

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

Série Énergie - N° 3

Situation de l'approvisionnement  
en combustibles nucléaires



BRUXELLES 1970

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

Série Énergie - N° 3

Situation de  
l'approvisionnement  
en combustibles nucléaires

Bruxelles 1970

## Sommaire

Observations préliminaires .....	6
1. L'APPROVISIONNEMENT DE LA COMMUNAUTÉ EN COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES	
A — <i>Uranium naturel</i>	
I — Besoins de la Communauté	
— Évolution de la puissance nucléaire installée .....	7
— Évolution du parc des centrales nucléaires selon les types de réacteurs ..	7
— Estimation des besoins de la Communauté .....	8
— Aperçu des besoins du monde occidental.....	8
II — Couverture des besoins de la Communauté	
— Généralités .....	8
— Réserves de la Communauté .....	10
— Marché actuel et situation à court terme (1969-1975) .....	11
— Perspectives à moyen terme (1975-1985)	
a) sur le plan mondial .....	11
b) sur le plan communautaire .....	12
— Conclusions .....	13
B — <i>Uranium enrichi</i>	
I — Besoins de la Communauté	
— Estimation des besoins de la Communauté .....	14
— Aperçu des besoins du monde occidental.....	14
II — Couverture des besoins de la Communauté	
— Capacités d'enrichissement disponibles .....	14
— Conclusions .....	16

C — <i>Plutonium</i>	
I — Production	
a) mondiale .....	17
b) communautaire .....	17
II — Utilisations .....	17
III — Marché .....	18
D — <i>Thorium</i>	
2. POLITIQUE D'APPROVISIONNEMENT ET STRUCTURE DU MARCHÉ DES COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES DANS LES PRINCIPAUX PAYS OCCIDEN- TAUX	
I — États-Unis .....	21
II — Royaume-Uni .....	24
III — Canada .....	26
IV — Japon .....	27
V — Afrique du Sud .....	28
ANNEXE	
Liste des tableaux statistiques .....	31

## Observations préliminaires

La présente étude a pour but de fournir un tableau aussi complet que possible de la situation actuelle de l'approvisionnement en combustibles nucléaires dans la Communauté et des prévisions de développement les plus probables.

A cette fin, elle réunit deux documents :

- une analyse des besoins de la Communauté ainsi que des moyens de couverture de ces besoins disponibles à l'intérieur et à l'extérieur de la Communauté ;
- un aperçu de la structure du marché des combustibles nucléaires dans les principaux pays occidentaux et de la politique d'approvisionnement de ces pays.



## I.

# L'approvisionnement de la Communauté en combustibles nucléaires

## A — Uranium naturel

### I — LES BESOINS DE LA COMMUNAUTÉ EN URANIUM NATUREL

#### *L'évolution de la puissance nucléaire installée*

L'évolution la plus récente ne permet pas encore de fixer avec précision le développement de l'énergie nucléaire dans la Communauté. La somme des indications qui ont pu être réunies pour les différents États membres conduit pour l'étape 1980 à deux évaluations: 40 000 et 60 000 MWe. Il convient de considérer ces chiffres comme deux limites entre lesquelles se situerait, assez vraisemblablement, la réalité.

On trouvera, en annexe, à titre indicatif, un répertoire des réacteurs en fonctionnement, en construction et en projet dans la Communauté, arrêté au mois d'octobre 1969: il en résulte que la Communauté disposerait, vers 1975, d'une puissance électrique nucléaire d'environ 16 500 MWe (voir tableau 1).

#### *L'évolution du parc de centrales nucléaires selon les types de réacteurs*

Le calcul des besoins de la Communauté en uranium naturel doit prendre en considération les principaux types d'évolution que l'on peut actuellement envisager.

On a donc mis sur pied au cours de l'année 1969 un programme de calcul qui détermine les besoins, pour diverses hypothèses et stratégies, en fonction des caractéristiques techniques actuellement admises pour les divers types de réacteurs.

La méthode de calcul utilisé par les services de la Commission, le CETIS d'Ispra inclus, a été basée sur un code élaboré par le CNEN avec un facteur d'utilisation annuelle de 7 000 heures. Des études plus complètes sont en cours, dont les résultats ne seront disponibles que dans quelques mois.

La puissance nucléaire totale comportera trois catégories de centrales: les réacteurs éprouvés, progressivement relayés par les convertisseurs avancés, puis par les surrégénérateurs à neutrons rapides.

La part de la production qui incombe à l'énergie nucléaire se répartit entre les diverses catégories de réacteurs, en proportion variable selon l'époque. On s'est fondé, pour l'étude en cause, sur les hypothèses suivantes :

a) *d'ici à 1973*

Compte tenu des réalisations et des projets connus, la production est entièrement assurée par des réacteurs de type éprouvé.

b) *de 1974 jusqu'à la date d'introduction des rapides (1980 ou 1985)*

En 1974, on commence à recourir aux convertisseurs avancés. Leur rythme d'introduction augmente progressivement; alors qu'en 1974 ils n'assurent que 10 % de l'accroissement de production couvert par l'ensemble des réacteurs thermiques (éprouvés et avancés), leur part atteint 40 % de l'accroissement de cette même production en 1980 et 100 % en 1990.

Deux hypothèses sont proposées quant aux types de réacteurs installés :

- tous les convertisseurs avancés seraient des réacteurs à eau lourde,
- tous les convertisseurs avancés seraient des réacteurs à haute température.

D'autre part, la différence entre la production nucléaire totale et ce qui est fourni par les convertisseurs avancés ainsi que, plus tard, par les réacteurs rapides, est couverte par des réacteurs de type éprouvé selon deux hypothèses :

- deux tiers de réacteurs à eau légère et un tiers de réacteurs gaz-graphite,
- uniquement des réacteurs à eau légère.

c) *à partir de 1980 ou de 1985*

Les réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides sont introduits à un rythme déterminé par les disponibilités en plutonium.

On aboutit de la sorte à 16 stratégies différentes correspondant à autant d'évolutions possibles (voir tableau 2).

*Estimation des besoins de la Communauté*

Les résultats des calculs effectués sont repris de façon résumée dans le tableau 3.

Les besoins cumulés de la Communauté en uranium pour la période 1970-1999 se situeraient, selon les diverses hypothèses, entre un minimum d'environ 325 000 tonnes, correspondant à la stratégie n° 1 (et à une puissance installée en 1999 de 310 000 MWe) et un maximum de l'ordre de 525 000 tonnes qu'entraînerait la réalisation de l'hypothèse n° 12 (410 000 MWe en 1999).

*Aperçu des besoins du monde occidental*

L'essor exceptionnel pris aux États-Unis, ainsi que le développement plus ou moins rapide selon les différents pays de l'énergie nucléaire dans le monde occidental, ont imposé des révisions périodiques des estimations globales relatives à la puissance nucléaire installée, ainsi qu'aux besoins d'uranium naturel.

La capacité nucléaire installée en 1980 pourrait être, selon l'USAEC, de 145 000 MWe aux États-Unis, et de 87 000 dans le reste du monde occidental. Les besoins cumulés en uranium naturel de l'ensemble du monde occidental pour la période 1970-1980 se situeraient entre 380 000 et 515 000 tonnes d'U métal (voir doc. « Production et demande d'uranium - janvier 1969 - OCDE). Les besoins mondiaux cumulés jusqu'en 2000 peuvent être estimés à 2,5 millions de tonnes d'uranium.

## II — COUVERTURE DES BESOINS DE LA COMMUNAUTÉ EN URANIUM NATUREL

### *Généralités*

Bien qu'assez répandu dans la nature (il y a en moyenne 3 g d'U par tonne de roche), l'uranium doit atteindre, pour être rentable, des concentrations beaucoup plus élevées, telles que celles des gisements de minerai d'uranium. À l'heure actuelle, la plupart des gisements qui font partie des réserves d'uranium exploitables à un prix de 8 à 10 dollars la livre d' $U_3O_8$  ou moins, se situent en qualité dans la gamme de 900 à 3 000 g d'U par tonne de minerai, soit, en moyenne, environ 1 500 g d'U/tonne.

En Afrique du Sud, toutefois, comme l'uranium est récupéré en tant que sous-produit des mines d'or, les abondantes réserves peuvent être exploitées avec profit à ce prix même si le minerai ne contient que 200 g d'U/tonne.

On a connaissance de plusieurs gisements d'uranium très importants dont la teneur est comprise entre ces deux cas extrêmes, mais dans l'état actuel de la technologie du traitement du minerai, et étant donné les prévisions actuelles quant à l'accroissement futur de la demande d'uranium, on ne peut les considérer que comme des réserves potentielles. On peut citer à titre d'exemple le gisement d'uranium de Billingen Mountain en Suède où a été localisée une réserve géologique estimée à un million de tonnes d'uranium dans des schistes bitumineux d'une teneur moyenne de 300 g d'U/tonne.

Les coûts de production actuels (15 à 20 dollars la livre d' $U_3O_8$ ) placent ce gisement dans les réserves potentielles. Il ressort d'une étude réalisée récemment par l'Aktiebolaget Atomenergi (septembre 1968) que, si l'on faisait passer la capacité de production annuelle de l'usine de traitement existante des 134 tonnes d'U actuellement obtenues à 1 200-1 800 tonnes, les coûts de production (y compris l'amortissement de l'usine et de l'équipement) pourraient être ramenés au niveau de 8 à 10 dollars la livre d' $U_3O_8$ .

Cela démontre que les différences entre les prix de prospection, d'extraction, de traitement et de commercialisation qui résultent des différences de taille de type et d'emplacement des gisements d'uranium permettent d'exploiter des minerais dans un éventail assez large de teneurs pour un prix de revient plus ou moins équivalent du concentré.

Une partie seulement de ces très larges réserves — bien qu'à faible teneur — serait suffisante pour assurer un approvisionnement à long terme portant sur de grandes quantités; toutefois, leur compétitivité marginale par rapport aux réserves à haute teneur nécessiterait des garanties à long terme pour l'écoulement de leur production.

Une autre remarque importante s'impose en ce qui concerne la répartition des gisements de minerai d'uranium, à savoir que, s'ils se trouvent un peu partout, ceux qui contribuent de façon substantielle aux réserves connues d'uranium sont situés dans quelques régions peu nombreuses du globe (tableau 4).

Ces « provinces uranifères » sont notamment le Bouclier précambrien au Canada, le plateau du Colorado aux États-Unis, la région du Rand en Afrique du Sud, la zone hercynienne en Europe.

Les caractéristiques de la distribution de l'uranium dans la croûte terrestre permettent de procéder à des estimations minimales raisonnables quant à l'existence de ressources d'uranium à partir desquelles de nouvelles réserves pourront être mises à jour grâce à une prospection continue (tableau 5).

