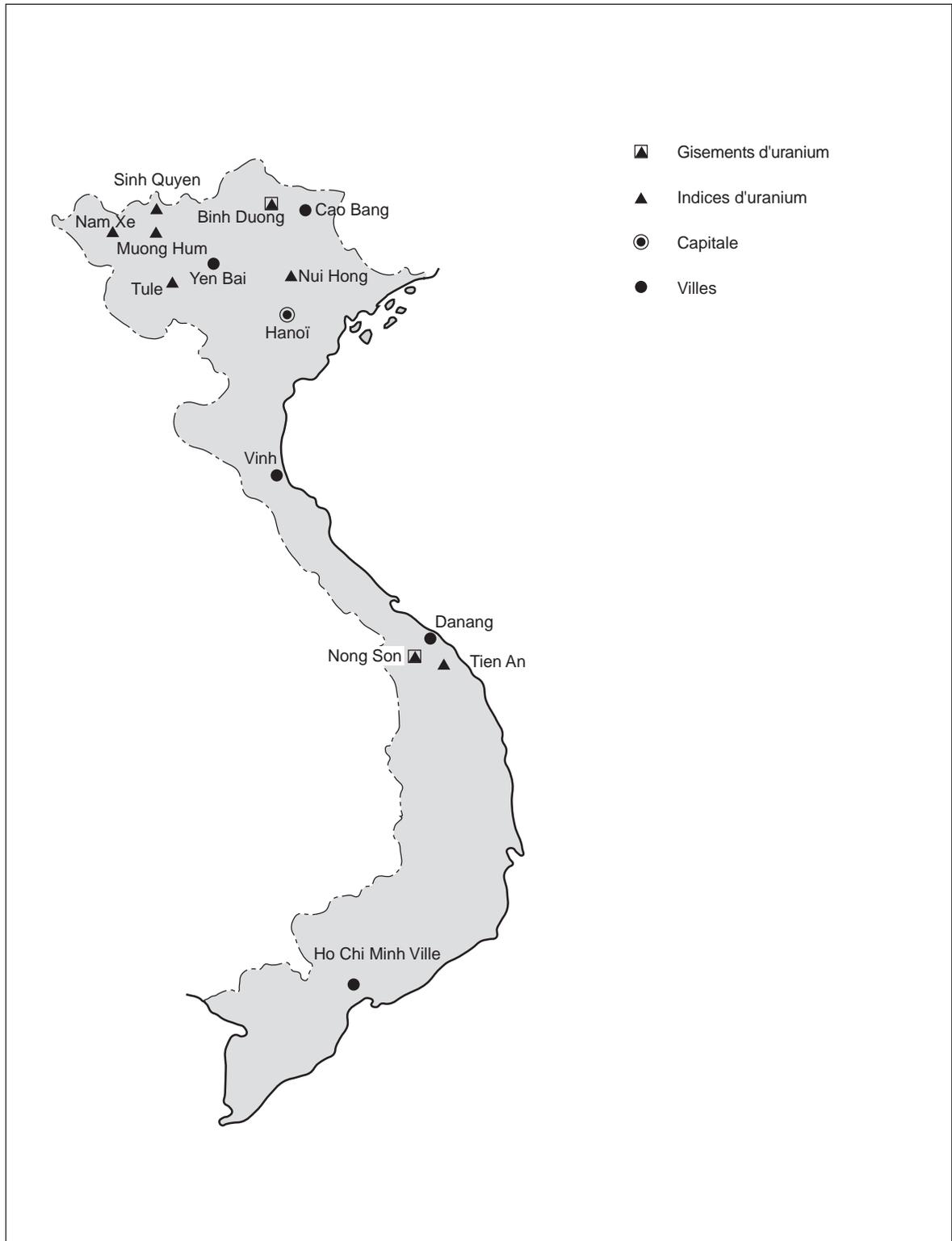
Les données relatives tant aux RSE-II qu'aux Ressources Spéculatives demeurent les mêmes que dans l'édition de 1995 du Livre rouge. Les RSE-II récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U sont principalement constituées par les 5 000 t d'U de l'indice de Tabhing, situé dans le bassin de Nong Son.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES ESTIMÉES – CATÉGORIE II* (tonnes d'U)

Tranches de coût		
< 40 \$/kg d'U	< 80 \$/kg d'U	< 130 \$/kg d'U
n.d.	n.d.	5 700

* S'agissant de ressources in situ.

Principaux gisements et indices d'uranium au Viêt Nam



Les Ressources Spéculatives sont estimées à 230 000 t U au 1er janvier 1997, dont 130 000 t qui ne sont affectées à aucune tranche de coût (voir tableau).

RESSOURCES SPÉCULATIVES* (*tonnes d'U*)

Tranches de coût		
< 130 \$/kg d'U	Non spécifiée	Total
100 000	130 000	230 000

* S'agissant de ressources in situ.

Ressources non classiques et uranium obtenu comme sous-produit

Il est fait état de ressources non classiques qui se trouveraient dans les gisements de charbon du bassin de Nong Son, dans des gîtes de terres rares, dans le gisement sédimentaire de phosphates de Binh Duong, ainsi que dans le gisement de graphite de Tien An.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Le Viêt Nam est un pays qui possède peu de combustibles fossiles. C'est pourquoi, dans sa nouvelle politique énergétique, le Gouvernement fait figurer l'électronucléaire parmi les options possibles. Le Gouvernement prévoit de construire une centrale nucléaire avant 2015. Toutefois, il n'a été établi aucun plan à long terme pour développer un système d'approvisionnement national en uranium.

• Zambie •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Activités récentes et en cours

Le projet d'évaluation des ressources en uranium entrepris vers 1990 se poursuit. Des cartes géochimiques visant l'uranium sont en cours d'établissement. En 1994, les dépenses de prospection de l'uranium se sont élevées à 3 millions de kwachas (4 380 dollars des États-Unis). Les données ne sont pas disponibles pour 1995 et 1996.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

La Zambie ne fait état d'aucune ressource connue en uranium.

Ressources classiques non découvertes

Les résultats obtenus lors de la compilation des cartes géochimiques relatives à l'uranium ont permis de définir deux nouvelles provinces métallogéniques présentant un potentiel uranifère. Elles ont été déterminées sur la base de l'existence de concentrations anormales d'uranium dans des sédiments fluviaux. Ces provinces métallogéniques comprennent le bloc de Bangweulu en Zambie septentrionale et la zone de Kabwe-Mkushi en Zambie centrale. En outre, il existe des indices connus d'uranium dans la Copper Belt et dans la moyenne vallée du Zambèze.

Le bloc de Bangweulu est une unité cratonique constituée d'un socle cristallin, de roches volcaniques acides métamorphisées et de granitoïdes formées il y a de 2 000 à 1 800 millions d'années. La zone de Kabwe-Mkushi repose sur des roches sédimentaires métamorphisées appartenant au Groupe du Katanga qui se sont déposées au cours d'une période comprise entre 1 300 millions d'années (à 40 millions d'années près) et 620 millions d'années (à 20 millions d'années près).

