

SÉNAT

1^{re} SESSION ORDINAIRE DE 1964-1965

Annexe au procès-verbal de la séance du 12 novembre 1964.

AVIS

PRÉSENTÉ

*au nom de la Commission des Affaires économiques et du Plan (1),
sur le projet de loi de finances pour 1965, ADOPTÉ PAR
L'ASSEMBLÉE NATIONALE.*

TOME XI

Services du Premier Ministre.

Services généraux.

ENERGIE ATOMIQUE

Par M. Michel CHAMPLEBOUX,

Sénateur.

(1) *Cette commission est composée de : MM. Jean Bertaud, président ; Paul Mistral, Etienne Restat, Joseph Yvon, Henri Cornat, vice-présidents ; René Blondelle, Auguste Pinton, Joseph Beaujannot, Jean-Marie Bouloux, secrétaires ; Louis André, Octave Bajoux, Auguste Billiemaz, Georges Bonnet, Albert Boucher, Amédée Bouquerel, Marcel Brégégère, Raymond Brun, Michel Champleboux, Henri Claireaux, Emile Claparède, Maurice Coutrot, Léon David, Jean Deguise, Alfred Dehé, Roger Delagnes, Henri Desseigne, Hector Dubois, Jacques Duclos, Emile Durieux, Jean Errecart, Jean Filippi, Jean de Geoffre, Victor Golvan, Léon-Jean Grégory, Roger du Halgouet, Yves Hamon, René Jager, Eugène Jamain, Michel Kauffmann, Henri Lafleur, Maurice Lalloy, Robert Laurens, Marcel Lebreton, Modeste Legouez, Marcel Legros, Henri Longchambon, François Monsarrat, Charles Naveau, Gaston Pams, Guy Pascaud, François Patenôtre, Pierre Patria, Marc Pautzet, Paul Pelleray, Lucien Perdereau, Jules Pinsard, Michel de Pontbriand, Henri Prêtre, Eugène Ritzenthaler, Abel Sempé, Charles Suran, Gabriel Tellier, René Toribio, Henri Tournan, Camille Vallin, Emile Vanrullen, Jacques Verneuil, Pierre de Villoutreys.*

Voir les numéros :

Assemblée Nationale (2^e législ.) : 1087 et annexes, 1106 (tomes I à III et annexe 19), 1108 (tomes I et II, annexe XI) et in-8° 266.

Sénat : 22 et 23 (tomes I, II et III, annexe 19) (1964-1965).

SOMMAIRE

	Pages.
Introduction	4
I. — Production de combustible nucléaire	5
1° Politique générale en matière de recherche et d'exploitation minière	5
2° Concentré d'uranium et uranium métal	6
3° Uranium enrichi : l'usine de Pierrelatte	7
4° L'usine de la Hague	9
II. — Production d'énergie électrique d'origine nucléaire	11
1° Perspectives de développement de l'énergie électrique d'origine nucléaire	11
2° Centrales nucléaires de production d'énergie électrique	11
3° Economie de la filière uranium naturel-graphite	14
III. — Activité des centres d'étude nucléaire	15
1° Etude et construction des générateurs d'énergie	15
2° Recherche fondamentale	18
3° Radio-isotopes et utilisation des rayonnements	19
4° Etudes diverses	19
IV. — Prévisions financières sur le plan civil pour 1965	20
1° Structure des ressources du Commissariat à l'Energie atomique en 1965	20
2° Analyse par nature de dépenses	23
3° Points d'application du programme	25
4° Contribution du budget des Armées au financement des programmes du C. E. A. et dotation du chapitre 62-01 des Services généraux du Premier ministre	33
V. — Euratom	33
VI. — Le problème des déchets radioactifs	35
Conclusion	39

Mesdames, Messieurs,

Au cours de l'année 1964, il a été souvent question de l'utilisation pacifique de l'énergie atomique.

S'il n'a pas été constaté de progrès spectaculaire, les pays concernés par l'énergie nucléaire ont éprouvé le besoin de faire le point au cours d'une conférence qui s'est réunie à Genève au mois de septembre, sous l'égide des Nations Unies.

Les différentes filières pour la production de l'énergie électrique ont été confrontées et, s'il a semblé difficile de dégager des primautés tant sont complexes les éléments d'appréciation, il est toutefois apparu que l'on se dirigeait rapidement vers la compétitivité avec les sources classiques utilisées jusqu'à ce jour.

Votre Commission des Affaires économiques et du Plan s'est intéressée d'une façon toute particulière à ces questions de production d'énergie électrique.

Comme les années précédentes, elle a étudié l'utilisation des crédits proposés par le Gouvernement pour la production du combustible nucléaire, ainsi que pour le fonctionnement des différents centres du Commissariat à l'Énergie atomique (C. E. A.).

Elle s'est renseignée sur le rôle de l'Euratom et les difficultés rencontrées avec les autres nations.

Elle s'est documentée sur l'usine de séparation isotopique de Pierrelatte et l'usine de traitement de l'uranium irradié de la Hague.

Enfin, elle s'est intéressée au problème des déchets radioactifs.