Le perfectionnement technique des méthodes d'extraction et de broyage, et notamment l'économie d'échelle rendue possible par l'exploitation future de gisements toujours plus étendus, même s'ils sont d'une qualité inférieure, compenseront dans une grande mesure la majoration de prix due à la diminution de qualité des minerais.

Par conséquent, se basant sur l'ordre de grandeur des ressources présumées en uranium, ayant ou pouvant avoir qualité de minerai, par rapport à l'ensemble des besoins d'uranium prévisibles, on ne doit pas s'attendre à une pénurie d'uranium ou à une hausse excessive des prix par suite d'une insuffisance naturelle des ressources. La question de l'approvisionnement à long terme paraît donc être essentiellement d'ordre politico-économique, et sa solution repose entièrement sur la création des conditions optimales de développement de l'industrie nucléaire.

Comme il faut entre 4 et 10 ans<sup>(1)</sup> pour passer du stade de la prospection de nouvelles réserves d'uranium à celui de la production, le marché à court terme est irrévocablement déterminé par les mesures prises dans le passé.

L'imprévoyance sera donc presque certainement sanctionnée par une hausse ultérieure des prix, même s'il n'en résulte pas nécessairement une pénurie d'uranium pendant une période prolongée. En effet, comme déjà indiqué, en plus des réserves d'uranium connues, dont l'exploitation est considérée comme rentable en tout temps, il existe toujours des réserves marginales et sous-marginales bien connues.

On estime que l'installation de capacités de production supplémentaires au départ des réserves prendra de un à trois ans. Ce délai coïncide à peu près avec l'intervalle qui sépare la commande de nouveaux réacteurs du moment où le besoin en concentrés d'uranium destinés (après transformations) à ces réacteurs se fait réellement sentir.

Lorsque l'on prévoit que les besoins augmenteront à un rythme beaucoup plus rapide que ne l'autorise la capacité de production optimale des réserves d'uranium connues, il est de l'intérêt des utilisateurs de conclure des contrats de fourniture à moyen ou à long terme.

En revanche, lorsque l'approvisionnement est excédentaire ce sont les producteurs qui ont intérêt à passer de tels contrats pour entretenir leur effort de développement de nouvelles réserves qui couvriront la demande à moyen terme prévue.

En conséquence, la politique d'approvisionnement en uranium naturel est toujours axée sur les conditions d'approvisionnement à moyen terme.

---

(1) Cet intervalle de temps peut se décomposer de la façon suivante:

- de 1 à 4 ans pour la prospection,
- de 1 à 3 ans pour le développement des réserves,
- de 2 à 3 ans pour l'installation des équipements d'extraction et de broyage.

### *Les réserves de la Communauté*

Les réserves reconnues sur le territoire de la Communauté ne s'élèvent qu'à environ 58 000 tonnes. Elles sont situées presque entièrement en France où elles étaient, à la fin de 1968, de 55 000 tonnes d'U. La production des mines métropolitaines a été en 1968 de 1 200 tonnes environ.

Les réserves économiquement exploitables de l'Allemagne sont évaluées à 1 000 - 3 000 tonnes d'uranium. Une petite usine pilote, d'une capacité de production maximum estimée à 200 tonnes d'uranium, a été construite à Ellweiler. Une deuxième usine expérimentale de production de concentrés va l'être à Astfield en 1969.

Des travaux de prospection sont actuellement menés en Allemagne dans la forêt du Haut-Palatinat (Tirschenreuth, Mähring) et en Bavière-Rhénanie où existent des structures prometteuses en uranium.

En *Italie*, les réserves d'uranium sont estimées à 1 600 tonnes et il n'y a pas de capacité de production industrielle. Le CNEN se livre à une prospection restreinte.

On n'a pas connaissance de réserves d'uranium dans les pays du Benelux.

La Communauté devra donc importer la plus grande partie du combustible qui lui sera nécessaire à long terme.

Jusqu'à présent, l'approvisionnement des réacteurs de la Communauté en fonctionnement et en construction a été assuré de diverses manières. Certains, comme les réacteurs français, sont alimentés avec de l'uranium naturel d'origine nationale, d'autres (3 réacteurs parmi les premiers installés dans la Communauté) sont approvisionnés par des contrats d'achat d'uranium enrichi américain de longue durée (20 ans); cependant, pour la plupart des réacteurs de la Communauté, les contrats sont désormais passés, d'une part, avec les producteurs pour l'achat d'uranium naturel et, d'autre part, avec l'USAEC en vue de l'enrichissement à façon, régime appliqué depuis le 1er janvier 1969.

### *Le marché actuel et la situation à court terme 1969-1975*

Le tableau 4 en annexe, qui illustre l'évolution des estimations des réserves d'uranium exploitables à un coût en deçà de 8-10 dollars par livre d' $U_3O_8$ , montre que les réserves connues du monde libre étaient, à la fin de 1967, de l'ordre de 630 000 tonnes d'uranium. (En fait l'annonce de nombreuses découvertes récentes laisse présager une augmentation importante des réserves à bas prix dont l'ampleur ne peut pas encore être précisée; cependant, environ 40 000 tonnes peuvent d'ores et déjà être ajoutées à ce chiffre pour les seules réserves contrôlées par la France. En outre, les ressources supplémentaires estimées s'élevaient à 585 000 tonnes.) Au rythme actuel (environ 18 000 tonnes par an), la production serait donc assurée pour 35 ans. La capacité de production maximum installée sur ces réserves pourra être portée à environ 30 000 tonnes par an.

D'après les estimations les plus récentes de l'Agence européenne de l'énergie nucléaire (voir doc. de l'OCDE déjà cité) ce n'est pas avant 1973-1974 que les besoins annuels du monde occidental atteindront ce niveau de 30 000 tonnes.

Si l'on prend en considération les stocks d'uranium qui sont constitués aux États-Unis<sup>(1)</sup> (46 000 tonnes), au Canada, en Afrique du Sud et en Grande-Bretagne (la politique de stockage a contribué à empêcher l'effondrement, après 1959, du marché de l'uranium naturel) les possibi-

<sup>(1)</sup> M. Johnson, membre de l'USAEC, a avancé, en juillet, l'idée d'une mise progressive sur le marché, à partir de 1974, d'une partie de ce stock.

lités d'approvisionnement actuellement connues suffiraient pour satisfaire la demande jusqu'en 1976-1978. La nécessité d'augmenter la capacité de production d'uranium serait donc quelque peu retardée par la libération de ces stocks.

En ce qui concerne les prix, des contrats portant sur la livraison d'uranium en 1969-1970 ont été conclus à des prix compris entre 5 et 7 dollars la livre d'oxyde d'uranium; des contrats pour livraison après 1970 ont été conclus à des prix supérieurs.

Bien qu'une certaine tendance à la hausse des prix semble donc se dessiner, la situation à court terme de l'approvisionnement peut être considérée comme satisfaisante pour les utilisateurs.

Aussi l'Agence d'approvisionnement vient-elle de proposer à la Commission la prorogation jusqu'en 1973 de la procédure simplifiée qui a été instaurée en 1960, permettant aux utilisateurs de négocier et de signer directement les contrats de fourniture portant sur les minerais et matières brutes.

#### *Perspectives à moyen terme 1975-1985*

##### *a) Sur le plan mondial*

Les prévisions concordent pour estimer que les besoins annuels en uranium connaîtront une progression constante, de l'ordre de 13 à 17% jusqu'en 1980, pour atteindre à cette date un niveau annuel situé entre 56 000 et 80 000 tonnes d'uranium. Ces besoins sont calculés en tenant compte d'un délai de deux ans entre le moment où l'uranium quitte l'usine de concentration et celui où il est introduit dans le cœur du réacteur. Pour que la production puisse satisfaire la demande à partir de 1975 environ, il faudra qu'à cette époque la capacité de production ait été accrue au delà du maximum actuel de 30 000 tonnes. L'accroissement entre 1975 et 1980 devra donc se situer entre 26 et 50 000 tonnes. Pour alimenter cette capacité de production supplémentaire ainsi que pour remplacer les réserves épuisées entre temps, de nouveaux gisements de minerai bon marché devront avoir été découverts suffisamment à temps, en raison du délai de 3-6 ans qui sépare la découverte de la mise en exploitation.

Bien qu'on ne puisse pas fournir de rapport exact entre l'ampleur des réserves et la capacité de production rentable desdites réserves, on estime approximativement que dans les conditions actuelles, toute augmentation de la capacité de production annuelle de 5 000 tonnes d'uranium exigerait une augmentation des réserves de 50 000 à 100 000 tonnes d'uranium. Étant donné la qualité inférieure, en moyenne, et les plus grandes dimensions qu'on prévoit pour les futurs gisements de minerai, on peut s'attendre à ce que ce rapport atteigne et même dépasse le chiffre le plus élevé de la fourchette. Pour satisfaire après 1973 la demande, on devra donc ajouter de 500 000 à 1 000 000 de tonnes d'uranium aux réserves du monde libre. Leur découverte suppose une prospection intensive et une amélioration des techniques d'extraction et de traitement.

Les efforts actuellement déployés en matière de prospection, et qui ont débuté en 1966 aux États-Unis pour s'étendre ensuite au Canada, à l'Australie et à l'Afrique, autorisent un certain optimisme en ce qui concerne les disponibilités mondiales à moyen terme.

##### *b) Sur le plan communautaire*

En ce qui concerne la situation européenne de l'approvisionnement, on peut décrire en quoi consistent les activités des entreprises des pays de la Communauté.

La France, par l'intermédiaire du CEA et, dans une moindre mesure, des industries minières privées, suit depuis 1946 une politique diversifiée visant la sécurité de l'approvisionnement en uranium naturel à long terme, basée sur ses propres ressources et sur des ressources placées sous son contrôle dans des pays tiers, au prix de 8 dollars par livre d' $U_3O_8$ . Cette politique active de développement de ses sources d'approvisionnement lui permet de compter sur environ 55 000 tonnes de réserves métropolitaines, on l'a vu, et sur au moins 35 000 autres tonnes d'uranium dans les pays tiers.

On estime que, dans l'état actuel des découvertes, la production des réserves des pays tiers africains passera du niveau de 400-500 tonnes d'uranium, à 2 700 tonnes <sup>(1)</sup> environ en 1974-1975, et le CEA a annoncé que le tonnage excédant les besoins de la France sera offert sur le marché mondial <sup>(2)</sup>.

#### Le CEA a prospecté

- au Niger: les réserves y sont d'au moins 20 000 tonnes, la production sera de 1 500 tonnes/an en 1974;
- en République centrafricaine: les réserves sont de l'ordre de 8 000 tonnes, la production sera de 500 tonnes/an en 1972;
- au Gabon: les réserves sont estimées à 6 500 tonnes mais les perspectives sont intéressantes et la production, qui s'élève à 400 tonnes/an, sera portée à 700 tonnes;
- ainsi qu'au Canada: une filiale commune aux sociétés De Mokta et Péchiney a été créée pour la prospection et l'exploitation minière, notamment des gisements d'uranium.