Le potentiel uranifère de ces deux provinces a été estimé à 22 000 t d'U entrant dans la catégorie des RSE-II récupérables à des coûts inférieurs à 130 \$/kg d'U. Sur ce chiffre total, on estime à 3 000 t d'U les quantités susceptibles d'être renfermées dans des gisements de type filonien, les 19 000 t d'U restantes étant constituées par des gisements d'uranium renfermés dans des grès.

Les ressources en uranium de la Zambie n'ont pas varié au cours des deux dernières années.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Toute prospection de l'uranium sera effectuée par le Département de recherches géologiques de la Zambie. Cependant, faute de disposer de fonds suffisants, aucune activité de prospection n'est entreprise pour le moment.

• Zimbabwe •

PROSPECTION DE L'URANIUM

Historique

La prospection de l'uranium par des méthodes modernes a commencé au Zimbabwe en 1981, lorsqu'il a été procédé à un levé aéroporté par spectrométrie gamma qui a couvert toute la vallée du Zambèze. Ce levé avait pour objet d'évaluer les possibilités offertes par les roches sédimentaires du système du Karoo. Afin de vérifier et de sélectionner les anomalies décelées au cours du levé aéroporté, on a procédé en 1982 à un levé complémentaire hélicopté ainsi qu'à un levé au sol. De 1983 à 1987, des travaux supplémentaires ont été exécutés sur toutes les anomalies vérifiées. À la suite de la découverte du gisement de Kayemba-1, une évaluation détaillée a été entreprise. Entre 1985 et 1990, il a été procédé à des forages d'exploration et de délimitation, et à des études techniques, en particulier dans le domaine de l'hydrogéologie, de la mécanique des roches, du traitement des minerais et de l'extraction minière. Une étude préliminaire de faisabilité a aussi été réalisée à partir de ces informations.

Les activités de prospection consacrées au gisement de Kayemba-1 ont été achevées vers la fin de 1991. Au cours de 1991 et 1992, on a effectué une étude technique de faisabilité relative à ce gisement. L'étude des incidences sur l'environnement a été lancée, comportant le recueil des données de référence relatives à l'hydrogéologie, l'émanométrie, la dosimétrie et la micro-météorologie de cette zone.

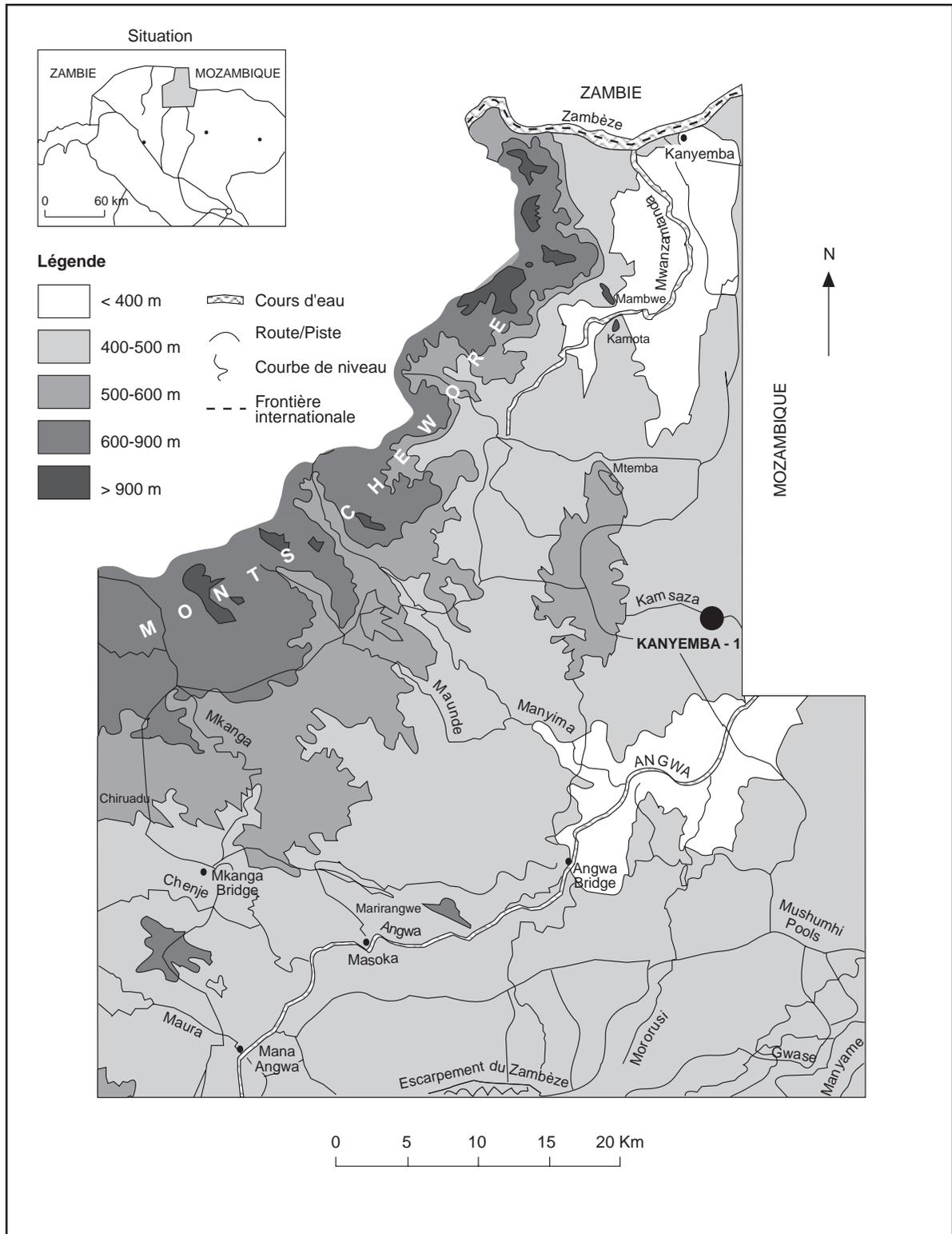
Étant donné la situation du marché international de l'uranium, qui a une incidence négative sur la faisabilité du projet de Kanyemba, toutes ces activités ont cessé à la fin de 1992. Aucune dépense de prospection n'a été engagée en 1996, ni n'est prévue en 1997.

RESSOURCES EN URANIUM

Ressources classiques connues (RRA et RSE-I)

Les ressources classiques connues du Zimbabwe représentent 1 800 t d'U récupérables à un coût inférieur ou égal à 80 \$/kg d'U et ayant une teneur moyenne de 0,6 pour cent. Ces ressources sont liées au gisement de Kayemba-1 situé dans la partie septentrionale du pays, à proximité de la frontière du Mozambique. Ce gisement est constitué par plusieurs corps minéralisés de forme lenticulaire de 0,20 à 3 m d'épaisseur, de 20 à 100 m de largeur et atteignant 600 m de long. Il s'agit d'un gisement tabulaire renfermé dans des grès de la formation supérieure d'arkose caillouteuse datant du Trias supérieur du système du Karoo supérieur. Les grès constituant la roche encaissante ont été déposés par un fleuve à méandres.