I. — Production de combustible nucléaire.

1° POLITIQUE GÉNÉRALE EN MATIÈRE DE RECHERCHE ET D'EXPLOITATION MINIÈRE

La politique générale du C. E. A. en matière de recherche et d'exploitation minière en 1964 est restée et sera encore marquée en 1965, par deux aspects déjà signalés les années précédentes :

— d'une part, la limitation des productions toujours au-dessous des capacités de production, compte tenu du développement moins rapide que prévu des consommations ;

— d'autre part, et malgré la limitation précédente, le maintien par le C. E. A. d'une politique de prix compétitifs plaçant le prix français de l'uranium au niveau des prix intérieurs pratiqués par le plus gros consommateur mondial.

Cependant, les études concordantes des différents pays intéressés, confirmées par les déclarations faites à la Conférence de Genève en septembre dernier, montrent la complexité du problème de l'approvisionnement en uranium dans le monde dans la deuxième moitié de la prochaine décennie.

Le C. E. A. est ainsi conduit à poursuivre et même à intensifier ses efforts de prospection en veillant à l'amélioration constante des méthodes, non seulement en France, où on peut encore attendre un certain accroissement de nos ressources, mais également Outre-Mer où, indépendamment des activités malgaches et gabonaises, le C. E. A. se trouve encouragé par la découverte en République du Niger et en République centrafricaine d'indices intéressants.

Simultanément, se trouvent engagées l'étude et la réalisation de toutes solutions minières dans divers pays ; la conjoncture de l'uranium, très déprimée, devrait faciliter les actions de la France à l'étranger.

Le rapport présenté à la troisième conférence internationale des Nations Unies pour l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques par MM. Jacques Mabile et Antoine Gangloff, du C. E. A., donne des indications très précises sur les perspectives de la production et la consommation de l'uranium en France dans l'avenir.

Il y est précisé que les réserves connues en France sont actuellement de 28.000 tonnes et qu'il est possible de penser, avec les nouvelles recherches en cours, que ces réserves seront portées à 50.000 tonnes.

Les besoins français avant vingt ans seront de l'ordre de 6.000 à 8.000 tonnes par an.

En conclusion, il est précisé que la France ne peut pas compter sur son seul territoire pour assurer l'alimentation de ses futures centrales électriques.

2° CONCENTRÉ D'URANIUM ET URANIUM MÉTAL

L'usine de traitement du Bouchet, gérée par le C. E. A., et celle de Malvési, gérée par la Société de Raffinage de l'Uranium, continuent en 1964 et continueront en 1965 à assurer la transformation des concentrés en métal, avec un taux d'activité de 70 % par rapport à leur capacité pour les raisons de limitation déjà indiquées ci-dessus.

L'usine du Bouchet poursuit, comme les années précédentes, ses travaux d'études et de promotion des techniques en vue de l'obtention de procédés toujours meilleur marché.

L'usine de Malvési procède également à des transformations importantes permettant la réduction de ses prix, tandis qu'elle assure également la retransformation de produits appauvris.

Voici les prévisions de production pour 1964 et 1965 :

USINES	PREVISIONS 1964	PREVISIONS 1965
	(en tonnes d'uranium élément contenu).	
Production de concentrés d'uranium :		
Escarprière	286	272
Bessines	455	470
Bois-Noirs	233	236
Gueugnon	432	407
	1.406	1.385
Production d'uranium métal :		
Le Bouchet.....	380 tonnes.	500 tonnes.
Malvési (uranium naturel).....	855 —	950 —
	1.235 tonnes.	1.450 tonnes.
Uranium contenu dans les concentrés de thorianite expédiés :		
Madagascar	125	115

Il est donc prévu qu'il sera en 1965 produit un peu moins de concentrés d'uranium qu'en 1964 et que par contre la production d'uranium métal sera supérieure de 215 tonnes.

Il ne semble pas toutefois qu'il sera nécessaire de prélever sur les stocks de concentrés, car le C. E. A. dispose de 150 tonnes provenant de recyclages internes.

3° URANIUM ENRICHI

L'usine de Pierrelatte.

L'ensemble de séparation isotopique de Pierrelatte comporte quatre usines :

— l'usine basse, destinée à porter la teneur de l'uranium en isotope 235 de 0,7 % à 2 % ;

— l'usine moyenne, destinée à porter l'enrichissement de 2 % à 6 % ;

— l'usine haute, qui conduira à un taux de 25 % ;

— l'usine très haute, qui produira de l'uranium 235 presque pur, de plus de 90 %.

A. — Etat d'avancement de l'usine.

L'usine basse est pratiquement terminée.

Les essais préliminaires et la remise à l'exploitation se sont déroulés conformément aux prévisions, malgré les difficultés techniques qui ont été surmontées.

La première introduction d'hexafluorure d'uranium (UF 6) a été effectuée au cours du premier trimestre 1964.

Le deuxième trimestre a vu le démarrage des premiers groupes. Les opérations se sont développées au cours du troisième trimestre, permettant d'envisager un début de production d'uranium enrichi à 2 % en décembre 1964 - janvier 1965.

Le coefficient d'enrichissement obtenu sur les fractions de l'usine en état de marche se révèle, au régime nominal des pressions, légèrement supérieur à celui qui avait été pris comme base lors de l'établissement du projet de l'usine.