Outre ces pays, le CEA effectue des prospections au Congo-Brazzaville et au Cameroun, et des accords ont été passés avec l'Iran et l'Indonésie pour la prospection et l'exploitation de l'uranium.

En Allemagne, le troisième programme atomique (1968-1972) recommande une politique d'approvisionnement combinant les ressources propres d'origine nationale et étrangère — (40% des besoins), les contrats d'achat à long terme (40% également) et les achats à court terme. Aussi deux consortiums (Urangesellschaft et Uranerzbergbau) ont été créés en 1968 avec le soutien financier du gouvernement fédéral pour la prospection, l'exploitation à l'étranger, et la création d'installations de traitement et de vente d'uranium. Un troisième consortium vient d'être constitué au début de 1969, entre Friedrich Krupp GmbH et Saarbergwerk AG dans le même but.

Les deux consortiums, Uranerzbergbaugesellschaft et Urangesellschaft ont obtenu ensemble, comme Western Nuclear des États-Unis et la SOMIREN italienne, des droits de prospection en Somalie. Uranerzbergbau prospecte au Ghana, au Togo et au Canada (Saskatchewan), Urangesellschaft aux États-Unis et au Canada (Labrador, Ontario). Certaines de ces activités sont, ou vont être, entreprises sur la base d'une association avec des compagnies minières étrangères importantes: Urangesellschaft a ainsi conclu un accord avec la Brinex pour la prospection au Labrador, et vient d'obtenir une participation (8,12%) au capital de la SOMAIR qui a été constituée au Niger sous l'égide du CEA.

<sup>(1)</sup> La capacité de production métropolitaine est, en outre, de l'ordre de 1 600 tonnes/an.

<sup>(2)</sup> Un groupement d'intérêt économique (URANEX) rassemblant le CEA et les sociétés Péchiney - Mokta, Compagnie française des minerais d'uranium, a été créé dans ce but.

En Italie, la société d'État ENI, qui depuis 1968 est chargée de la prospection et de la fourniture d'uranium (ainsi que de la fabrication du combustible), a obtenu par l'intermédiaire de sa filiale, la SOMIREN, un permis de prospection pour l'uranium au Kenya, et elle a passé un accord avec la Somalie aux termes duquel elle recherchera l'uranium et exploitera les gisements qui auront été découverts. D'autres concessions pourraient suivre celles du Kenya et de la Somalie, car l'ENI semble avoir été très active ces derniers mois dans d'autres parties de l'Afrique. Par ailleurs, l'ENI a établi avec la Denison Mines du Canada un programme de prospection de trois ans aux États-Unis. Enfin, l'ENI aussi vient d'obtenir une participation (8,12 %) au capital de la SOMAIR.

Les activités de prospection dans les pays tiers des États du Benelux se limitent à celles exercées par l'Union minière au Canada (par l'intermédiaire d'une filiale (UMEX) et en Australie.

### *Conclusions*

Diverses entreprises des pays membres de la Communauté se sont donc efforcées, et s'efforcent actuellement, de s'assurer un accès direct aux ressources extérieures d'uranium.

Seul le CEA, jusqu'à présent, a obtenu des résultats appréciables qui permettront à la France de couvrir ses besoins jusqu'en 1975-1980. Les activités des autres États ont été entreprises trop récemment pour que l'on puisse disposer déjà de résultats chiffrés.

En outre, l'effort de prospection, en cours ou prévu, des entreprises de la Communauté ne peut faire l'objet, au stade actuel, que d'une estimation approximative.

Étant donné que les besoins cumulés de la Communauté en uranium pour la période 1970-1999 pourraient se situer entre 325 et 525 mille tonnes d'uranium métal, une progression constante de cet effort sera nécessaire, si l'on veut garantir à son industrie minière une position sur le marché futur de l'uranium qui soit satisfaisante, à la fois du point de vue économique et au regard du critère de la sécurité de l'approvisionnement dans le secteur-clé de l'énergie.

## **B — Uranium enrichi**

### **I — LES BESOINS DE LA COMMUNAUTÉ EN URANIUM ENRICHİ**

#### *Estimation des besoins de la Communauté*

Le Conseil de ministres a décidé, le 8 décembre 1967, la création d'un groupe ad hoc du CCRN chargé d'examiner les questions d'approvisionnement à long terme en uranium enrichi. Ce groupe a établi un rapport (S/53/1 f/69 (CRN 1) rév. 1 ad - CEEA) qui a été transmis le 14 mars 1969 au président du CCRN.

Étant donné que le programme de calcul, dont on a décrit à propos de l'uranium naturel la logique fondamentale et les principales hypothèses, n'avait pu être exécuté pour l'estimation des besoins de la Communauté en travail de séparation isotopique, le groupe s'est efforcé de calculer pour un nombre plus restreint d'hypothèses l'évolution des besoins en uranium enrichi jusqu'en 1983.

Les résultats des calculs effectués sont repris de manière succincte dans le tableau 6<sup>(1)</sup>, les besoins annuels étant exprimés en millions de kilogrammes de travail de séparation - uranium (kg - TS).

L'examen du tableau 6 montre que, sous réserve de calculs plus approfondis et si l'on écarte les hypothèses extrêmes, c'est-à-dire, d'une part, l'évolution: 40 000 MWe avec réacteurs à eau lourde et uranium naturel, d'autre part, l'évolution 60 000 MWe, sans convertisseurs avancés, les estimations des besoins annuels de la Communauté en 1980 se situent dans l'ordre de grandeur de 5 à 8 millions de kg/UTS<sup>(2)</sup>.

#### *Aperçu des besoins du monde occidental*

Dans le rapport du groupe ad hoc figure également un aperçu des besoins du monde occidental extrait d'estimations faites pour l'USAEC en décembre 1967 (tableau 7).

## II — COUVERTURE DES BESOINS DE LA COMMUNAUTÉ

### *Capacités d'enrichissement disponibles*

Données relatives à la capacité des installations<sup>(3)</sup>.

#### a) *Installations américaines*

Les trois usines de l'USAEC d'Oak Ridge, Paducah et Portsmouth ont une capacité annuelle de 17 000 tonnes TS/an. Leur exploitation est faite selon un mode intégré, l'usine de Paducah fournissant à partir des stocks d'uranium partiellement enrichi de l'UF<sub>6</sub> enrichi à 0,96% qui sert de matériau d'alimentation aux deux autres usines. Oak Ridge assure l'enrichissement jusqu'à 4%, Portsmouth couvrant toute la gamme jusqu'au produit totalement enrichi (97,65%).

L'USAEC poursuit un important programme d'amélioration de ses installations et envisage une série de progrès qui pourraient conduire à une capacité de production de l'ordre de 22 000 tonnes TS/an sans augmentation de la puissance absorbée, par incorporation d'une technologie 1970 et de l'ordre de 26 000 tonnes TS/an en augmentant la puissance absorbée de 6 000 MWe à 7 300 MWe. Encore est-il précisé que, moyennant une augmentation de la puissance absorbée jusqu'à 9 200 MWe, des améliorations ultérieures des cascades se justifieraient, qui porteraient la capacité au voisinage de 30 000 tonnes TS/an.

A l'heure actuelle, ce complexe d'enrichissement fonctionne à puissance réduite - 2 000 MWe - mais il est prévu de la réaugmenter progressivement à partir de 1970 pour satisfaire aux besoins de la préproduction et reculer ainsi le moment où de nouvelles capacités d'enrichissement seront nécessaires aux environs de 1980.

A cet effet, le programme de l'USAEC, tel qu'il est conçu à l'heure actuelle, prévoit quatre phases:

(1) Extrait du rapport du groupe.

(2) Il semble que l'on puisse avancer que le programme de calcul qui a été exécuté par les services de la Commission et décrit à propos des besoins en uranium naturel, confirme ces estimations.

(3) Extrait du rapport du groupe ad hoc.

- augmentation de la production de travail de séparation et de la puissance électrique demandée: le niveau de production correspondrait à environ 3 800 MWe en 1972 et à la pleine puissance vers le milieu des années 1970;
- modification de l'équipement, l'accent étant mis sur l'installation de barrières et compresseurs de caractéristiques améliorées: cette phase devrait démarrer en 1973 pour être complétée en 1978;
- augmentation de la puissance électrique installée et des capacités de travail de séparation correspondantes: il est prévu que ce programme commence vers 1977;
- réalisation de nouvelles usines: elles seront nécessaires vers 1980. Les données les plus récentes font état d'installations de 8 750 et 17 500 tonnes TS/an. Les décisions fermes de construction doivent intervenir dans la période 1973-1975; des études et des dessins devraient être commencés avant.

b) *Installation britannique*

L'usine de Capenhurst, initialement construite à ces fins militaires, est maintenant utilisée pour la production d'uranium enrichi destiné au programme civil anglais. Les agrandissements et les améliorations successifs qui sont envisagés au cours des prochaines années seraient insuffisants pour couvrir la totalité des besoins du programme nucléaire britannique à l'avenir.

Toutefois, les experts britanniques estiment qu'à partir de 1974, un surplus de capacité de séparation isotopique pourra être mis à la disposition de clients étrangers et que cette capacité supplémentaire sera probablement assurée par le procédé de centrifugation bien que ce choix ne puisse encore être tenu pour certain.

c) *Installation française*

L'usine de Pierrelatte a été construite à des fins militaires. Orientée, donc, vers la production des hauts enrichissements, elle ne peut fournir que des quantités modestes dans les enrichissements faibles requis pour les usages civils. Aucune capacité n'a été publiée.

En profitant de l'expérience acquise par la construction et le fonctionnement de cette usine, un substantiel programme de recherche et de développement est poursuivi, orienté vers les étages de grosse capacité nécessaires pour une usine de plusieurs millions d'unités de travail de séparation.

Actuellement, seules les usines de l'USAEC sont donc en mesure de couvrir tous les besoins en uranium enrichi de la Communauté, disposant en fait d'un monopole dans le domaine.

Dans le cadre de l'accord de coopération Euratom/États-Unis, l'USAEC s'est engagée à fournir à la Communauté de l'uranium enrichi à concurrence de 215 tonnes d'U-235 contenu. Ces 215 tonnes permettraient la couverture des besoins, pour leur durée de vie, des centrales installées dans la Communauté jusqu'en 1975, représentant une puissance de l'ordre de 10 000 MWe.

Actuellement, les contrats conclus par l'Agence ont porté sur environ cinquante tonnes d'U-235 contenu.

Quant aux modalités de fourniture, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1969, l'USAEC a instauré un régime d'enrichissement à façon (« toll enrichment ») de l'uranium naturel à fournir par les utilisateurs, pour lequel elle a établi des critères généraux régissant des contrats-type (identiques

pour les utilisateurs américains et étrangers) et fixant un barème officiel de prix. Le prix pratiqué actuellement est de 26 dollars par kg/unité de travail de séparation; les critères fixent un prix-plafond de 30 dollars par kg/UTS, à garantir dans les contrats, sujet à révision en fonction de la variation des coûts d'électricité et de la main-d'œuvre.