Emplacement du gisement d'uranium de Kanyemba-1 au Zimbabwe



Ressources classiques non découvertes (RSE-II et RS)

Le Zimbabwe ne donne pas d'estimations en ce qui concerne les RSE-II. Toutefois, il fait état de Ressources Spéculatives liées à des roches sédimentaires du système du Karoo datant du Permien-Jurassique inférieur.

PRODUCTION D'URANIUM

Le gisement de Kayemba-1, avec ses ressources connues de 1 800 t d'U entrant dans la tranche de coût inférieur à 80 \$/kg d'U, pourrait, dans des conditions de marché favorables, alimenter un centre de production. Des plans préliminaires prévoient la construction d'un tel centre ayant une capacité théorique de production de 350 t d'U par an. On ne dispose pas d'autres précisions.

POLITIQUES NATIONALES RELATIVES À L'URANIUM

Les sociétés tant nationales qu'étrangères peuvent mener des activités de prospection de l'uranium au Zimbabwe. Ces activités sont administrées et surveillées par le Ministère des mines et doivent respecter les mêmes prescriptions que celles régissant la prospection des métaux communs et précieux. Il n'a pas encore été formulé de politique nationale relative à la production et à la commercialisation de l'uranium au Zimbabwe.

Annexe 1

MEMBRES DU GROUPE AEN-AIEA SUR L'URANIUM

<i>Afrique du Sud</i>	M. B.B. HAMBLETON-JONES (Vice-Président) M. L.C. AINSLIE M. R.G. HEARD	Atomic Energy Corporation of South Africa Ltd., Pretoria
<i>Allemagne</i>	M. F. BARTHEL (Président)	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
<i>Argentine</i>	M. A. CASTILLO	Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Proyectos Especiales de Suministros Nucleares, Buenos Aires
<i>Australie</i>	M. I. LAMBERT M. A. McKAY M. R. JEFFREE	Bureau of Resource Sciences, Dept. of Primary Industries and Energy, Canberra Australian High Commission, London (United Kingdom)
<i>Belgique</i>	Mme F. RENNEBOOG	Synatom, Bruxelles
<i>Brésil</i>	Mme. E.C.S. AMARAL M. S. SAAD M. H. A. SCALVI	Instituto de Radioproteção e Dosimetria (CNEN/IRD), Rio de Janeiro Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN/COMAP), Rio de Janeiro Indústrias Nucleares do Brasil S/A - INB, Poços de Caldas
<i>Canada</i>	M. R.T. WHILLANS	Division de l'Uranium, Ressources Naturelles Canada, Ottawa

<i>Chine</i>	M. R. ZHANG	Bureau of Mining and Metallurgy China National Nuclear Corporation (CNNC), Beijing
<i>Égypte</i>	M. A.B. SALMAN	Autorité chargée des matières nucléaires (NMA), El-Maadi, Le Caire
<i>Espagne</i>	M. J. ARNÁIZ DE GUEZALA	ENUSA, Madrid
<i>États-Unis</i>	M. J. GEIDL (Vice-Président)	Energy Information Administration U.S. DOE, Washington (DC)
	M. W. FINCH	US Geological Survey, Denver
<i>Finlande</i>	M. K. PUUSTINEN	Département de géologie économique, Geological Survey of Finland, Espoo
<i>France</i>	M. J-L. BALLERY (Vice-Président) Mme. F. THAIS	Commissariat à l'énergie atomique Centre d'études nucléaires de Saclay, Saclay
<i>Hongrie</i>	M. G. ÉRDI-KRAUSZ	Mecsekurán LLC, Pécs
<i>Inde</i>	M. C.K. GUPTA	Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, Bombay
	M. K.K. DWIVEDY	Atomic Minerals Division, Department of Atomic Energy, Hyderabad
<i>Iran</i>	M. A. G. GARANKANI M. S.M.R. AYATOLLAHI M. M.H. MASHAYEKHI	Organisation de l'énergie atomique d'Iran, Téhéran
<i>Japon</i>	M. H. MIYADA	Geotechnics Development Section Tono Geoscience Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corp. (PNC), Tokyo

<i>Japon</i> <i>(suite)</i>	M. K. NORITAKE	Bureau de la PNC à Paris, Paris (France)
<i>Jordanie</i>	M. S. AL-BASHIR	Jordan Phosphate Mines Co., Amman
<i>Kazakhstan</i>	M. G.V. FYODOROV	Agence de l'énergie atomique du Kazakhstan, Almaty
<i>Lituanie</i>	M. K. ZILYS	Représentant permanent par intérim de la Lituanie auprès des Nations Unies, Vienne (Autriche)
<i>Maroc</i>	M. D. MSATEF	Centre d'études et de recherches des phosphates minéraux, Casablanca
<i>Mongolie</i>	M. T. BATBOLD	Uranium Co., Ltd., Ulan Bator
<i>Namibie</i>	M. H. ROESENER	Geological Survey Ministry of Mines and Energy, Windhoek
<i>Ouzbékistan</i>	M. N.S. BOBONOROV	Comité d'État chargé de la géologie et des ressources minérales de la République d'Ouzbékistan, Tachkent
	M. S.B. INOZEMTSEV	Complexe minier et métallurgique de Navoï, Navoï
<i>Pakistan</i>	M. M.Y. MOGHAL	Atomic Energy Minerals Centre, Lahore
<i>Philippines</i>	Mme. P.P. GARCIA	Ambassade des Philippines, Pretoria (Rép. d'Afrique du Sud)
<i>Portugal</i>	M. R. DA COSTA	Instituto Geologico e Mineiro, Lisbonne

<i>Roumanie</i>	M. F.T. IUHAS	Régie autonome des métaux rares, Bucarest
<i>Royaume-Uni</i>	Mme. A. KIDD M. N. JONES	RTZ Mineral Services Ltd., London
<i>Russie, Féd. de</i>	M. A.V. BOITSOV	Institut russe de recherche sur la technologie chimique, Moscou
	M. S.S. NAUMOV	Geologorazvedka Concern, Moscou
	M. A.V. TARKHANOV	Ministère de l'Énergie atomique de la Fédération de Russie, Moscou
<i>Suède</i>	M. I. LINDHOLM	Swedish Nuclear Fuel & Waste Management Co., Stockholm
<i>Rép. tchèque</i>	M. J. ŠURÁN (Vice-Président) M. J. BADAR M. J. MAKOVICKA	Diamo s.p., Stráz pod Ralskem
	M. R. MAYER	Ministère de l'Industrie et du Commerce, Prague
<i>Turquie</i>	M. Z. ERDEMIR	Turkish Electricity Generation, Ankara
<i>Ukraine</i>	M. A.Ch. BAKHARZHIEV	Entreprise géologique d'État « Kirovgeology », Kiev
	M. A.P. CHERNOV	Comité d'État de l'Ukraine sur l'utilisation de l'électronucléaire, (Goscomatom), Kiev
	M. B.V. SUKHOVAROV- JORNOVYI	Centre pour la science et la technologie dans le domaine énergétique, Kiev