Etat d'avancement des autres usines :

	USINE moyenne.	USINE haute.	USINE très haute.
Génie civil.....	100 %	90 %	40 %
Fabrication des matériels.....	95 %	20 %	»
Montage bleu (installations intérieures hors circuits uranium).....	90 %	30 %	
Montage blanc (circuits uranium exigeant des conditions particulières de propreté : traite- ment de surface, tests de vide).....	30 %	»	»

B. — Utilisation de l'uranium enrichi.

Dans le planning actuel, la production de chaque usine est réservée à l'alimentation de l'usine supérieure. Il n'est pas prévu des productions intermédiaires susceptibles de recevoir une utilisation propre.

Cette réponse faite par le C. E. A. a surpris la Commission car jusqu'à ce jour l'Administration n'avait pas manqué de faire valoir l'intérêt que représentait l'usine de Pierrelatte pour les usages civils de façon à préserver l'indépendance économique du pays.

Il ne faut pas oublier en effet que la fourniture d'uranium enrichi par les Etats-Unis, soit pour les usines de production des Ardennes et des Monts d'Arrée, soit pour les réacteurs d'étude, est accompagnée de conditions particulières, qui ne laissent pas à la France la disposition des produits de fission ni la pleine propriété du résultat des études entreprises.

C. — Importance de l'usine de Pierrelatte.

Dans le monde occidental, il existe à ce jour quatre usines de diffusion gazeuse :

— Usines américaines :

- Oak Ridge pouvant traiter 3 à 4.000 tonnes d'uranium par an ;
- Portsmouth pouvant traiter 4 à 5.000 tonnes d'uranium par an ;
- Paducah pouvant traiter 4 à 5.000 tonnes d'uranium par an.

— Usine anglaise :

Capenhurst pouvant traiter 500 à 1.000 tonnes d'uranium par an.

Il n'a pas été possible de savoir le tonnage d'uranium naturel qui pourra être traité à Pierrelatte, mais malgré le coût élevé de la construction, il s'agit certainement d'une usine modeste par rapport aux réalisations américaines.

D. — Prix de revient de l'uranium enrichi.

Le C. E. A. consulté à ce sujet a donné la réponse suivante :

« Il n'apparaît pas possible de faire état d'un prix de revient de l'uranium enrichi tant que l'ensemble de l'usine n'est pas en marche industrielle. Toutefois, l'expérience des premiers mois de démarrage de l'usine Basse et des études analytiques approfondies effectuées par les services responsables du département de l'usine de séparation isotopique ont permis de parvenir à une meilleure approche de l'estimation des dépenses de fonctionnement de Pierrelatte en période d'exploitation, donc de ce que pourrait être le prix de l'uranium enrichi produit à Pierrelatte. »

Il est certain, comme il l'a été exposé l'an dernier, que ce prix sera très largement supérieur au prix américain. Le prix est d'ailleurs d'autant plus élevé que le taux d'uranium 235 est plus important ; il croît considérablement quand l'importance des usines diminue. Le livre de M. Andriot récemment paru, « Economie et perspectives de l'énergie atomique », donne à ce sujet des renseignements extrêmement intéressants.

4° L'USINE DE LA HAGUE

L'usine de la Hague, destinée au traitement de l'uranium irradié, et en particulier à l'extraction du plutonium, est en cours de construction.

Cette usine doit entrer en fonctionnement sur produits actifs au printemps 1966.

La capacité de production de la première chaîne de l'usine a été prévue pour le traitement des combustibles irradiés attendus des centrales nucléaires de l'E. D. F. en cours de construction sur les sites de Chinon et Saint-Laurent-des-Eaux.

Actuellement, le plutonium est fabriqué au centre de Marcoule.

Le tableau ci-après donne l'état d'avancement des travaux au 1^{er} octobre 1964 :

DESIGNATION DES BATIMENTS	GROS œuvre.	APPAREILLAGE	ESSAIS
I. — Bâtiments nucléaires :			
Piscine	Terminé.	30 %	
Dégainage	92 %	40 %	
Haute activité	95 %	50 %	
Moyenne activité	80 %	10 %	
Produits de fission.....	75 %	5 %	
Bâtiment central	Terminé.	80 %	Laboratoires en cours de petit équipement.
Station de T. E.....	85 %	15 %	
II. — Autres bâtiments et services généraux :			
Bâtiment décontamination	20 %		
Magasins	Terminés.	Terminés.	En exploitation.
Ateliers	Terminés.	95 %	En exploitation.
Chaufferie	98 %	98 %	En exploitation.
Refroidissement eau	98 %	98 %	En exploitation.
Production eaux	98 %	98 %	En exploitation.
Poste 90 kV/15 kV.....	98 %	Réseau E. D. F. 100 %	En exploitation.
Administration	98 %	Réseau secours 50 % 98 % (Central téléphonique en service.)	Occupation première semaine d'octobre.
Sécurité	98 %	80 %	Occupation première semaine d'octobre. Ouverture 23 octobre.
Restaurant	98 %	95 %	
Médical	90 %	10 %	
Barrage-pompage	98 %	98 %	En exploitation.
Rejet d'effluents :			
— partie terrestre	98 %		Vers le 20 octobre.
— partie maritime	85 %		
III. — Laboratoire de radio-écologie marine			
			En service sur produits actifs.

II. — Production d'énergie électrique d'origine nucléaire.

1° PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE D'ORIGINE NUCLÉAIRE

La production d'électricité d'origine nucléaire au cours de la dernière période de douze mois a atteint 524 millions de kWh.