En outre, il faut noter que l'USAEC donne à ces utilisateurs — au moins jusqu'à 1973 — la possibilité, actuellement peu intéressante du point de vue économique, d'acheter directement de l'uranium enrichi, dont le prix est calculé sur la base de 8 dollars par livre d'uranium naturel. Cette possibilité est soumise à la condition que les utilisateurs n'aient pu se procurer l'uranium naturel sur le marché.

## Conclusions

Les conclusions du rapport du groupe ad hoc étaient les suivantes:

« L'estimation des besoins de la Communauté, établie au Chapitre I d'après les prévisions et les hypothèses les plus récentes, conduit en 1980 à un total compris entre 5 et 8 millions de kg TS/an<sup>(1)</sup>. Si les hypothèses émises devaient se confirmer, ces besoins justifieraient la construction d'une capacité européenne d'enrichissement, d'autant plus que les besoins du monde occidental, à cette date, ne pourront plus être satisfaits par les usines américaines et britanniques existantes et que de nouvelles capacités seront nécessaires en tout état de cause.

Une décision de construire une telle capacité dans la Communauté ne peut être prise que sur la base d'un dossier complet dans les domaines technique, économique et politique.

La présente étude, de caractère économique, ne constitue qu'une toute première étape dans la voie de l'établissement de ce dossier. . . »

Il faut signaler que le groupe ad hoc n'a pas été en mesure d'aborder le problème des possibilités de collaboration dans le domaine de l'ultracentrifugation qui faisaient, parallèlement à ses travaux, l'objet d'entretiens entre les gouvernements allemand, néerlandais et britannique, le résultat de ces entretiens n'ayant pas été porté à sa connaissance.

Les grandes lignes du projet tripartite sont actuellement les suivantes:

Deux organisations sont prévues, l'une chargée de la fabrication des centrifugeuses et de la construction des usines d'enrichissement, l'autre de l'exploitation de ces usines.

Une usine, dont la capacité de séparation serait de 300 000 kg/unités de travail de séparation par an, sera installée au Royaume-Uni; une autre, d'une capacité de 25 000 kg/unités, aux Pays-Bas.

Les trois gouvernements se sont déclarés prêts à associer d'autres pays européens intéressés aux initiatives qu'ils auront mises en œuvre, et à examiner quelles formes de collaboration peuvent être envisagées à cet effet.

---

<sup>(1)</sup> Et entre 7 et 12 millions de kg TS/an en 1983.

## C — Plutonium

### I — PRODUCTION

#### a) *Mondiale*

La production mondiale de plutonium fissile dans les réacteurs de puissance, depuis l'origine jusqu'à la fin de 1970, peut être évaluée à 8-9 tonnes, dont 60 % environ seront produites en Grande-Bretagne, 20 % dans la Communauté et 15 % aux États-Unis. C'est après 1970 que la production du monde occidental augmentera rapidement, en fonction du développement des réacteurs de puissance. Bien qu'il soit hasardeux d'évaluer cette production future, étant donné l'incertitude qui pèse sur certains programmes nucléaires et le choix des filières, on peut avancer, cependant, qu'en 1975 elle devrait être de l'ordre d'une dizaine de tonnes, dont 45 % pour les États-Unis, 18 % pour la Communauté et 25 % pour la Grande-Bretagne, et en 1980 d'environ 33 tonnes.

#### b) *Communautaire*

Les résultats du programme de calcul dont il a été question à propos des besoins de la Communauté en uranium naturel, permettent d'estimer que la production cumulée de Pu dans la Communauté se situera, selon les différentes hypothèses, à la fin de 1975 entre 11 et 15 tonnes, à la fin de 1980 entre 35 et 55 tonnes, et à la fin de 1985 entre 80 et 140 tonnes (voir tableau 8). Ces chiffres doivent être assortis d'une certaine réserve, étant donné notamment que la production de plutonium dans le cadre de la gestion des réacteurs peut être assez fortement accrue en fonction du prix de cette matière fissile.

### II — UTILISATION

Le Pu est utilisé actuellement dans la Communauté pour les programmes de recherche et de développement. Cette catégorie de besoins aura nécessité un minimum de 1,5 tonne pour la période 1965-1970. Entre cette date et 1974 les deux prototypes de réacteurs rapides mobiliseront environ 2 tonnes de Pu pour leur démarrage; l'immobilisation s'élèvera ensuite progressivement à 6 tonnes. Par ailleurs, la mise en service industriel de ce type de réacteurs n'est pas prévue avant 1985, ce qui reporte à cette date le développement des besoins de Pu entraînés par l'installation des réacteurs rapides.

Dans le reste du monde, les Anglais, les Américains et les Japonais vont également construire des prototypes de 250-300 MWe entre 1970 et 1975, le réacteur anglais devant diverger le premier. Ces réacteurs nécessiteront chacun environ les mêmes quantités de plutonium que les réacteurs de la Communauté.

Outre son utilisation comme combustible dans les réacteurs rapides, techniquement la meilleure, le Pu peut être recyclé dans les réacteurs thermiques où il se substitue à l'uranium enrichi. Des recherches visent actuellement à déterminer les modalités techniques et les avantages économiques d'une telle utilisation.

Les attitudes des principaux pays producteurs sont très diverses en la matière. Elles peuvent être résumées de la façon suivante: les États-Unis paraissent s'orienter vers le recyclage thermique; en Grande-Bretagne, le stockage du Pu en vue de son utilisation dans les réacteurs rapides semble devoir être préféré au recyclage thermique. Pour les Canadiens, il apparaît plus avantageux, dans les conditions actuelles où le prix est élevé, de vendre leur plutonium que de le recycler ou le stocker.

Dans les États de la Communauté où des programmes de recherche et de développement sur le recyclage sont en cours, il semble qu'au delà de 1970 la tendance sera forte à réutiliser immédiatement le plutonium dans les réacteurs ralentis, principalement dans les pays où la production d'électricité n'étant pas nationalisée, les exploitants de centrales arrêteront leur choix en fonction du marché. Il faut noter que le stockage entraîne, notamment, des charges financières importantes.

### III — MARCHÉ

Jusqu'à présent les besoins des pays de la Communauté ont été couverts par des importations. Les importations en provenance des États-Unis sont effectuées dans le cadre de l'accord de coopération Euratom-États-Unis. Elles sont soumises à l'autorisation préalable du Congrès des États-Unis, qui a fixé en 1964 un plafond de 1 500 kg pour les fournitures destinées à la Communauté. Actuellement, les contrats conclus par l'Agence d'approvisionnement représentent un montant de l'ordre de 610 kg auquel vont s'ajouter 110 kg. Ces quantités (sauf les 110 kg qui proviendront de l'industrie privée américaine) ont été achetées auprès de l'USAEC au prix officiel de 43 dollars le gramme, et attribuées aux utilisateurs de la Communauté, principalement pour leurs besoins en matière de recherche et de développement sur les réacteurs rapides.

Les importations en provenance du Royaume-Uni ont été, ou seront, effectuées par le biais de trois contrats conclus par l'Agence et portant sur la livraison, au CEA (projet Rapsodie) de 90 kg, à la belgo-nucléaire de 180 kg (livraison en 1972-1973), à la Nukem de 200 kg (livraison en 1973) — ces deux dernières quantités étant destinées au prototype de réacteur rapide construit par l'Allemagne, la Belgique et les Pays-Bas.

Les sources d'approvisionnement extérieures commencent à se diversifier, puisque tous les pays qui ont un programme nucléaire sont des vendeurs potentiels: l'USAEC, le Canada, la Grande-Bretagne et l'industrie privée américaine sont des fournisseurs possibles.

En ce qui concerne le prix du Pu, bien que l'on ne se trouve qu'à la naissance d'un véritable marché concurrentiel, on peut discerner une tendance à la baisse dans les contrats conclus jusqu'ici, à mesure que les livraisons sont plus tardives.

Dans le courant de la prochaine décennie les prix devraient théoriquement, et progressivement, s'approcher des 9, 28 dollars le gramme, prix de rachat du plutonium par l'USAEC aux producteurs privés.

### D — Thorium

On estime que les réserves connues de ce minerai, qui sont situées dans plusieurs régions du monde et principalement au Canada et aux Indes, sont du même ordre de grandeur que les réserves d'uranium, et dépassent 500 000 tonnes. Il y a tout lieu de penser qu'elles seront suffisantes pour couvrir tous les besoins actuellement prévisibles.

Pour le moment, la production de thorium est très limitée, la France en étant, jusqu'à une date récente, le principal producteur — grâce aux minerais d'urano-thorianite de Madagascar. Les réserves importantes qui ont été trouvées au Canada, en association avec les conglomérats d'uranium-thorium de Blind River, font de ce pays le plus gros producteur virtuel sur le marché à moyen terme, s'il se développe.

La création d'un marché nucléaire pour cette matière « fertile » dépendra, à court terme, du succès commercial des réacteurs à haute température utilisant le cycle thorium - U 233, dont le type est développé dans la Communauté et aux États-Unis, et, à long terme, du développement de certains types de surrégénérateurs (tels que le réacteur américain à sel fondu).



## 2.

### Politique d'approvisionnement et structure du marché des combustibles nucléaires dans les principaux pays occidentaux

#### I — ÉTATS-UNIS

Les États-Unis sont à la première place parmi tous les pays du monde pour ce qui concerne les programmes de développement nucléaire (selon l'USAEC, en 1980, la puissance installée d'origine nucléaire atteindra 145 000 MWe), y inclus la production ainsi que l'utilisation des combustibles. De ce fait, la politique d'approvisionnement et le marché américains influencent dans une très grande mesure le monde occidental et le tiers-monde.

En 1954 l'Atomic Energy Act a créé l'United States Atomic Energy Commission (USAEC), organisme d'État placé sous le contrôle direct du président et du congrès des États-Unis, et doté des pouvoirs les plus larges dans toutes les branches du domaine nucléaire, dont l'approvisionnement en combustibles. Des amendements ont été apportés, notamment en 1964, à la législation de 1954, qui ont mieux adapté ces pouvoirs aux exigences de la situation telle qu'elle a évolué. Les actions publiques ont été notamment harmonisées avec les initiatives de plus en plus importantes du secteur privé.

Voici comment se présente la situation aux États-Unis en ce qui concerne l'approvisionnement des trois principaux types de combustible nucléaire :

#### a) *Uranium naturel*

Le territoire des États-Unis est largement doté en uranium naturel (cf. tableau 4 en annexe). La plus grande partie des réserves en minerai uranifère est située dans la zone du « plateau » du Colorado, dans l'ouest du pays, mais les activités d'exploration ont aussi permis de déceler d'importantes ressources dans plusieurs autres régions.