***Commission
Européenne***

M. J-P. LEHMANN

Direction Générale XVII [Énergie],
Énergie nucléaire, Bruxelles (Belgique)

AIEA

M. D.H. UNDERHILL
(Secrétaire scientifique)

Division du cycle du combustible nucléaire
et de la gestion des déchets,
Vienne (Autriche)

OCDE/AEN

M. I. VERA
(Secrétaire scientifique)

Division du développement de l'énergie
nucléaire, Paris (France)

Annexe 2

LISTE DES ORGANISMES AYANT CONTRIBUÉ AU PRÉSENT RAPPORT

Afrique du Sud	Atomic Energy Corporation of South Africa Limited, P.O. Box 582, Pretoria 0001
Allemagne	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, D-30655 Hannover
Argentine	Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Proyectos Especiales de Suministros Nucleares, Avenida del Libertador 8250, 1156 Buenos Aires
Australie	Department of Primary Industries and Energy, GPO Box 858, Canberra, ACT 2601
Belgique	Ministère des Affaires économiques, Administration de l'énergie, Service de l'énergie nucléaire, 154 Boulevard Emile Jacqmain, B-1210 Brussels
Brésil	Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rua General Severiano, 90, 22294-900, Botafogo, Rio de Janeiro
Bulgarie	Comité de l'énergie, 8, Triaditza Street, Sofia
Canada	Division de l'uranium, Direction de l'uranium et de l'énergie nucléaire, Ressources naturelles Canada, 580 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E4
Chili	Comisión Chilena de Energía Nuclear, Departamento de Materiales Nucleares, Amunategui No. 95, Santiago
Chine	Bureau des mines et de la métallurgie, Société nucléaire nationale de Chine (CNNC), P.O. Box 2102-9, Beijing 100822 Bureau de géologie, Société nucléaire nationale de Chine (CNNC), P.O. Box 762, Beijing 100013
Colombie	INEA, Dirección General, Avenida El Dorado Carrera 50, Santafé de Bogotá
Corée, Rép. de	Division de la coopération internationale dans le domaine de l'énergie atomique, Ministère de la Science et de la Technologie, Government Complex Bldg. II, Gwachun, République de Corée 427-760

Cuba	Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente, Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear, Calle 30 # 502 esq. 5ta Ave. Miramar, Municipio Playa, La Havanne
Danemark	Ministère de l'Environnement et de l'Énergie, Administration chargée des ressources minérales du Groenland, Slotholmsgade 1, 4th floor, DK-1216 Copenhagen K
Égypte	Autorité chargée des matières nucléaires, P.O. Box 530, El Maadi, Le Caire
Espagne	Departamento de Materiales, División de Uranio, ENUSA, Santiago Rusiñol, 12, E-28040 Madrid
Estonie	Ministère de l'Environnement, Toompuiestee 24, 0100 Tallinn
États-Unis	Energy Information Administration, Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels (EI- 50), U.S. Department of Energy, Washington, D.C. 20585
Finlande	Ministère du commerce et de l'industrie, Département de l'énergie, P.O. Box 37, SF-0131 Helsinki
France	Commissariat à l'énergie atomique, Centre d'études de Saclay, F-91191-Gif-sur-Yvette Cedex
Gabon	Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville (COMUF), B.P. 260, Libreville Ministère des Mines, de l'Énergie et du Pétrole, B.P. 874 et 576, Libreville
Grèce	Institut de géologie et de prospection minière, 70, Messogion Street, GR-115 27 Athens
Hongrie	Mecsekurán LLC, P.O. Box 65, H-7614 Pécs
Inde	Atomic Minerals Division, Department of Atomic Energy, 1-10-153-156, Begumpet, Hyderabad 500 016 Uranium Corporation of India Ltd., Jaduguda Mines P.O., Bihar, Singhbhum (East), Inde 832 102
Indonésie	Centre de mise en valeur des minéraux nucléaires, Agence nationale de l'énergie atomique (BATAN), Jl. Cinere Pasar Jumat, P.O. Box 6010 Kbyb, Djakarta 12060
Iran	Organisation de l'énergie atomique d'Iran, P.O. Box 14155-1339, Téhéran
Irlande	Nuclear Safety Division, Dept. of Transport, Energy and Communications, 44 Kildare Street, Dublin 2

Italie	Délégation de l'Italie auprès de l'OCDE, 50, rue de Varenne, F-75007 Paris
Japon	Agence pour la science et la technologie (STA), 2-1 Kasumigaseki, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100
Jordanie	Autorité chargée des ressources naturelles, P.O. Box 7, Amman Jordan Phosphate Mines Co., P.O. Box 30, Amman
Kazakhstan	Agence de l'énergie atomique de la République du Kazakhstan (KAEA), 13 Republic Square, Almaty, 480013
Lituanie	Ministère de l'Économie nationale, Gedimino pr. 38/2, 2600 Vilnius
Malaisie	Service géologique de Malaisie, 19-21ème étage, Bangunan Luth, Jalan Tun Razak, 50736 Kuala Lumpur
Maroc	Centre d'études et de recherches des phosphates minéraux, Casablanca
Mexique	Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, Dr. Barragan No. 779, Col. Narvarte, 03202 Mexico, D.F.
Mongolie	Uran Co. Ltd., Baga troirou-6, Oulan Bator
Namibie	Geological Survey of Namibia, Ministry of Mines and Energy, P.O. Box 2168, Windhoek
Niger	Ministère des Mines, Direction des Mines, B.P. 11700, Niamey
Norvège	Autorité nationale de radioprotection, P.O. Box 55, N-1345 Østeraas
Ouzbékistan	Comité d'État chargé de la géologie et des ressources minérales de la République d'Ouzbékistan, 11 Shevchenko st., 700060 GSP, Tachkent Entreprise géologique d'État « Kyzyltepageologia », Tachkent, 7a Navoi st., 700000 Tachkent Combinat minier et métallurgique de Navoi, 27 Navoi st., 706800 Navoi
Pakistan	Atomic Energy Minerals Centre, Ferozepur Road, P.O. Box 658, Lahore-16
Pays-Bas	Ministère des Affaires économiques, Division du charbon et de l'énergie nucléaire, P.B. 20101, NL-2500 EC La Haye
Pérou	Instituto Peruano de Energía Nuclear, Avenida Canada 1470, San Borja
Philippines	Philippine Nuclear Research Institute, Don Mariano Marcos Avenue, Diliman, Quezon City