Lorsque les centrales en cours de réalisation seront terminées, cette production sera portée à plusieurs milliards de kWh.

Le Gouvernement a proposé que le V^e Plan d'équipement et de modernisation comporte un engagement nucléaire moyen de l'ordre de 500 mégawatts électriques par an.

2° CENTRALES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

E.D.F. 1 Chinon.

La mise au point du réacteur E.D.F. 1 s'est poursuivie au cours de l'année 1964. D'assez nombreuses mises au point se sont révélées nécessaires pour le matériel nouveau d'une première centrale et pour un réacteur qui est le premier réacteur de puissance qui ait été projeté en France.

Les principales difficultés de mises au point ont été relatives à la soufflante unique qu'il a fallu améliorer et modifier pour obtenir un service tout à fait satisfaisant. Les délais nécessaires à cette mise au point ont été mis à profit pour faire divers essais sur le reste du matériel.

Les « défauts de jeunesse » semblent maintenant éliminés et E.D.F. 1 fonctionne normalement à pleine puissance. Un arrêt aura lieu dans quelques mois pour décharger les premiers éléments à faible irradiation demandés par le Commissariat à l'Énergie atomique.

Les observations et mises au point sur E.D.F. 1 auront fourni des informations utiles pour le démarrage d'E.D.F. 2 et d'E.D.F. 3.

E.D.F. 2 Chinon.

La construction d'E.D.F. 2 est pratiquement terminée et ce réacteur a divergé le 17 août 1964. Depuis cette divergence, le chargement a été complété et le réacteur est maintenant complètement chargé.

Les divers essais neutroniques et mécaniques se poursuivent avant la montée en puissance qui aura lieu dans les premiers mois de l'année 1965.

Comme dans les réacteurs à gaz/graphite britanniques, les principales difficultés techniques à résoudre concernent les machines de chargement et les soufflantes.

Des progrès notables ont été faits depuis E.D.F. 1, mais certaines mises au point seront encore vraisemblablement nécessaires.

E.D.F. 3 Chinon.

La construction du caisson en béton précontraint et de son calorifuge est maintenant terminée et l'épreuve pneumatique de ce caisson aura lieu au mois de janvier 1965.

L'empilement de graphite sera exécuté au cours de l'année 1965 et le réacteur pourra diverger à la fin de l'année 1965 ou au début de 1966.

Aucune difficulté particulière due notamment à l'emploi du béton précontraint n'est à signaler, malgré une mise au point longue et difficile du matériau calorifuge.

E.D.F. 4 Saint-Laurent-des-Eaux.

Le chantier d'E.D.F. 4 se poursuit très activement. Une indication sur cette activité est donnée par le fait qu'un an après l'ouverture du chantier il est possible de manipuler des pièces de 600 tonnes à 70 mètres de hauteur.

L'exécution du caisson et la construction du matériel se poursuivent normalement et la mise en service est toujours prévue pour 1968.

E.L. 4 Monts-d'Arrée.

Les travaux de génie civil sont pratiquement terminés et les montages vont pouvoir commencer incessamment. Il y a donc un glissement sur les délais primitivement prévus, délais dus principalement aux difficultés de construction de la cuve du réacteur.

Centrale des Ardennes.

Les travaux de génie civil sont pratiquement terminés, y compris le revêtement étanche de la caverne du réacteur.

Les montages vont pouvoir commencer et la cuve du réacteur, pesant environ 250 tonnes et qui est la pièce maîtresse de l'installa-

tion, a quitté les Ateliers du Creusot et arrivera prochainement à la centrale des Ardennes.

Les prévisions au 9 juillet 1964 sont les suivantes :

- criticalité : septembre 1966.
- mise en service : février 1967.

E.D.F. 5

Les études se poursuivent au Commissariat à l'Énergie atomique pour la réalisation d'un élément combustible de type nouveau dit « annulaire » qui serait refroidi intérieurement et extérieurement.

L'emploi d'un tel élément combustible permettrait une augmentation notable de la puissance spécifique et une importante diminution du nombre des canaux du réacteur pour une puissance donnée. Il serait donc très souhaitable que ce type d'élément combustible puisse être utilisé pour le réacteur du programme français qui fera suite à E.D.F. 4.

Electricité de France poursuit les études sur les possibilités d'utilisation de ce combustible, et, vers la fin de l'année 1964 ou au début de l'année suivante, une décision pourra être prise relative à l'emploi de ce combustible. Ce n'est que lorsque cette décision pourra être prise qu'un projet précis d'E.D.F. 5 pourra être établi.

Le site sera choisi ultérieurement, mais dès à présent le site de Bugey ou Saint-Vulbas en bordure du Rhône dans le département de l'Ain a été envisagé.

Cet emplacement se justifie par la nécessité d'importants débits d'eau de refroidissement, une bonne résistance du sol et les besoins de la région Rhône-Alpes en énergie électrique, d'heures creuses tout particulièrement, l'hydraulique contribuant surtout aux besoins de pointe.

Accidents.

L'année 1964 s'est écoulée sans qu'il y ait eu dans le monde aucun accident de centrale nucléaire de puissance. Aucun accident de ce type ne s'est donc encore produit.

Deux légers incidents se sont produits au breeder de Dounreay, entraînant une faible irradiation du personnel et une très courte interruption de travail.