Outre cette richesse en minerai d'uranium, les États-Unis ont aussi la possibilité d'obtenir des quantités considérables d'uranium comme sous-produit de la production d'acide phosphorique et de la lixiviation de minerais cuprifères.

Le traitement du minerai est assuré par seize usines appartenant à quatorze firmes différentes, ayant une capacité totale de 12 000 tonnes d'uranium métal par an (la plus importante gérée par la Kerr McGee à Grants, New Mexico, peut traiter jusqu'à 6 300 tonnes de minerai par jour).

La production effective d'uranium, après avoir atteint des chiffres records dans les années de 1950 à 1960 et avoir fléchi sensiblement ensuite, connaît actuellement un nouvel essor. Le niveau de cette production a été de 8 360 tonnes d'uranium en 1967, de 9 350 en 1968; en 1969, il devrait

atteindre 10 650 tonnes et il continuera à augmenter de façon à répondre aux besoins commerciaux toujours croissants. La capacité installée peut en effet être portée à plus de 15 000 tonnes; cet ordre de grandeur sera nécessaire dans les années 1973-1975. A partir de cette période, on pourra compter aussi sur la production issue de la découverte de nouveaux gisements, suivie vraisemblablement de l'installation de nouvelles usines de traitement.

L'effort de prospection qui a repris aux États-Unis depuis peu de temps avec la participation significative de plusieurs compagnies pétrolières, a déjà atteint une ampleur sans précédent. 7,3 millions de mètres de forage ont été effectués en 1968, 30,5 millions de mètres sont prévus pour la période de 1968 à 1971, représentant un investissement estimé à 135 millions de dollars. Il est à signaler que certaines entreprises de la Communauté (Urangesellschaft, Somiren) participent à ces activités menées sur le territoire américain.

La production de l'uranium (propriété et exploitation des mines, ainsi que des usines de traitement) aux États-Unis est confiée au secteur privé. Jusqu'à la fin des années 1950, son écoulement a été cependant assuré exclusivement par l'action des pouvoirs publics, c'est-à-dire l'USAEC, qui a monopolisé l'achat de l'uranium pour couvrir les besoins de ses programmes militaires. Au cours de cette période, les prix se sont maintenus assez haut avec des pointes jusqu'à 14 dollars la livre.

Après 1960, à la suite de la diminution des besoins militaires, l'USAEC a réduit le volume et le rythme de ses achats, mais elle a néanmoins maintenu un programme d'achats étalé sur plusieurs années (« stretch-out program ») et portant sur des quantités considérables. Ce programme d'achats vise notamment la constitution d'un stock d'uranium naturel qui est sans doute à présent le plus important au monde (il est évalué à 46 000 tonnes), mais en outre, des quantités importantes d'uranium naturel sont enrichies dans les usines de l'USAEC, soit pour constituer un stock d'uranium enrichi, soit pour être mises à la disposition des utilisateurs américains sous le régime de location (cette possibilité donnée aux utilisateurs est cependant destinée à être supprimée comme il est indiqué dans le chapitre suivant).

Au cours des dernières années, la demande émanant du secteur civil s'est ajoutée à celle de l'USAEC, et cela a entraîné un certain relèvement des prix qui, à cause de la réduction des achats de l'USAEC, et bien que celle-ci ait établi un prix officiel de vente de 8 dollars par livre d' $U_3O_8$ , étaient descendus au milieu des années 1960 jusqu'à 4 dollars la livre. Actuellement, les contrats portant sur des livraisons en 1969 et 1970 ont été conclus à des prix entre 5 et 7 dollars la livre, alors que des livraisons ultérieures atteignent même des prix légèrement supérieurs.

Il est à souligner que les producteurs américains ont obtenu une forme d'aide très importante de la part de pouvoirs publics. Les autorités des États-Unis ont en effet décidé d'interdire, en principe jusqu'en 1973, aux utilisateurs américains les importations d'uranium produit à l'étranger, ce qui met les producteurs à l'abri de toute concurrence éventuelle de la part de producteurs d'autres pays.

#### b) *Uranium enrichi*

Jusqu'en 1964, la propriété des matières fissiles spéciales aux États-Unis a appartenu exclusivement aux pouvoirs publics. Ceux-ci sont encore propriétaires des trois usines de séparation isotopique d'Oak Ridge, de Paducah et de Portsmouth. De ce fait l'USAEC a pu régir jusqu'à présent l'approvisionnement en uranium enrichi des États-Unis et du monde non-communiste, et pourra continuer à le faire pendant encore quelque temps.

Depuis le démarrage de l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, l'USAEC a fourni de l'uranium enrichi aux utilisateurs américains et étrangers (appartenant à des pays avec lesquels les États-Unis ont conclu des accords de coopération) dans les quantités et formes requises. Il y a eu cependant une différence fondamentale de traitement entre ces deux catégories d'utilisateurs: les Américains ont pu recevoir les matières sous le régime de la location, le droit de propriété restant au gouvernement; les étrangers ont pu (et dû) l'acheter à l'exception de quantités destinées à la recherche qui ont pu être louées, la valeur de ces matières ne devant pas excéder 125 000 dollars par projet. A partir de 1964, une nouvelle législation a transféré au secteur privé le droit de propriété sur l'uranium enrichi et sur toute autre matière fissile spéciale. Cette même législation a disposé qu'à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1969, les usines de l'USAEC peuvent pratiquer l'enrichissement à façon (« toll enrichment ») de l'uranium naturel appartenant à des utilisateurs américains aussi bien qu'étrangers. Depuis cette date, les utilisateurs américains sont donc habilités à exercer le droit de propriété sur les matières fissiles spéciales en achetant directement l'uranium naturel auprès des producteurs, et en obtenant par le biais du « toll enrichment » l'uranium enrichi dont ils ont besoin<sup>(1)</sup>. Toutefois, au stade actuel, ils bénéficient en outre de la faculté de recevoir l'uranium enrichi en location. Le taux réduit — 4,75 % — appliqué à l'origine par l'USAEC a subi un relèvement progressif, et il est fixé actuellement au niveau de 7,50 %: ce relèvement peut avoir pour effet d'encourager les utilisateurs à l'achat de l'uranium naturel et au « toll enrichment ».

La législation de 1964 a disposé que le régime de location prendra fin le 1<sup>er</sup> janvier 1973, mais les matières fissiles spéciales ne pourront être reçues en location que jusqu'au 31 décembre 1970. Il est à souligner qu'à partir de 1973, la discrimination existante entre utilisateurs américains et étrangers pour ce qui a trait à la location des matières fissiles spéciales, disparaîtra. Par ailleurs l'AEC a avancé la date d'option pour l'acquisition des matières louées, du 1<sup>er</sup> janvier 1971 à avril 1969 — (« in situ toll enriching »).

L'impact que la réalisation de ces mesures aura sur la situation de l'approvisionnement aux États-Unis sera sans doute considérable. La position dominante tenue jusqu'à cette date par l'USAEC devrait se réduire sensiblement, mais il serait inexact de croire qu'elle n'aura plus de rôle majeur à jouer dans le domaine de l'approvisionnement. Outre le contrôle, à la fois juridique, économique et technique, des utilisations par les privés des combustibles nucléaires qu'elle maintiendra (notamment en matière d'exportations, qui sont soumises à des licences accordées par le gouvernement), l'USAEC garde actuellement la propriété et la gestion des trois usines d'enrichissement existantes. Il est vrai que le transfert de ces usines au secteur privé est envisagé — ce qui compléterait la responsabilité du cycle de combustible<sup>(2)</sup> déjà confiée à ce secteur. Le 14 mars de cette année, l'USAEC a publié une série de critères susceptibles de régir, à l'avenir, la propriété et la gestion de ces usines; ces critères prévoient une gamme assez étendue de possibilités qui vont du maintien de la situation actuelle (pleine propriété publique) au transfert complet au secteur privé des usines existantes et futures, en passant par des formules de propriété et gestion mixtes. Les milieux intéressés ont été invités à commenter ces critères<sup>(3)</sup>. Toutes les solutions restent possibles, mais il apparaît maintenant probable que de toute façon, pendant longtemps encore, l'USAEC restera concernée par la gestion des usines de séparation isotopique, et continuera à

(1) Il est à souligner, à cet égard, que l'assurance de pouvoir disposer de grandes quantités d'uranium enrichi a contribué puissamment au choix de l'industrie américaine en faveur de la filière de réacteurs alimentés avec ce type de combustible.

(2) L'industrie de conversion, de fabrication d'éléments de combustible et de retraitement est de plus en plus entre les mains du secteur privé. Les activités de l'USAEC dans ces domaines sont en nette régression.

(3) Des « Hearings » devant le Joint Committee on Atomic Energy du Congrès américain ont été consacrés au mois d'août 1969 à cette question.

être en mesure d'agir en tant qu'organe régulateur de l'approvisionnement en uranium enrichi aux États-Unis.

En ce qui concerne l'action d'aide financière en faveur des utilisateurs menée par l'USAEC grâce à la location des matières, on assiste actuellement à des initiatives d'organismes privés et également publics (comme la New York State Atomic and Space Development Authority) qui s'efforcent de prendre la relève dans ce domaine. Ces organismes assureraient notamment le financement du combustible en le fournissant en location aux utilisateurs; la structure et les modalités de ce financement sont cependant encore loin d'être précisées.

#### c) *Plutonium*

Le régime juridique régissant cette matière étant le même que celui de l'uranium enrichi, la différence fondamentale entre ces deux matières fissiles spéciales réside dans leur degré d'utilisation. Au stade actuel, le plutonium est utilisé aux États-Unis, comme dans les autres pays du monde, pour des programmes de recherche axés essentiellement sur les réacteurs rapides.

La production déjà importante<sup>(1)</sup> par rapport aux autres pays, a permis à l'USAEC d'exporter des quantités de plutonium, notamment vers la Communauté. Ces quantités ont été utilisées à des fins de recherche.

La position de quasi-monopole de l'USAEC est maintenant en train de s'effacer puisque, outre d'autres pays producteurs, les industries américaines ont commencé à pouvoir exporter du plutonium<sup>(2)</sup>. En ce qui concerne ces dernières, une décision du Congrès des États-Unis limite toutefois leurs possibilités de fournitures à la Communauté à un montant égal à celui fourni par l'USAEC. A cause du prix élevé pratiqué par celle-ci, les exportations de plutonium privé américain vers la Communauté n'ont pas eu de développement majeur. Il est à signaler que des producteurs américains ont récemment constitué la « Plutonium Export Association » afin de favoriser les ventes en les regroupant et de réglementer la concurrence en matière d'exportation. Il s'agit des firmes Yankee Atomic, Consolidated Edison, Consumers Power et Commonwealth Edison.