Portugal	Ministério da Indústria e Energia, Instituto Geológico e Mineiro, Rua Almirante Barroso, 38, P-1000 Lisbonne
Roumanie	Régie autonome des métaux rares et radioactifs, 68, Dionisie Lupu Street, Bucarest
Royaume-Uni	Department of Trade and Industry, London SW1H OET Nuclear Electric plc, Barnett Way, Barnwood, Gloucester GL4 7RS British Nuclear Fuels plc (BNFL), Risley, Warrington, Cheshire WA3 6AS Scottish Nuclear, 3 Redwood Crescent, Peel Park, East Kilbride, Scotland, G74 5PR
Russie, Féd. de	Ministère de l'énergie atomique de la Fédération de Russie, JSK "Atomredmetzoloto", Bolshaya Ordynka st. 24/26, Moscou, 109017 Entreprise « Geologorazvedka », Marshala Rybalko 4, Moscou, 123436
République slovaque	Autorité de la réglementation nucléaire (UJD) de la République slovaque, Bajkalská 27, P.O. Box 24, 820 07 Bratislava 27
Slovénie	Rudnik Zirovski vrh, p.o., Todraz 1, 4224 Gorenja Vas
Suède	Société suédoise de gestion du combustible et des déchets nucléaires (SKB), Box 5864, S-102 40 Stockholm
Suisse	Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Parkstrasse 23, CH-5401 Baden
République tchèque	Diamo s.p., 471 27 Stráz pod Ralskem CEZ, a.s., Nuclear Fuel Cycle Section, Jungmannova 29, 111 48 Praha 1
Thaïlande	Département des ressources minérales, Division de géologie économique, Rama IV Road, Bangkok 10400
Turquie	Autorité turque de l'énergie atomique (TAEK), Alaçam Sokak No. 9, Çankaya, Ankara
Ukraine	Comité d'État d'études géologiques et d'utilisation des ressources minérales, Entreprise géologique d'Etat « Kirovgeology », 8 Kikvidze Street, 252103 Kiev
Viêt Nam	Commission de l'énergie atomique du Viêt Nam, 59 Ly Thuong Kiet, Hanoi
Zambie	Département de recherches géologiques, P.O. Box 50135, 15101 Lusaka
Zimbabwe	Département de recherches géologiques du Zimbabwe, P.O. Box CY 210, Causeway, Harare

CONTEXTE GÉOLOGIQUE DES GISEMENTS D'URANIUM¹

Les ressources mondiales en uranium peuvent être classées, d'après le contexte géologique dans lequel elles se trouvent, en quinze principaux types de gisements, selon leur importance économique actuelle :

1. gisements liés à des discordances ;
2. gisements renfermés dans des grès ;
3. gisements liés à des conglomérats à galets de quartz ;
4. gisements filoniens ;
5. gisements liés à des complexes bréchiques ;
6. gisement intrusif ;
7. gisements associés aux phosphates ;
8. gisements en remplissage de cheminées bréchiques ;
9. gisements volcaniques ;
10. gisements superficiels ;
11. gisements métasomatiques ;
12. gisements métamorphiques ;
13. lignites ;
14. gisements de schistes noirs ;
15. autres types de gisements.

Les principales caractéristiques de ces gisements sont décrites ci-après.

1. Gisements liés à des discordances

Des gisements liés à des discordances se rencontrent à proximité des principales discordances. De tels gisements se sont formés principalement dans des bassins intracratoniques il y a environ 1800 à 800 millions d'années mais aussi pendant le Phanérozoïque. Les corps minéralisés que l'on trouve à Cluff Lake, Key Lake et Rabbit Lake au nord de la Saskatchewan (Canada) et dans la zone d'Alligator Rivers, en Australie septentrionale, sont des exemples de ce type.

2. Gisements renfermés dans des grès

La plupart des gisements de ce type se trouvent dans des formations déposées en milieu fluvial ou en bordure de milieux marins. Des grès d'origine lacustre ou éolienne sont également minéralisés, mais les gisements d'uranium sont beaucoup moins courants dans ces formations. Les roches

1. This classification was developed by the IAEA in 1988-89 and replaces the classification defined and used in the Red Books 1986, 1988, 1990 and 1992.

encaissantes sont presque toujours des grès à grain moyen à grossier, mal triés, contenant de la pyrite et de la matière organique d'origine végétale. Les sédiments sont d'ordinaire associés à des tufs. Les gisements non oxydés de ce type contiennent de la pechblende et de la coffinite dans des grès arkosiques et quartzitiques. Des minéraux d'uranium secondaires comme la carnotite, la tuyamunite et l'uranophane se forment par altération sous l'effet des intempéries.

Les États-Unis tirent la majeure partie de leur production d'uranium des grès de la cordillère occidentale de ce pays qui datent du Tertiaire, du Jurassique et du Trias. En Argentine, les grès du Crétacé et du Permien constituent des roches encaissantes importantes. D'autres gisements notables d'uranium se rencontrent dans des grès deltaïques du Carbonifère au Niger, dans des lutites lacustres du Permien en France et dans des grès du Permien dans la région des Alpes. Les gisements que l'on trouve dans les grès marins littoraux du Précambrien au Gabon ont également été classés comme étant des gisements renfermés dans des grès.

3. Gisements liés à des conglomérats à galets de quartz

Les conglomérats à galets de quartz minéralisés en uranium actuellement connus datent tous d'une période bien déterminée des temps géologiques. Ils apparaissent dans des formations à la base du Protérozoïque inférieur qui recouvrent de façon discordante les roches du socle archéen constitué par des couches granitiques et métamorphiques. Des gisements rentables de ce type existent au Canada et en Afrique du Sud, et la présence de minéralisations qui ne sont pas jugées économiquement récupérables est signalée au Brésil et en Inde.

4. Gisements filoniens

Dans les gisements filoniens d'uranium, les minéraux d'uranium remplissent des cavités telles que les fentes, les fissures, les espaces poreux, les brèches et les stockwerks. Les ouvertures sont de dimensions très variables, allant des filons massifs de pechblende de Jachymov (République tchèque), Shinkolobwe et Port Radium (Canada), aux fentes, fissures et failles étroites à pechblende de certains corps minéralisés d'Europe, du Canada et d'Australie.

5. Gisements liés à des complexes bréchiques

Les gisements de ce type se sont formés en milieu continental au cours du Protérozoïque, en l'absence d'activité orogénique. Les roches encaissantes sont notamment des vulcanites clastiques, felsiques, et des roches sédimentaires. Les zones minéralisées en uranium s'observent à la base de séries reposant sur des complexes granitoïdes du socle. On observe généralement dans le minerai deux phases successives de minéralisation, la première étant parallèle à la stratification et la seconde la recoupant. Ce type est principalement représenté par le gisement d'Olympic Dam, en Australie méridionale. Des gisements connus en Zambie, au Zaïre et dans le groupe de Aillik, au Labrador (Canada), pourraient se rattacher à cette catégorie.

6. Gisements intrusifs

Les gisements de ce type sont associés aux roches intrusives ou anatectiques de composition chimique variée (alaskite, granite, monzonite, syénite peralcaline, carbonatite et pegmatite). Le

gisement de Rössing en Namibie, les indices d'uranium dans les gisements de cuivre porphyriques tels que Bingham Canyon et Twin Butte aux États-Unis, les gisements d'Illimaussaq au Groenland, et de Palabora en Afrique du Sud ainsi que ceux de la zone de Bancroft au Canada appartiennent à ce type.