Un accident mortel s'est produit dans une usine américaine de traitement des combustibles irradiés, par suite d'une erreur de manipulation effectuée par la victime.

3° ECONOMIE DE LA FILIÈRE URANIUM NATUREL-GRAPHITE

Les améliorations techniques recherchées (puissances spécifiques élevées, disposition relative du cœur du réacteur et des échangeurs de chaleur, amélioration des alliages utilisés pour les combustibles et leurs gaines) tendent à la mise au point d'une filière « compétitive », c'est-à-dire d'une série de réacteurs susceptibles de produire de l'électricité à un coût plus avantageux que celui de l'énergie électrique produite par les centrales classiques.

On ne peut jusqu'à présent établir de comparaisons rigoureuses entre centrales classiques et centrales nucléaires. Le comportement d'une centrale nucléaire, tout au long des 20, 25 ou même 30 années de son existence, reste évidemment inconnu, et aucune expérimentation accélérée ne peut suppléer ce défaut d'expérience.

Sous cette réserve, il est cependant possible actuellement d'amorcer une comparaison qui, pour les centrales françaises, n'est plus uniquement fondée sur des calculs théoriques, mais sur des données fournies par les premières réalisations de la filière graphite-gaz.

Les deux postes les plus importants à considérer à cet égard sont les investissements, plus élevés pour une centrale nucléaire que pour une centrale classique et les frais de combustible qui sont, eux, plus avantageux.

Les données économiques pour EDF 3, dont tous les contrats ont été passés, sont les suivantes :

- Construction de la centrale (y compris l'achat et l'aménagement du site) : 1.000 F/kW net.
- Coûts indirects (intérêts intercalaires, divers) : 200 F/kW net.
- Charges annuelles d'exploitation : moins de 30 F/kW net.
- Charges de combustible : moins de 1c/kWh net.
- Durée de vie : 20 ans.

Au niveau d'E.D.F. 4, il n'est pas déraisonnable de prévoir une réduction de 5 à 10 % du coût total des investissements.

Il faut, de plus, tenir compte de l'effet de duplication des centrales futures, générateur d'économies importantes mais difficiles à chiffrer actuellement.

Le coût du combustible, tant du point de vue de l'investissement que de son renouvellement, apparaît comme un des atouts majeurs de la filière graphite-gaz. Ce coût devrait pouvoir encore être abaissé sous l'effet d'une baisse probablement éphémère du prix de l'uranium, et d'une diminution durable des frais de fabrication du combustible, résultant de la production de grandes séries.

III. — L'activité des centres d'étude nucléaire.

Les activités du C. E. A. sont réparties entre les différents centres :

- centre urbain, Fontenay-aux-Roses, Grenoble ;
- centre suburbain, Saclay ;
- centre isolé, Cadarache.

1° ÉTUDE ET CONSTRUCTION DES GÉNÉRATEURS D'ÉNERGIE

A. — *Filière graphite-gaz.*

Cette filière, qui constitue l'objectif principal du C. E. A. et de l'E. D. F. en matière de réacteur de puissance, fait l'objet des études suivantes :

A Saclay, sont menées les études neutroniques et celles sur la conception générale des réacteurs, ainsi que les essais de mécanismes associés. On poursuit depuis fin 1963 des essais sur un procédé original de déchargement dit « en grenier », où l'appareil servant à renouveler le combustible du réacteur est intégré dans le caisson. Les études d'éléments combustibles ont deux buts : améliorer le rendement énergétique de la centrale en recherchant le dessin donnant les meilleurs échanges thermiques, et connaître la tenue des éléments combustibles dans leurs conditions d'emploi en pile. A Saclay, sont effectués des études technologiques et des essais mécaniques et thermiques. Les études de tenue d'éléments combustibles et de matériaux nécessitent de puissants moyens d'irradiation, et des dispositifs spéciaux peu adaptables aux piles de Saclay. C'est pourquoi on utilise les piles piscines de Grenoble pour irradier les matériaux, en particulier le graphite. D'autre part, à Cadarache, le réacteur spécial Pégase sert aux essais d'éléments

combustibles. Ce réacteur a été mis en exploitation au début de cette année à Cadarache. Les éléments combustibles y sont testés dans les conditions mêmes de leur emploi. On prépare pour 1965 de nouvelles boucles destinées aux essais du nouvel élément.

L'examen des combustibles irradiés a lieu à Cadarache dans un laboratoire de haute activité qui complète celui de Saclay ; dans ce même centre, un Bureau d'information sur les combustibles rassemble les statistiques indispensables sur tous les éléments combustibles placés dans les réacteurs français.

Toujours à Cadarache, sont mis en place des moyens spéciaux nécessaires aux études de conception des réacteurs ; la pile « Cabri » donne depuis cette année de précieux renseignements concernant la sûreté ; enfin les essais neutroniques de réseaux sont faits dans les empilements critiques César, dont la construction s'achève et Marius qui, déménagé de Marcoule, sera remonté à Cadarache avant la fin de 1964.

On pourra enfin noter que Cadarache doit recevoir dans les prochaines années l'ensemble des expériences critiques du C. E. A. soit par transfert des autres centres, soit par construction d'expériences nouvelles.