Quant aux utilisations à l'échelle industrielle qui auront lieu dans l'avenir, l'opinion prédominante semble s'orienter vers le recyclage à partir de 1975 dans les réacteurs thermiques, étant donné la disponibilité de grandes quantités de plutonium en raison du développement spectaculaire du parc des centrales nucléaires installées aux États-Unis. D'autre part, le choix du recyclage plutôt que le stockage en vue de l'utilisation dans les réacteurs rapides, trouve sa raison d'être dans le fait que l'entrée en fonctionnement des réacteurs rapides ne revêt pas aux États-Unis le même caractère prioritaire que dans d'autres pays.

## II — ROYAUME-UNI

La Grande-Bretagne est le pays dont la puissance nucléaire installée est aujourd'hui encore la plus élevée du monde (fin 1968, 4 133 MWe d'origine nucléaire étaient déjà raccordés au réseau). Pour pouvoir répondre aux exigences d'une production d'électricité d'origine nucléaire très importante, la Grande-Bretagne a structuré en conséquence son secteur nucléaire. En 1954,

<sup>(1)</sup> Cette production était issue jusqu'à une date récente des réacteurs plutonigènes de l'USAEC.

<sup>(2)</sup> La production de ces industries a été couverte par un droit d'option de l'USAEC; depuis quelque temps, l'USAEC n'ayant plus d'intérêt dans l'achat a renoncé à l'utilisation de ce droit.

en vertu de l'Atomic Energy Act, l'United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA) a été instituée, organisme public chargé de pouvoirs exclusifs dans le domaine nucléaire à partir de la recherche jusqu'à la mise au point au stade industriel.

Le rôle exercé par l'UKAEA est étroitement lié aux activités du Central Electricity Generating Board (CEGB) qui, à l'instar de l'EDF et de l'ENEL, est l'organisme public de production d'électricité auquel incombent l'installation et l'exploitation des centrales nucléaires.

Dans le domaine de l'approvisionnement, l'UKAEA exerce les pouvoirs les plus larges qui vont jusqu'à des fonctions industrielles directes telles que l'enrichissement de l'uranium, la fabrication des éléments de combustible, le retraitement des combustibles irradiés. Ces pouvoirs lui ont permis d'assurer l'approvisionnement régulier des centrales gérées par le CEGB et de réaliser une politique d'approvisionnement à long terme, axée sur les lignes directrices suivantes:

- a) Pour ce qui a trait à l'uranium naturel, l'UKAEA, étant donné les liens de la Grande-Bretagne avec les pays du Commonwealth, a conclu des contrats à long terme avec les pays producteurs, notamment le Canada, et l'Afrique du Sud. Grâce à cette politique, un stock assez important d'uranium naturel a pu être réalisé;
- b) La construction de l'usine de diffusion gazeuse de Capenhurst a permis à l'UKAEA de disposer d'uranium enrichi pour ses programmes militaires, et une partie de ses besoins civils<sup>(1)</sup>. Il est prévu que la capacité de cette usine sera sensiblement augmentée (probablement par l'installation d'ultracentrifugeuses) pour faire face, dès 1974, aux exigences du marché britannique et, peut-être étranger.
- c) En raison du développement de la production d'électricité d'origine nucléaire, la production de plutonium en Grande-Bretagne a déjà atteint des proportions considérables; (elle représente au stade actuel, 60% du total mondial et s'élèvera à 2,5 tonnes vers 1975. L'UKAEA a affirmé qu'elle disposerait de suffisamment de plutonium pour pouvoir installer 15 000 MWe en réacteurs rapides entre 1975 et 1985).

Jusqu'à présent, l'UKAEA a exporté une partie de sa production de plutonium, notamment aux États-Unis, en échange d'uranium enrichi (ce type de livraisons devant cesser cette année) ainsi qu'à la Communauté (cf. le chapitre « Marché du plutonium » de cette étude).

En ce qui concerne l'utilisation future de ce plutonium, l'UKAEA est orientée vers l'introduction rapide et massive des réacteurs surrégénérateurs. Cependant, l'entrée en fonctionnement du premier modèle commercial, prévue pour 1976 environ, connaîtra probablement certains retards. L'UKAEA préconise une politique de stockage du plutonium en vue de son utilisation dans les réacteurs rapides, plutôt que de recyclage dans les réacteurs thermiques. Il est à signaler à cet égard que l'UKAEA a suggéré la possibilité d'échanger des quantités de plutonium produit dans les réacteurs anglais à gaz, — particulièrement indiqué pour le recyclage —, contre du plutonium issu des réacteurs à eau, mieux utilisé dans les surrégénérateurs.

Par ailleurs elle s'est déclarée disposée à vendre des quantités importantes de Pu au cours de la prochaine décennie.

En 1968, une restructuration du secteur nucléaire a été officiellement annoncée, impliquant, en ce qui concerne l'approvisionnement, la création d'une entreprise publique — la Nuclear Fuel Corporation — chargée du cycle complet du combustible nucléaire. Le capital initial sera fourni

<sup>(1)</sup> Cette production n'a pu, jusqu'à présent, faire l'objet d'exportations en raison du caractère non compétitif de son prix de revient.

par l'État, et le noyau de cette société à laquelle des firmes privées pourront progressivement s'associer — le capital restant cependant à majorité publique — sera constitué par l'UKAEA. Ses activités débiteront vers 1970. La NFC aura pour objet de couvrir les besoins de la Grande-Bretagne, et elle s'efforcera en outre de s'assurer une position importante sur le marché mondial du combustible nucléaire.

Outre cette entreprise, deux groupements industriels de constructeurs de centrales nucléaires ont été institués, dans lesquels l'UKAEA a des intérêts financiers et auprès desquels elle est en train de détacher une partie de son personnel actuel.

La coordination, notamment, entre ces deux groupements industriels et l'entreprise publique d'approvisionnement en combustibles sera assurée par un Atomic Energy Board créé à cet effet, et au sein duquel siègeront des représentants de l'UKAEA, du CEGB, des deux groupements industriels ainsi que de l'entreprise d'approvisionnement.

Cette restructuration du secteur nucléaire en Grande-Bretagne laisse présager une collaboration plus étroite entre l'industrie privée et les pouvoirs publics dont le rôle devrait cependant rester déterminant.

On assiste donc à l'amorce d'une grande concentration des moyens financiers et industriels publics et privés, qui devrait permettre une meilleure rationalisation de leur utilisation.

### III — CANADA

Le Canada dispose sur son territoire d'importantes ressources primaires d'énergie, ressources hydrauliques, pétrole, ainsi qu'uranium naturel, dont il est l'un des plus grands producteurs du monde (cf. tableau 4). Ayant été parmi les premiers pays à s'intéresser aux utilisations de l'énergie nucléaire, le Canada a élaboré pendant longtemps et porté à un stade actuellement très avancé un programme nucléaire basé sur un type original de réacteur (CANDU) fonctionnant à l'uranium naturel et à l'eau lourde.

Les activités nucléaires, commencées pendant la guerre, ont été exercées par le Conseil national des recherches jusqu'en 1952, date à laquelle a été institué l'Atomic Energy of Canada Ltd., organisme d'État. Depuis cette date, l'AECL est responsable de la recherche et du développement des centrales de puissance; en outre, elle collabore et assiste l'industrie privée dans tous les domaines connexes.

L'approvisionnement en combustibles est axé sur la production d'uranium naturel.

En ce qui concerne les matières fissiles spéciales, l'uranium enrichi n'a pas été jusqu'à présent un élément essentiel dans les programmes de puissance de l'AECL. Il est à noter cependant qu'un projet d'installation au Canada d'une usine d'enrichissement fait actuellement l'objet d'examen de la part du gouvernement.

Pour le plutonium, les quantités produites par les centrales du type CANDU commencent à atteindre des proportions appréciables. Les producteurs canadiens semblent s'orienter vers la vente à l'étranger de ces quantités de plutonium plutôt que vers le recyclage dans les réacteurs thermiques où le stockage en vue de l'utilisation dans les réacteurs rapides.

En ce qui concerne l'uranium naturel, la gestion des mines est assurée par quatre sociétés<sup>(1)</sup> qui produisent 3 200 tonnes environ d'uranium par an.

<sup>(1)</sup> Ces sociétés sont la Rio Algom Mines Ltd., La Denison Mines Ltd., la Stanrock Uranium Mines Ltd., privées, et l'Eldorado Nuclear Ltd., appartenant à l'État canadien.

La capacité potentielle totale de production impliquant la remise en exploitation de toutes les anciennes installations susceptibles de reprendre leur activité, s'élève à environ 8 500 tonnes par an. Le chiffre record de production fut atteint en 1959, avec 12 000 tonnes d'uranium.

La production actuelle est écoulee grâce aux achats faits par le gouvernement canadien à la fois pour maintenir un noyau de production et réaliser une politique de stockage, et à une série de contrats commerciaux à long terme conclus avec des utilisateurs étrangers et portant sur la livraison jusqu'à 1983 d'environ 30 000 tonnes d'uranium. (Parmi eux, des contrats ont été conclus avec l'Agence d'approvisionnement d'Euratom, pour alimenter les centrales allemandes de Lingen et d'Obrigheim.) Des capacités importantes de conversion ont été installées, ce qui donne aux producteurs la possibilité d'exporter l'uranium aussi sous forme d'UF<sub>6</sub> ou d'UO<sub>2</sub>.

Comme dans les autres pays producteurs, étant donné la croissance prévue des besoins mondiaux, les efforts de prospection ont récemment repris au Canada, avec la participation de plusieurs entreprises étrangères (américaines, japonaises et en ce qui concerne les pays de la Communauté, allemandes, française et belge. 13 millions de dollars au moins seront dépensés aux frais de prospection dans les 3 prochaines années. Les perspectives de nouvelles découvertes apparaissent favorables.

Les augmentations substantielles de la production qui sont de ce fait prévisibles (et déjà amorcées) ne pourront en tout état de cause être absorbées par le marché intérieur. La politique de stockage pratiquée par le gouvernement ne pourra plus constituer un débouché essentiel, d'une part, parce que les quantités effectivement nécessaires aux besoins canadiens sont limitées, d'autre part, parce que le prix de base (4,90 dollars canadiens la livre) que le gouvernement paie actuellement sera insuffisant pour couvrir le coût de la nouvelle production.

La tendance des producteurs canadiens est donc de garantir dès maintenant des débouchés stables à l'étranger pour leur production présente et future; aussi des représentants des producteurs canadiens ont-ils adressé des appels aux utilisateurs au cours de conférences mondiales récentes, en les invitant à intensifier la conclusion de contrats à long terme<sup>(1)</sup>. Un accroissement de la participation de ces utilisateurs aux activités — et aux risques — de prospection et de production minières est également souhaité par les producteurs canadiens comme le démontrent plusieurs exemples actuels.