7. Gisements associés aux phosphates

Les phosphates sédimentaires contiennent des concentrations faibles d'uranium dans des apatites à grains fins. Aux fins du présent rapport, l'uranium de ce type est considéré comme une ressource non classique. Citons comme exemples les gisements de Floride, États-Unis, où l'uranium est récupéré comme sous-produit, et les importants gisements d'Afrique du Nord et des pays du Moyen-Orient.

8. 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 dans la matrice bréchique perméable ainsi que dans l'auréole fracturée autour de la cheminée. Les gisements d'Arizona Strip (États-Unis), sont un exemple de ce type.

9. Gisements volcaniques

Les gisements d'uranium de ce type sont des concentrations liées aux strates et aux structures dans des roches volcaniques acides. L'uranium est communément associé au molybdène, à la fluorine, etc. Les gisements d'uranium de Michelin au Canada, Nopal I à Chihuahua (Mexique), Macusani au Pérou et de nombreux gisements en Chine et dans la CEI se rattachent à ce type.

10. Gisements superficiels

Les gisements uranifères superficiels peuvent être définis de façon globale comme des sédiments uranifères déposés en général entre le Tertiaire et l'ère récente, qui n'ont pas été profondément enfouis et peuvent, ou non, avoir été calcifiés dans une certaine mesure. Les gisements d'uranium récemment découverts, qui sont liés à du calcrète et que l'on trouve en Australie, en Namibie et en Somalie, dans des zones semi-arides où la circulation de l'eau est principalement souterraine, appartiennent à ce type de gisement. Des dépôts d'uranium se rencontrent en outre dans la tourbe ou en liaison avec des tourbières, dans des cavités karstiques ainsi qu'en remplissage de fissures d'origine pédogénétique ou structurale.

11. Gisements métasomatiques

Les gisements inclus dans ce groupe sont des gisements d'uranium renfermés dans des métasomatites alcalines (albitites, aegyrites, amphibolites alcalines) généralement recoupés par des granites à microline. Les gisements d'Espinharas au Brésil, de Ross Adams en Alaska, États-Unis, ainsi que le gisement de Jeltiye Vody dans la zone de Krivoï Rog, Ukraine, sont des exemples de ce type.

12. Gisements métamorphiques

Les gisements d'uranium appartenant à ce groupe se rencontrent dans des métasédiments et/ou des roches métavolcaniques, généralement sans manifestation directe de minéralisation post-métamorphique. Les gisements de Forstau en Autriche appartiennent à cette catégorie.

13. Lignites

Les gisements de ce type, généralement classés comme des ressources d'uranium non classiques, se rencontrent dans des lignites, et dans des argiles et/ou des grès directement adjacents aux lignites. Des gisements uranifères tels que le Bassin de Serres (Grèce), ceux du Dakota du Nord et du Dakota du Sud (États-Unis), et celui de Melovoe (CEI), sont des exemples de ce type.

14. Gisements de schistes noirs

De faibles concentrations d'uranium se rencontrent dans des schistes carbonés marins. Dans ce rapport, ces ressources sont également considérées comme des ressources non classiques. Les schistes alunifères uranifères de Suède et le Chatanooga Shale aux États-Unis appartiennent à ce type ainsi que le gisement de Chanziping encaissé dans des roches pélitiques, argilo-siliceuses et carbonées dans la Région Autonome du Guangxi en Chine, et celui de Gera-Ronneburg dans la partie orientale de l'Allemagne.

15. Autres types de gisements

Cette catégorie regroupe les gisements difficiles à classer dans les types décrits ci-dessus. Ils comprennent, par exemple, les gisements uranifères situés dans les calcaires Jurassiques du Todilto dans le district de Grants, au Nouveau Mexique (États-Unis).

Annexe 4

INDEX DES RAPPORTS NATIONAUX PARUS DANS LES ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE DE 1965 À 1997

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.

396

Afrique du Sud	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986			1992	1994	1996	1998
Algérie						1975	1977	1979	1982								
Allemagne				1970		1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Argentine		1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Australie		1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Autriche							1977										
Bénin													1990				
Bangladesh											1986	1988					
Belgique									1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Bolivie							1977	1979	1982	1983	1986						
Botswana								1979		1983	1986	1988					

Brésil				1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986			1992	1994	1996	1998
Bulgarie													1990	1992	1994	1996	1998
Côte d'Ivoire									1982								
Cameroun							1977		1982	1983							
Canada	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Chili							1977	1979	1982	1983	1986	1988		1992	1994	1996	1998
Chine													1990	1992	1994	1996	1998
Colombie							1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990			1996	1998
Corée, République de						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Costa Rica									1982	1983	1986	1988	1990				
Cuba												1988		1992		1996	1998
Danemark (Groënland)	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986		1990	1992		1996	1998
Égypte							1977	1979			1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
El Salvador										1983	1986						
Équateur							1977		1982	1983	1986	1988					
Espagne	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Estonie																	1998
États-Unis	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Ethiopie								1979		1983	1986						
Finlande					1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
France	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Gabon		1967		1970	1973				1982	1983	1986					1996	1998

Ghana							1977			1983							
Grèce							1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Guatémala											1986	1988					
Guyana								1979	1982	1983	1986						
Hongrie														1992	1994	1996	1998
Inde	1965	1967		1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986		1990	1992	1994	1996	1998
Indonésie							1977				1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Iran							1977										1998
Irlande								1979	1982	1983	1986			1992			1998
Italie		1967		1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988		1992	1994	1996	1998
Jamaïque									1982	1983							
Jamahiryra arabe libyenne										1983							
Japon	1965	1967		1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Jordanie							1977				1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Kazakhstan															1994	1996	1998
Kirghizstan																1996	1998
Lesotho												1988					
Libéria							1977			1983							
Lituanie															1994	1996	1998
Madagascar						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988					
Malaisie										1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Mali											1986	1988					

Maroc	1965	1967				1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990				
Mauritanie													1990				
Mexique				1970	1973	1975	1977	1979	1982		1986		1990	1992	1994	1996	1998
Mongolie															1994	1996	1998
Namibie								1979	1982	1983	1986	1988	1990			1996	1998
Nigéria								1979									
Niger		1967		1970	1973		1977				1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Norvège								1979	1982	1983				1992		1996	1998
Nouvelle-Zélande		1967					1977	1979									
Ouzbékistan															1994	1996	1998
Pérou							1977	1979		1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Pakistan		1967															1998
Panama										1983		1988					
Paraguay										1983	1986						
Pays-Bas									1982	1983	1986		1990	1992	1994	1996	1998
Philippines							1977		1982	1983	1986		1990		1994	1996	1998
Portugal	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
République arabe syrienne									1982	1983	1986	1988	1990		1994		
République centrafricaine				1970	1973		1977	1979			1986						
République dominicaine									1982								
République slovaque															1994	1996	1998
République tchèque															1994	1996	1998

RFTS													1990				
Roumanie														1992	1994	1996	1998
Royaume-Uni						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Russie, Fédération de															1994		1998
Rwanda											1986						
Sénégal									1982								
Slovénie															1994	1996	1998
Somalie							1977	1979									
Soudan							1977										
Sri Lanka							1977		1982	1983	1986	1988					
Suède	1965	1967	1969	1970	1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Suisse						1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Surinam									1982	1983							
Tanzanie													1990				
Thaïlande							1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Togo								1979									
Turquie					1973	1975	1977	1979	1982	1983	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998
Ukraine															1994	1996	1998
URSS														1992			
Uruguay							1977		1982	1983	1986	1988	1990				
Vénézuéla											1986	1988					