B. — *Filière eau lourde-gaz.*

Le découpage par centres des études menées par le C. E. A. sur cette seconde filière est calqué sur celui indiqué plus haut pour la filière prioritaire. Les études de base sont menées à Fontenay-aux-Roses et à Saclay. Les essais d'élément combustible se font à Cadarache, dans « Pégase ».

L'expérience tirée d'EL 4 sera un atout majeur pour décider de la suite de cette filière.

Au stade actuel les études sur la filière eau lourde-gaz se trouvent cependant plus concentrées sur Saclay, où se mène une grande part des études sur le béryllium. Grenoble, de son côté, participe activement aux études sur le fer-aluminium et sur les combustibles réfractaires à l'uranium. Pour les expériences critiques, elles seront prochainement centralisées à Cadarache.

C. — *Filière neutrons rapides.*

Les réacteurs envisagés dans cette catégorie sont plus connus sous le nom de breeders, ou surrégénérateurs ; leur caractéristique essentielle est en effet de produire plus de matière fissile qu'ils

n'en consomment, et en particulier de fabriquer à partir de l'uranium 238, isotope le plus abondant de l'uranium naturel mais non fissile, du plutonium fissile. Ils permettent donc de tirer le plus grand parti des ressources en uranium et de répondre au mieux à la demande en énergie. Cependant leur technique est actuellement dans l'enfance, le premier réacteur français de ce type, Rapsodie, ne devant diverger que fin 1966 à Cadarache. Dans une perspective à long terme, il semble que cette filière doive finir par prendre une place prépondérante, parmi tous les autres types de réacteurs envisageables.

Rapsodie est étudié en association avec Euratom. Dès 1966 une maquette critique dénommée « Masurca » devrait permettre de franchir un nouveau pas vers la réalisation du premier prototype industriel de cette filière, qui pourrait être lancée vers la fin de cette décennie.

Les études de cette filière se développent principalement dans trois des centres du C. E. A. A Fontenay-aux-Roses, études sur les métaux liquides et études de base sur le plutonium, spécialité de ce centre. A Saclay, conception générale et études de neutronique. A l'appui de ces dernières la mise au point de jeux de constantes et de méthodes de calcul utilisent à Saclay un accélérateur linéaire dont les performances ont été augmentées cette année (45 MeV). Un Van de Graaff de 5 MeV, transféré de Saclay à Cadarache, est utilisé aux mêmes fins à son nouvel emplacement depuis le printemps 1964.

A Cadarache, outre l'exploitation du Van de Graaff, se font essais mécaniques (hall HR 1 et HR 2), fabrication des éléments combustibles au plutonium. Dans ce centre on poursuit la construction du réacteur source « Harmonie » (divergence fin 1964), celle de l'expérience critique Masurca essentielle pour la suite de la filière, ainsi que, comme on l'a vu, celle du réacteur.

D. — *Propulsion navale nucléaire.*

Réacteur à eau ordinaire — uranium enrichi, le prototype à terre d'un moteur naval est entré en service cet été à Cadarache, qui de ce fait constitue le pôle d'attraction dans ce domaine. Cependant, on notera que les études de ce prototype se terminent à Saclay, tandis que la contribution de Grenoble, très importante, s'est exercée dans le domaine des transferts thermiques et de l'étude de l'ébullition.

2° RECHERCHE FONDAMENTALE

C'est à Saclay que se concentre la majeure partie des activités du C. E. A. en matière de recherche fondamentale.

A. — *Physique.*

A Saclay, les recherches en matière de physique corpusculaire à haute énergie restent basées sur l'exploitation intensive de l'accélérateur de 3 GeV Saturne ; des modifications ont été apportées en 1964 à cette machine, qui ont amélioré notablement l'intensité du faisceau des protons accélérés. Les physiciens du C. E. A. s'efforcent de tirer le meilleur parti de cette machine, ainsi que du Synchrotron du C. E. R. N. à Genève. On doit signaler un succès dans l'utilisation des chambres à bulles mises au point par Saclay : la découverte en mai 1964 par des chercheurs du C. E. R. N. d'une nouvelle particule C zéro.

Le C. E. A. participe par ailleurs aux études d'un synchrotron national de 45 à 60 GeV destiné à entrer en service dans quelques années (projet Jupiter).

Dans le domaine des moyennes et basses énergies les physiciens de Saclay exploitent depuis 1963 un Van de Graaff tandem de 12 MeV, et depuis 1964, un cyclotron à énergie variable Philips. En outre, l'accélérateur linéaire utilisé pour les mesures neutroniques de la filière de réacteurs à neutrons rapides sert également à la recherche.

Quant aux recherches sur la fusion contrôlée, elles se poursuivent à Fontenay-aux-Roses, à un rythme stable. L'éventualité d'une résolution rapide du problème de la domestication de l'énergie de la fusion thermonucléaire étant écartée, les études actuellement sont orientées vers la connaissance approfondie de la physique des plasmas.

On notera enfin les résultats intéressants obtenus en physique du solide, tant à Saclay qu'à Grenoble.

B. — *Biologie.*

La priorité est affectée, d'une part, à Saclay aux recherches de biologie et de biophysique moléculaires, d'autre part, au développement des recherches sur l'agronomie, qui seront menées sur le centre de Cadarache.