#### IV — JAPON

Le Japon, qui ne dispose pas de ressources énergétiques propres (l'énergie hydroélectrique mise à part), a établi un important programme nucléaire ayant comme objectif la réalisation d'une puissance installée en 1980, de 20 000 MWe, et en 1985 de 30 000 à 53 000 MWe (ce dernier chiffre représenterait 33% de la puissance électrique du pays).

Le développement de l'énergie atomique est le fait à la fois des pouvoirs publics (la Commission à l'énergie atomique notamment), et du secteur privé (à savoir les grandes sociétés productrices d'électricité comme la Nippon Electric Power, la Hitachi et la Kansai Electric Power).

<sup>(1)</sup> Il existe cependant des limitations imposées par le gouvernement qui viennent d'être récemment renforcées: la durée admissible des contrats à long terme a été ramenée de 30 à 10 ans (prorogeables s'ils contiennent une clause de révision des prix); le stockage à l'étranger de l'uranium canadien n'est possible que pour permettre de couvrir pendant 5 ans les besoins des pays importateurs; enfin, un droit de regard (et de veto) préalable sur tous les contrats de fourniture a été institué au profit du gouvernement.

Dans le domaine de l'approvisionnement, la loi du 20 juillet 1967 a institué la « Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation » (PNC) qui a commencé ses activités en octobre 1968. La PNC a été dotée initialement d'un capital fourni par l'État, la loi donnant aux entreprises et au capital privé la possibilité d'y participer par la suite.

Cet organisme a reçu des tâches très étendues, bien que non-exclusives<sup>(2)</sup>, qui vont de la recherche et du développement des réacteurs à toute action dans le domaine des combustibles, telle que la prospection et l'exploitation minières, le traitement des minerais, la production de matières fissiles spéciales, le retraitement, l'importation, l'exportation, l'achat, la vente ou la location de matières brutes et matières fissiles spéciales.

La loi dispose également que toutes ces activités seront exercées en conformité avec les programmes de base relatifs au développement des combustibles nucléaires; ceux-ci sont établis par la Commission pour l'énergie atomique du Japon, sous la responsabilité du premier ministre.

Malgré son caractère récent, cet organisme mixte s'est révélé très actif: il a pris des initiatives importantes, par exemple à propos de la prospection en cours ou envisagée au Canada, en Australie, au Congo et même aux États-Unis.

Il est à prévoir qu'en conformité avec la loi qui l'a instituée, la PNC interviendra également dans la conclusion des contrats d'approvisionnement, mais ses activités semblent s'orienter principalement vers la prospection et l'exploitation minières. En outre, un consortium va être formé entre les utilisateurs et les compagnies minières pour diriger la prospection et l'exploitation de l'uranium à l'étranger. Il remplacera les groupements ad hoc actuels. Il est probable que la PNC se chargera de la prospection et des négociations préliminaires à l'étranger, le consortium intervenant quand l'exploitation commerciale d'une découverte est assurée. Il recevra le soutien financier du gouvernement.

En ce qui concerne l'uranium naturel, des contrats d'achat à long terme portant sur de grandes quantités (environ 15 000 tonnes d'uranium représentant la moitié des besoins du Japon jusqu'en 1978) ont été conclus en 1967 entre, d'une part, la NEC et 8 producteurs d'électricité japonais, et d'autre part, les producteurs canadiens.

Pour l'uranium enrichi, dont les besoins seront considérables en raison de l'importance du programme nucléaire et du recours aux réacteurs utilisant ce type de combustible, des contrats de « toll enrichment » ont été conclus par les utilisateurs avec l'USAEC, dans le cadre de l'accord de coopération Japon/États-Unis sur les utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire.

Il est enfin à signaler que le Japon s'intéresserait activement à la construction d'une usine de séparation isotopique sur son territoire (le procédé d'enrichissement n'a toutefois pas encore été déterminé).

## V — AFRIQUE DU SUD

L'Afrique du Sud est l'un des principaux pays producteurs d'uranium du monde (cf. tableau 4). Sa situation sur le marché mondial est particulièrement avantagée par le fait que l'uranium se présente en tant que sous-produit des gisements aurifères dont le territoire de l'Afrique du Sud est richement doté.

---

<sup>(2)</sup> Les firmes privées peuvent accomplir ces tâches, soit directement, soit par l'intermédiaire de la PNC, dans laquelle elles ont la possibilité de participer.

A partir de 1952, le développement de l'industrie minière de l'uranium en Afrique du Sud a été encouragé par l'action de la Combined Development Agency, organisation mixte anglo-américaine qui a assuré l'achat de la totalité de la production, et accordé en outre, des formes diverses d'aide financière aux producteurs. Le chiffre record de production a été atteint, comme au Canada, en 1959, avec 5 000 tonnes. En 1960, les achats de la CDA ont été remplacés par des contrats à long terme conclus avec l'USAEC et l'UKAEA; l'amenuisement des besoins pour les programmes militaires a entraîné le non-renouvellement de ces contrats au fur et à mesure de leur expiration. C'est ainsi que les livraisons à destination des États-Unis ont pris fin en 1966, celles vers le Royaume-Uni cesseront en 1973.

Le maintien d'un certain niveau de production, ainsi que sa commercialisation, ont été depuis pris en charge par des consortiums de producteurs, la Chambre des mines d'abord, (Transvaal and Orange Free State Chamber of Mines), et maintenant par la Nuclear Fuels Corporation of South Africa Ltd. (NUFCOR).

Dans les toutes dernières années on a assisté en Afrique du Sud comme dans les autres pays producteurs, à une augmentation de la production en relation avec l'accroissement de la demande sur le marché mondial. Cette production a atteint en 1965 son niveau le plus bas (2 200 tonnes), et est passée à 3 000 tonnes en 1968. Plusieurs des mines qui avaient cessé de produire de l'uranium au début de la décennie, envisagent maintenant de reprendre leur production, et de nouvelles mines pourraient être mises en activité. Ces facteurs pourraient amener la production à plus de 5 000 tonnes par an avant 1975.

Des initiatives récentes de la NUFCOR montrent l'intérêt des producteurs sud-africains à s'assurer des débouchés sur le marché mondial. En effet, la NUFCOR est en train de promouvoir des expériences sur l'amélioration des techniques d'extraction des minerais, ainsi que des études sur la possibilité de fournir aux utilisateurs l'uranium déjà sous forme d'hexafluorure (UF<sub>6</sub>).

Il est enfin à remarquer que l'ensemble des activités nucléaires en Afrique du Sud (activités qui ne sont, par ailleurs, pas encore très développées en ce qui concerne l'installation de centrales) est placé sous l'autorité de l'Atomic Energy Board. Cet organe d'État a été institué par l'Atomic Energy Act de 1948; il est chargé de la supervision et de la coordination de ces activités. Des représentants des producteurs d'U en font partie.



*ANNEXE*

Liste des tableaux statistiques

1) Répertoire des réacteurs de puissance dans la Communauté .....	32
2) Stratégie envisagée pour l'installation des réacteurs de puissance .....	36
3) Estimation des besoins de la Communauté en uranium naturel.....	36
4) Réserves d'uranium exploitables dans le monde libre à un prix inférieur à 8-10 dollars la livre d'U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> .....	37
5) Ressources probables d'uranium à l'échelle mondiale .....	38
6) Estimation des besoins annuels de la Communauté en uranium enrichi (en quantités de travail de séparation) .....	38
7) Aperçu des besoins du monde occidental en uranium enrichi .....	39
8) Estimation de la production communautaire de plutonium .....	39

Tableau 1 — Répertoire des réacteurs de puissance en fonctionnement, en construction et en projet dans la Communauté — (situation mi-janvier 1970)

1. *Puissance électrique nette des centrales nucléaires en fonctionnement, en construction ou en projet: 17 791 MWe nets, soit:*

	Pays	En fonction	En construction	En projet	Total MWe
<b>a) Réacteurs de type éprouvé</b>					
<i>Gaz graphite</i>					
Chinon 1 (EDF 1)	F	70	—	—	70
Chinon 2 (EDF 2)	F	200	—	—	200
Chinon 3 (EDF 3)	F	480	—	—	480
St. Laurent 1 (EDF 4)	F	480	—	—	480
St. Laurent 2	F	—	515	—	515
Bugey 1 (St. Vulbas)	F	—	540	—	540
G 2 Marcoule	F	40	—	—	40
G 3 Marcoule	F	40	—	—	40
ENEL (Latina)	I	200	—	—	200
		1 510	1 055	—	2 565
<i>Eau bouillante</i>					
KRB (Grundremmingen)	D	237	—	—	237
KWL (Lingen) <sup>(1)</sup>	D	155	—	—	155
VAK (Kahl)	D	15	—	—	15
ENEL (Garigliano)	I	150	—	—	150
GKN (Doodewaard)	N	52	—	—	52
KWW (Wurgassen, Weser)	D	—	640	—	640
HEW/NWK (Brunsbüttelkoog)	D	—	770	—	770
ENEL 4 (Piacenza/Pô)	I	—	—	750	750
		609	1 410	750	2 769
<i>Eau pressurisée</i>					
KWO (Obrigheim)	D	283	—	—	283
SENA (Chooz) <sup>(2)</sup>	F	266	—	—	266
ENEL (Trino Vercellese)	I	257	—	—	257
BR 3 (Mol)	B	10	—	—	10
KKS (Stadersand Elbe)	D	—	630	—	630
S.E.M.O. (Tihange s/Meuse) <sup>(3)</sup>	B	—	870	—	870
Centr. Nucl. de Doel (Doel s/Escout)	B	—	780	—	780
PZEM (Borssele)	N	—	450	—	450
RWE (Biblis s/Rhin)	D	—	1 150	—	1 150
		816	3 880	—	4 696

<sup>(1)</sup> Non compris surchauffe au fuel oil.<sup>(2)</sup> Centrale franco-belge (50/50).<sup>(3)</sup> Avec participation française (EDF) de 50%.

	Pays	En fonction	En construction	En projet	Total MWe
<b>b) Convertisseurs avancés</b>					
<i>Eau lourde</i>					
MZFR (Karlsruhe)	D	50	—	—	50
KKN (Niederaichbach)	D	—	100	—	100
EL 4 (Monts d'Arrée)	F	70	—	—	70
CIRENE (Latina)	I	—	—	32	32
		120	100	32	252
<i>Haute température</i>					
HKG (Schmehausen)	D	—	—	300	300
AVR (Jülich)	D	13	—	—	13
KSH Geesthacht 2 (Schleswig-Holstein)	D	—	22	—	22
<i>Sodium-Hydr. de Zirconium</i>					
KNK (Karlsruhe)	D	—	19	—	19
<i>Surchauffe nucléaire</i>					
HDR (Großwelzheim)	D	22	—	—	22
		155	141	332	628
<b>c) Surrégénérateurs rapides</b>					
Phenix (Marcoule)	F	—	233	—	233
SNR (Weisweiler) <sup>(1)</sup>	D	—	—	300	300
		—	233	300	533
<b>d) Type non encore déterminé</b>					
Kernkraftwerk Neckar (Lauffen) <sup>(1)</sup>	D	—	—	750	750
BASF (Ludwigshafen) <sup>(2)</sup>	D	—	—	1 200	1 200
ENEL 5 (...)	I	—	—	650	650
E.V.S. + Badenwerk (Oberhausen)	D	—	—	800	800
Chem. Werke HULS + VEW (Marl)	D	—	—	600	600
Fessenheim 1	F	—	—	p.m.	p.m.
Fessenheim 2	F	—	—	p.m.	p.m.
KKW Schmehausen (Westfalen)	D	—	—	600	600
GKM + Badenwerk (Kirschgarthausen)	D	—	—	700	700
Bayernwerk + Isaramperwerke	D	—	—	600	600
Großkraftwerk Mannheim	D	—	—	700	700
Total		—	—	6 600	6 600

<sup>(1)</sup> Participation respect.: Allemagne 70%, Pays-Bas 15% et Belgique 15%.