Viêt Nam														1992	1994	1996	1998
Yougoslavie														1992			
Zaïre		1967			1973		1977					1988					
Zambie										1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	
Zimbabwe									1982			1988		1992	1994	1996	1998

ÉDITIONS DU LIVRE ROUGE DEPUIS 1965

- OCDE/AEEN: Ressources mondiales en uranium et en thorium, Paris, 1965;
- OCDE/AEEN: Ressources en uranium, estimations révisées, Paris, 1967;
- OCDE/AEEN-AIEA: Production d'uranium et demande à court terme, Paris, 1969;
- OCDE/AEEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1970;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1973;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1975;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1977;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1979;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1982;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1983;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1986;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1988;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium Ressources, Production et Demande, Paris, 1990;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium 1991: Ressources, Production et Demande, Paris, 1992;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium 1993: Ressources, Production et Demande, Paris, 1994;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium 1995: Ressources, Production et Demande, Paris, 1996;
- OCDE/AEN-AIEA: Uranium 1997 : Ressources, Production et Demande, Paris, 1998.

Annexe 5

**ÉQUIVALENTS ÉNERGÉTIQUES DE L'URANIUM ET COEFFICIENTS
DE CONVERSION DE L'ÉNERGIE**

Le nombre croissant des questions reçues ces dernières années, relatives aux équivalents énergétiques de l'uranium applicables aux divers types de réacteurs a fait apparaître l'utilité d'établir des tableaux d'équivalence.

En conséquence, l'AEN a demandé aux organismes publics compétents de ses pays Membres de bien vouloir communiquer les valeurs de coefficients d'équivalence. Le tableau qui suit a été élaboré à partir des réponses obtenues.

Pour compléter ces informations, un tableau des coefficients de conversion applicables aux combustibles fossiles est inclus dans la présente annexe.

ÉQUIVALENTS ÉNERGÉTIQUES DE L'URANIUM UTILISÉ DANS DIVERS TYPES DE RÉACTEURS¹

PAYS	ALLEMAGNE		CANADA	ÉTATS-UNIS		FRANCE	JAPON		ROYAUME-UNI		FÉD. DE RUSSIE		SUÈDE	
	REB	REP	CANDU	REB	REP	REP/N4	REB	REP	MAGNOX	AGR	VVER-1000	RBMK-1000	REB	REP
Taux de combustion														
a) MWj/t d'U naturel ou d'équivalent U naturel	5 665	5 230	7 770	4 996	4 888	5 848	5 532	4 694	5 900	n.d.	4 855	4 707	6 250	5 780
b) Mwj/t d'U enrichi	40 000	42 000	–	33 000	40 000	42 500	33 000	43 400	–	24 000	42 000	22 000	40 000	42 000
Taux d'enrichissement [% ²³⁵ U]	3,2	3,6	–	3,02	3,66	3,6	3	4,1	–	2,9	4,23	2,4	3,2	3,6
Teneur de rejet [% ²³⁵ U]	0,3	0,3	–	0,3	0,3	0,25	0,25	0,3	–	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25
Rendement de conversion de l'énergie thermique en électricité [%]	33,5	34,2	30	32	32	34,6	33	34	26	40	33,3	31,2	34	34,5
Équivalent en énergie thermique d'une tonne d'uranium naturel [en 10 ¹⁵ Joules] ²	0,490	0,452	0,671	0,432	0,422	0,505	0,478	0,406	0,512	0,360	0,419	0,406	0,540	0,500
Équivalent en énergie électrique d'une tonne d'uranium naturel [en 10 ¹⁵ Joules] ²	0,164	0,155	0,201	0,138	0,135	0,175	0,158	0,140	0,133	0,144	0,139	0,127	0,184	0,173

1. Ces chiffres ne tiennent pas compte du recyclage du Pu et de l'U. Ils ne tiennent pas compte non plus des besoins initiaux du premier cœur, ce qui réduirait l'équivalence d'environ 6 pour cent, si on suppose d'une durée de vie de l'installation de 30 ans environ et un facteur de charge de 70 pour cent.
 2. Compte non tenu de l'énergie consommée pour l'enrichissement en ²³⁵U du combustible des REP, REB et AGR. En supposant un taux d'enrichissement de 3 pour cent en ²³⁵U et une teneur de rejet de 0,2 pour cent, l'équivalent énergétique devrait être multiplié par un coefficient 0,957.
- n.d. Données non disponibles.

Coefficients de conversion et équivalence énergétique des combustibles fossiles

(à titre de comparaison)

1 cal	=	4,1868 J
1 J	=	0,239 cal
1 tonne d'équivalent pétrole (net, faible capacité calorifique-FCC)	=	42 GJ ¹ = 1 TEP
1 tonne d'équivalent charbon (standard, FCC)	=	29,3 GJ ¹ = 1 TEC
1 000 m ³ de gaz naturel (standard, FCC)	=	36 GJ
1 tonne de GNL	=	46 GJ
1 000 kWh (énergie primaire)	=	9,36 GJ
1 TEP	=	10 034 Mcal
1 TEC	=	7 000 Mcal
1 000 m ³ de gaz naturel	=	8 600 Mcal
1 tonne de GNL	=	11 000 Mcal
1 000 kWh (énergie primaire)	=	2 236 Mcal ²
1 TEC	=	0,697 TEP
1 000 m ³ de gaz naturel	=	0,857 TEP
1 tonne de GNL	=	1,096 TEP
1 000 kWh (énergie primaire)	=	0,223 TEP
1 tonne de bois de chauffage	=	0,380 TEP
1 tonne d'uranium (dans un réacteur à eau ordinaire, en cycle ouvert)	=	10 000 - 16 000 TEP = 14 000 - 23 000 TEC

-
1. Coefficients de conversion standard du Conseil mondial de l'énergie (Standards Circular No. 1, 11/83).
 2. En adoptant le coefficient de conversion du Conseil mondial de l'énergie de 1000 kWh (consommation finale) = 860 Mcal.