3° RADIO-ISOTOPES ET UTILISATION DES RAYONNEMENTS

Parmi les autres applications de l'énergie nucléaire, la principale est la production et le développement industriel des radio-éléments, activité en accroissement constant et centrée sur l'usine de radio-éléments de Saclay. La production croissante de radio-éléments exige des moyens d'irradiation accrus. C'est pourquoi, pendant l'été de 1964, on a mis à profit l'arrêt annuel de la pile EL 3 pour y mettre en place un combustible d'un type nouveau, dit « cristal de neige », grâce auquel les possibilités d'irradiation sont augmentées, à la fois en volume et en intensité.

D'autre part, on poursuit activement la construction d'Osiris, dont la mise en service à Saclay en 1966 est attendue avec impatience. Osiris sera une pile piscine d'une puissance inégalée (50 MW). Elle accroîtra beaucoup nos possibilités d'irradiation et prendra la relève d'EL 2 déjà vieille de dix ans.

4° ETUDES DIVERSES

a) *Electronique.*

La tendance est, d'une part, de généraliser la transistorisation des équipements, notamment de contrôle des piles, d'autre part, de faire bénéficier les études d'électronique nouvelle (électronique intégrée notamment) de la collaboration étroite de physiciens du solide. Cette action se développe à la fois à Saclay et à Grenoble.

b) *Protection sanitaire.*

Le C. E. A. souhaite donner des bases expérimentales plus approfondies à la définition des normes à appliquer dans la protection radiologique. Une action se développe dans ce sens et s'étendra sur plusieurs années. Un regroupement de toutes les activités dans ce domaine à Fontenay-aux-Roses va s'opérer.

c) *Enseignement.*

Les cours de l'Institut national des Sciences et Techniques nucléaires (I. N. S. T. N.), illustrés d'expériences sur la pile Ulysse, sont professés au centre de Saclay.

IV. — Prévisions financières sur le plan civil pour 1965.

1° STRUCTURE DES RESSOURCES DU COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE EN 1965

Le projet de loi de finances pour 1965 prévoit, au titre du chapitre 62-00 « Subvention au C. E. A. », les dotations suivantes :

- autorisations de programme.. 1.664,1 millions de francs.
- crédits de paiement..... 1.820,1 millions de francs.

Ces dotations ont été calculées, abstraction faite des transferts devant être affectés, en cours d'année, à partir du budget des Armées pour financer les objectifs à caractère plus spécialement militaire dont le Commissariat assure la maîtrise d'œuvre.

Les dotations susvisées sont d'ailleurs, en ce qui concerne le secteur civil, complétées par des prêts du F. D. E. S., et des ressources propres du C. E. A.

L'enveloppe financière impartie au C. E. A. pour 1965 se présente, en définitive, comme suit (en millions de francs).

STRUCTURE DES RESSOURCES	AUTORISATIONS de programme.	CREDITS de paiement.
Subvention inscrite au chapitre 62-00 du budget du Premier Ministre.....	1.664,1	1.820,1
Prêts du F. D. E. S.....	120	120
Ressources propres et reliquats sur exercices antérieurs	295,9	245,9
Totaux	2.080	2.186

Dans le cadre ainsi défini, le concours financier du budget de l'Etat est fonction du montant des ressources propres et des reliquats sur exercices antérieurs, d'une part, des prêts du F. D. E. S., d'autre part.

Les deux autres sources de financement font l'objet des développements ci-après.

A. — *Les ressources propres
et les reliquats sur exercices antérieurs.*

En 1964, l'évaluation des recettes propres — soit 150 millions de francs — s'analysait comme suit :

— vente, prestations de services et produits financiers	62 millions.
— contribution d'Euratom aux contrats d'association (neutrons rapides, fusion contrôlée) et aux contrats de recherche.....	88 —
	<hr/>
	150 millions.

Les recettes propres prévisibles pour 1965 ont été établies à partir des éléments rappelés ci-dessus. On a tenu compte, à cet effet :

- de la croissance régulière des recettes traditionnelles, et notamment des ventes de radio-éléments ;
- des recettes attendues au titre des combustibles mis à la disposition d'E. D. F. ;
- de la perspective d'extension du champ d'application de l'association « Rapsodie » aux études de la filière « neutrons rapides ».

Enfin, la prévision concernant les autorisations de programme reflète — à concurrence de 50 millions de francs — la prise en compte des reliquats d'autorisations de programme qui ont fait l'objet d'affectation au cours des années antérieures mais dont il sera possible de prononcer l'annulation en 1965.

Au total, les prévisions de ressources propres pour 1965 ont été chiffrées, en première analyse, à 290 millions de francs en autorisations de programme et 240 millions de francs en crédits de paiement.

Il y a toutefois lieu de remarquer que la prévision concernant les ressources propres *stricto sensu* — soit 240 millions de francs, comporte une marge notable d'incertitude due notamment au fait que les négociations avec E. D. F. pour le financement des études et de la fabrication des éléments combustibles n'ont pas encore abouti à une conclusion définitive.

B. — Les prêts du F. D. E. S.

a) Programmes :

Le C. E. A. a proposé de maintenir pour 1965 le niveau du recours au F. D. E. S. déjà admis en 1964 sur la base du régime de croisière défini en 1963.

Dans ces conditions, le concours du F. D. E. S. a été chiffré à 120 millions de francs.