## 2. Répartition en pourcentage des réacteurs en fonctionnement et en construction

Gaz-graphite .....	2 565 MWe soit 26%
Eau légère bouillante .....	2 019 MWe soit 21%
Eau légère pressurisée .....	4 696 MWe soit 48%
Eau lourde .....	220 MWe soit 2%
Autres convertisseurs avancés .	76 MWe soit 1%
Surrégénérateurs rapides .....	233 MWe soit 2%
	9 809 MWe soit 100%

## 3. Ventilation selon le degré d'achèvement et le pays d'implantation

	Allemagne Fédérale	France	Italie	Pays-Bas	Belgique	Communauté
Réacteurs en fonction.....	775	1 646	607	52	10	3 090
Réacteurs en construction .	3 331	1 288	—	450	1 650	6 719
Réacteurs en projet .....	4 106 6 550	2 934 —	607 1 432	502 —	1 660 —	9 809 7 982
Total .....	10 656	2 934	2 039	502	1 660	17 791

(<sup>1</sup>) Participations et mise en service indéterminées.

(<sup>2</sup>) Dont 400 MWe pour la fourniture de vapeur.

## 4. Caractéristiques des réacteurs en fonctionnement

Réacteur et site	Pays	Type <sup>1</sup>	Criticalité	Raccordement au réseau	Puissance en MWe
KRB (Grundremmingen) .....	D	BWR	14.08.66	12.11.66	237
AVR (Jülich) .....	D	H.T.	26.08.66	18.12.67	13
VAK (Kahl) .....	D	BWR	13.11.60	17.06.61	15
MZFR (Karlsruhe) .....	D	EL	29.09.65	03.66	50
KWL (Lingen) .....	D	BWR	31.01.68	20.05.68	155
KWO (Obrigheim) .....	D	PWR	22.09.68	29.10.68	283
HDR (Großwelzheim) .....	D	BWR	14.10.69	—	22
Chinon 1 (EDF 1) .....	F	GG	16.09.62	14.06.63	70
Chinon 2 (EDF 2) .....	F	GG	18.08.64	24.02.65	200
Chinon 3 (EDF 3) .....	F	GG	01.03.66	04.08.66	480
EL 4 (Monts d'Arrée) .....	F	EL	23.12.66	09.07.67	70
G2 (Marcoule) .....	F	GG	21.06.58	22.04.59	40
G3 (Marcoule) .....	F	GG	11.06.59	04.04.60	40
St. Laurent 1 (EDF 4) .....	F	GG	07.01.69	14.03.69	480
SENA (Chooz) .....	F/B	PWR	18.10.66	03.04.67	266
ENEL (Garigliano) .....	I	BWR	05.06.63	23.01.64	150
ENEL (Latina) .....	I	GG	27.12.62	12.05.63	200
ENEL (Trino Vercel) .....	I	PWR	21.01.64	15.11.64	257
BR3 (Mol) .....	B	PUUR	30.08.62	06.12.66	10
GKN (Dodewaard) .....	N	BWR	24.06.68	25.10.68	52
					3 090

## 5. Projets de centrales éventuellement installées dans un pays tiers en participation avec un pays membre de la Communauté (pour mémoire)

ENK/groupe suisse/EDF	-- France	Kaiseraugst (Suisse)	830 MWe
Elektrowatt suisse/RWE	— Allemagne fédérale	Leibstadt (Suisse)	600 MWe

(<sup>1</sup>) GG = gaz graphite, BWR = eau légère bouillante, PWR = eau légère sous pression, H.T. = Haute température, EL = eau lourde.

Tableau 2 — Stratégie envisagée pour l'installation des réacteurs de puissance

*(taux de rejet: 0,2%)*

Cas	Puissance installée en MWe		Structure des filières		Date d'introduction des rapides
	1980		Réacteurs éprouvés	Réacteurs avancés à partir de 1974	
1	40 000		2/3 LW 1/3 GG	totalité en HW	1980
2	60 000		id.	id. HW	id.
3	40 000		id.	id. HTGC	id.
4	60 000		id.	id. HTGC	id.
5	40 000		totalité en LW	id. HW	id.
6	60 000		id.	id. HW	id.
7	40 000		id.	id. HTGC	id.
8	60 000		id.	id. HTGC	id.
9	40 000		2/3 LW 1/3 GG	id. HW	1985
10	60 000		id.	id. HW	id.
11	40 000		id.	id. HTGC	id.
12	60 000		id.	id. HTGC	id.
13	40 000		totalité en LW	id. HW	id.
14	60 000		id.	id. HW	id.
15	40 000		id.	id. HTGC	id.
16	60 000		id.	id. HTGC	id.

Tableau 3 — Estimation des besoins en uranium naturel de la Communauté

*(taux de rejet: 0,2%)*

Puissance installée en MWe			Stratégies	Besoins en milliers de tonnes d'U métal Périodes			
1980	1990	1999		1970—1979	1980—1989	1990—1999	Total 1970—1999
40 000	135 000	310 000	Besoins minimums cas 1	45	102	179	326
			Besoins maxim. cas 11	47	123	235	405
60 000	175 000	410 000	Besoins minimums cas 2	58	134	235	425
			Besoins maxim. cas 12	58	159	308	525

Tableau 4 — Réserves d'uranium du monde libre exploitables à un prix inférieur à 8-10 dollars la livre d'U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>  
(en tonnes d'U métal)

	Réserves		Ressources supplémentaires estimatives	Remarques
	1963 <sup>(1)</sup>	1967 <sup>(2)</sup>	1967 <sup>(2)</sup>	
États-Unis .....	134 000	228 000	266 000	y compris sous-produit
Canada .....	145 000	152 000	220 000	
Afrique du Sud .....	115 000	156 000	11 400	sous-produit
Communauté européenne.....	28 400	35 000 <sup>(3) (4)</sup>	35 000 <sup>(3)</sup>	
France .....	(26 000)	(34 200) <sup>(4)</sup>	(15 200)	
Allemagne .....	( 800)	( — )	(10 000) <sup>(3)</sup>	
Italie .....	( 1 600)	( — )	(10 000) <sup>(3)</sup>	
Espagne .....	1 500	8 400	—	
Portugal .....	5 500	7 200	5 000	
Australie .....	10 000	8 100	2 300	
Argentine .....	3 800	6 800	16 000	
Congo (Kinshasa) .....	8 000	4 500	—	
Gabon .....	5 000	3 000 <sup>(4)</sup>	2 700	
Inde .....	1 200	—	—	
Maroc .....	—	4 600	—	sous-produit
Niger.....	—	10 000 <sup>(4)</sup>	10 000	
Autres pays .....	1 000	3 800 <sup>(4)</sup>	15 000	
Total (en chiffre rond) .....	460 000	630 000		

(1) EUR 414, 1963.

(2) ENEA + IAEA, 1967.

(3) EUR 2961, 1966.

(4) Sur la base du rapport du CEA pour 1968, ces chiffres sont à rectifier comme suit:

Communauté	:	58 000
(France	:	55 000)
Gabon	:	6 500
Niger	:	20 000
République centrafricaine	:	8 000

Tableau 5 — Ressources probables d'uranium à l'échelle mondiale (1)

	Ressources globales d'uranium en tonnes d'U	Teneur moyenne en g/tonne d'U	Contenu moyen en métal par gisement en tonnes d'U
Réserves connues	500 000	1 500	4 000
Ressources indiquées	1 900 000	1 000	10 000
	7 500 000	670	25 000
	28 000 000	450	62 500
	100 000 000	300	150 000

(1) Bulletin Euratom vol. VI, no 4, 1967.

Tableau 6 — Estimation des besoins annuels de la Communauté en quantités de travail de séparation  
(en 10<sup>6</sup> kg-UTS)

Modèle	Réacteurs à eau légère et réacteurs rapides à partir de		Réacteurs à eau légère, réacteurs à haute température et réacteurs rapides à partir de		Réacteurs à eau légère, réacteurs à eau lourde et réacteurs rapides à partir de	
	1980	1985	1980	1985	1980	1985
	I — <i>Évolution basée sur 40 000 MWe nucléaires en 1980</i>					
1974		2,2		2,1		2,0
1977		3,9		3,5		3,1
1980	5,8	6,1	5,1	5,5	3,8	4,3
1983	8,4	9,1	7,1	7,7	4,5	5,3
	II — <i>Évolution basée sur 60 000 MWe nucléaires en 1980</i>					
1974		3,0		2,9		2,7
1977		5,6		5,3		4,5
1980	8,6	9,0	7,6	8,2	5,7	6,3
1983	12,4	13,2	10,5	11,6	6,7	7,9

Tableau 7 — Aperçu des besoins du monde occidental en uranium enrichi (1)

	1975	1980
<i>États-Unis</i>		
Capacité nucléaire installée (en MWe) .....	75 000	145 000
Besoins en travail de séparation (en millions de kg) .....	12	22-25
<i>Reste du monde occidental</i>		
Capacité nucléaire installée (en MWe, réacteurs à uranium enrichi)	22 000	87 000
Besoins en travail de séparation (en millions de kg) .....	6,2	17-18
Total (arrondi) des besoins en travail de séparation (en millions kg)	18,2	39-43

(1) Extrait du rapport du groupe ad hoc

Tableau 8 — Estimation de la production de plutonium

(en tonnes)

	Fin 1980	Fin 1985
Cas 1	45,8	—
Cas 2	55,9	—
3	42,6	—
4	51,6	—
5	38,5	—
6	47,0	—
7	35,2	—
8	42,7	—
9	45,8	111,8
10	55,9	141,3
11	42,6	95,5
12	51,6	119,7
13	38,5	96,2
14	47,0	121,9
15	35,2	79,8
16	42,7	100

8290

OFFICE DES PUBLICATIONS OFFICIELLES DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

5022/1/70/2

---

FF 16,70	FB 150,—	DM 10,90	Lire 1870	Fl. 11,—
----------	----------	----------	-----------	----------

---