Annexe 6

TAUX DE CHANGE*

(Unité monétaire nationale par dollar des États-Unis)

PAYS (abréviation monétaire)	Juin 1994	Juin 1995	Juin 1996	Janvier 1997
Afrique du Sud (ZAR)	3,600	3,670	4,340	4,670
Allemagne (DEM)	1,650	1,390	1,530	1,550
Argentine (ARS)	0,998	0,998	0,998	0,998
Australie (AUD)	1,360	1,390	1,260	1,260
Autriche (ATS)	11,700	9,600	10,900	10,900
Belgique (BEF)	33,900	28,300	31,500	32,000
Brésil (BRE)	2150,000	0,900	0,987	1,045
Bulgarie (BGL)	53,900	65,800	135,000	500,000
Canada (CAD)	1,380	1,360	1,370	1,360
Chili (CLP)	425,000	375,000	405,000	420,000
Chine (CNY)	8,510	8,410	8,280	8,280
Colombie (COP)	820,000	867,000	1050,000	994,000
Corée (République de) (KRW)	786,000	762,000	785,000	839,000
Costa Rica (CRC)	153,000	171,000	201,000	213,000
Cuba (CUB\$)	0,740	0,740	1,000	1,000
République tchèque (CZK)	27,800	26,200	27,300	27,400
Danemark (Groenland) (DKK)	6,470	5,400	5,920	5,950
Egypte (EGP)	3,390	3,370	3,370	3,370
Espagne (ESP)	137,000	121,000	129,000	131,000
Etats-Unis (USD)	1,000	1,000	1,000	1,000
Finlande (FIM)	5,410	4,240	4,730	4,650
France (FRF)	5,630	4,890	5,200	5,250
Gabon (GBF)	563,000	489,000	520,000	525,000
Grèce (GRD)	237,000	226,000	243,000	241,000
Hongrie (HUF)	104,000	120,000	146,000	159,000
Inde (INR)	31,200	31,200	34,000	35,500
Indonésie (IDR)	2144,000	2220,000	2330,000	2330,000
Italie (ITL)	1590,000	1650,000	1560,000	1530,000

* Source: The Department of Finance of the United Nations Development Programme, New York.

PAYS (abréviation monétaire)	Juin 1994	Juin 1995	Juin 1996	Janvier 1997
Japon (JPY)	104,000	83,000	107,000	115,800
Jordanie (JOD)	0,702	0,688	0,708	0,708
Kazakstan (KZR)	31,000	62,000	66,000	72,500
Lituanie (LTL)	4,000	4,000	4,000	4,000
Maroc (MAD)	9,450	8,480	8,610	8,810
Malaisie (MYR)	2,710	2,450	2,500	2,500
Mauritanie (MRO)	124,000	129,000	136,000	140,000
Mexique (MXP)	3,300	5,800	7,350	7,800
Mongolie (MNT)	408,000	448,000	495,000	689,000
Namibie (NMR)	3,600	3,670	4,340	4,670
Niger (XOF)	563,000	489,000	520,000	525,000
Norvège (NOK)	7,150	6,190	6,550	6,450
Ouzbékistan (UZS)	3800,000	26,100	36,100	55,000
Pays-Bas (NLG)	1,850	1,540	1,710	1,750
Pérou (PEN)	2,170	2,250	2,350	2,580
Philippines (PHP)	27,300	25,700	25,900	26,200
Portugal (PTE)	171,000	145,000	158,000	155,000
Roumanie (ROL)	1570,000	1920,000	2880,000	3920,000
Royaume-Uni (GBP)	0,645	0,620	0,650	0,594
Russie (Fédération de) (SUR)	1805,000	5080,000	5010,000	5510,000
République slovaque (SKK)	32,700	29,100	30,100	30,800
Slovénie (SLT)	129,000	111,000	130,000	138,000
Suède (SEK)	7,480	7,260	6,750	6,870
Suisse (CHF)	1,430	1,140	1,260	1,350
Syrie (SYP)	26,600	26,600	26,600	26,600
Thaïlande (THB)	25,300	24,700	25,100	25,400
Turquie (TRL)	33000,000	44100,000	77050,000	105000,000
Ukraine (UKK)	45800,000	153000,000	189000,000	1,830
Uruguay (UYP)	4,840	6,120	7,710	8,610
Viêt Nam (VND)	11000,000	11000,000	11000,000	11130,000
Yougoslavie (YUP)	n,d,	1,390	5,050	5,120
Zambie (ZMK)	685,000	853,000	1240,000	1280,000
Zimbabwe (ZWD)	7,890	8,250	9,800	10,5

Annexe 7

**GROUPEMENTS DE PAYS ET DE ZONES GÉOGRAPHIQUES*
UTILISÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT**

On trouvera ci-après la liste des pays et des zones géographiques figurant dans chaque groupement.

1. Amérique du Nord

Canada	États-Unis d'Amérique	Mexique
--------	-----------------------	---------

2. Amérique centrale et du Sud

Argentine	Bolivie	Brésil
Chili	Colombie	Costa Rica
Cuba	Équateur	El Salvador
Guatémala	Guyana	Panama
Paraguay	Pérou	République dominicaine
Uruguay	Vénézuela	

3. Europe occidentale et Scandinavie

Allemagne	Autriche	Belgique
Danemark	Espagne	Finlande
France	Irlande	Italie
Norvège	Pays-Bas	Portugal
Royaume-Uni	Suède	Suisse

4. Europe centrale et orientale

Arménie	Bélarus	Bulgarie
Croatie	Estonie	Grèce
Hongrie	Lituanie	Pologne
République slovaque	République tchèque	Roumanie
Russie, Fédération de	Slovénie	Turquie
Ukraine	Yougoslavie	

* This list has been compiled to describe countries on a geographical basis.

5. Afrique

Afrique du Sud	Algérie	Botswana
Cameroun	Côte d'Ivoire	Égypte
Éthiopie	Gabon	Ghana
Jamahiriya arabe libyenne	Lesotho	Libéria
Madagascar	Mali	Maroc
Mauritanie	Namibie	Niger
Nigéria	République centrafricaine	Rwanda
Sénégal	Somalie	Soudan
Togo	Zambie	Zimbabwe

6. Moyen-Orient, Asie centrale et méridionale

Bangladesh	Inde	Iran (République islamique d')
Jordanie	Kazakhstan	Kirghizistan Ouzbékistan
Pakistan	République arabe syrienne	
Sri Lanka		

7. Asie du Sud-Est

Indonésie	Malaisie	Philippines
Thaïlande	Viêt Nam	

8. Zone du Pacifique

Australie	Nouvelle Zélande
-----------	------------------

9. Asie de l'Est¹

Chine	Corée, République de	République populaire démocratique de Corée
Japon	Mongolie	

1. Comprend le Taipei chinois.

Annexe 8

TERMES TECHNIQUES

Pour compléter certains tableaux, les abréviations suivantes pour les termes techniques concernant l'extraction et le traitement du minerai ont été utilisées :

	Type	Abréviation
Exploitation minière	À ciel ouvert En souterrain	CO ST
Installation de traitement	a) Préparation du minerai Concassage-Broyage par voie humide Broyage semi-autogène	CBH BSA
	b) Tri et préconcentration Tri radiométrique Séparation gravimétrique Séparation magnétique Flottation	Tri Rad Sép-grav. Sép-magn. Flot.
	c) Lixiviation Lixiviation par voie acide Lixiviation par voie acide à deux étages Lixiviations sous pression par voie alcaline Lixiviation in situ Lixiviation en place Lixiviation en tas Lixiviation par percolation	LA LA2 LPAL LIS LEP LET LPerc.
	d) Extraction Échange d'ions Extraction par solvants	EI ES

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(68 98 06 2 P) ISBN 92-64-26050-1 – n° 49966 1998