Le programme nouveau financé par des prêts du F. D. E. S. s'analyse comme suit, dans ses grandes lignes :

— combustibles :	
— premières charges.....	75
— études :	
— filière graphite-gaz.....	25
— filière eau lourde.....	20
	<hr/>
	120

b) Prêts :

La charge à prévoir en 1965 correspond :

— d'une part, à la couverture des programmes autorisés jusqu'au 31 décembre 1964 ;

— d'autre part, à la première annuité du programme nouveau pour 1965.

En ce qui concerne les programmes autorisés, les charges restant à couvrir au 31 décembre 1964 ont été évaluées à 204,9 millions de francs. On peut estimer à 50 millions de francs les prêts à prévoir au titre de l'année 1965.

Quant à la première annuité du programme nouveau 1965, elle a été chiffrée à 70 millions de francs.

Au total, les paiements à autoriser en 1965 s'élèvent à 120 millions de francs, dont une répartition indicative est donnée ci-après :

— participations aux centrales.....	86
— investissements industriels :	
— EL 4	24
— filière eau lourde.....	10
	<hr/>

2° ANALYSE PAR NATURE DE DÉPENSES

Le présent chapitre a pour objet de ventiler l'autorisation de programme de 2.080 millions de francs prévue pour 1965 en grandes rubriques de dépenses par nature : main-d'œuvre, matières et autres charges, contrats extérieurs, acquisitions d'immobilisations.

Il est toutefois nécessaire de préciser qu'une telle analyse, faite à cette époque de l'année, conserve un caractère prévisionnel. Il s'agit, en fait, d'un budget anticipé, dont le plan d'articulation repose sur un découpage hypothétique des objectifs. En effet, le budget analytique interne du Commissariat n'est qu'en cours de préparation et ne pourra être arrêté qu'à l'issue des arbitrages destinés à faire entrer les propositions des maîtres d'œuvre dans l'enveloppe externe impartie au Commissariat.

Aussi bien, les chiffres indiqués dans le cadre de la présente analyse comportent-ils une marge d'imprécision dont il y a tout lieu de penser qu'elle se situe aux alentours de 10 %.

Sous ces réserves, on trouvera ci-après les éléments fondamentaux concernant les rubriques en question :

A titre indicatif la loi de finances pour 1965 donne la répartition analytique ci-après :

— main-d'œuvre	500
— matières et autres charges.....	614,5
— contrats	464
— immobilisations	451,5
— non réparti en début d'année.....	50
	<hr/>
	2.080

Il est également précisé — toujours à titre indicatif — que les charges de main-d'œuvre, de matières et de contrats s'appliquent — à concurrence de 520 millions — à la production de matières premières nucléaires.

Main-d'œuvre.

En dehors des dotations prévues au titre de la reconduction des charges de main-d'œuvre 1964, les dotations demandées sont destinées à financer la mise en place des équipes nécessaires à l'exploitation des ouvrages et installations récemment terminés ou devant entrer en service au cours de 1965.

Matières et autres charges.

Les dotations prévues sous cette dénomination recouvrent essentiellement les charges suivantes :

- matières consommables, petit outillage ;
- matériel électronique standard ;
- matériel d'une faible valeur unitaire ;
- frais de mission.

L'évaluation de ce poste couvre également la rémunération du personnel en régie, c'est-à-dire les dépenses résultant des commandes et contrats de main-d'œuvre extérieure utilisée sous la responsabilité technique des services.

Ce poste comporte aussi une dotation de 99,5 millions au titre des charges financières représentées par les emprunts contractés par le C. E. A. principalement auprès du F. D. E. S.

Contrats :

L'évaluation couvre l'ensemble des contrats extérieurs à passer ou à renouveler en 1965, c'est-à-dire :

- des contrats de production pour..... 266 millions.
- des contrats industriels et de recherche pour. 198 millions.

Immobilisations :

Sont inscrites à cette rubrique les dépenses d'équipement des centres de recherche et de production et les dépenses d'investissement à réaliser au titre des ouvrages et installations sur la base des directives données pour l'orientation des programmes. Les options qui restent à lever en ce domaine — dans le cadre des arbitrages budgétaires — impliquent que la dotation indiquée est encore sujette à de sensibles ajustements.

Matières de base.

Comme en 1964, cette rubrique a disparu de l'analyse proprement dite, les dépenses qui y figuraient ayant été réparties sur les divers postes intéressés de dépenses par nature.

Une estimation approchée des dépenses de fabrication des matières de base nucléaires peut néanmoins être indiquée. Ces

dépenses atteindront vraisemblablement, en 1965, 520 millions de francs, répartis comme suit :

— main-d'œuvre	136 millions.
— matières consommables et charges diverses.	118 millions.
— contrats extérieurs.....	266 millions.

3° POINTS D'APPLICATION DU PROGRAMME

Dans le contexte financier susvisé, l'activité du Commissariat à l'Energie atomique pour 1965 consistera essentiellement :

— d'une part à assurer le fonctionnement des installations existantes sur la base du niveau de développement atteint à la fin de l'année 1964 et à poursuivre les investissements en cours ;

— d'autre part, à entreprendre certaines opérations propres à 1965 qui constituent la suite des opérations antérieurement autorisées.

Chacune de ces séries d'opérations appelle le commentaire suivant :

A. — *Fonctionnement des installations en place et poursuite des investissements en cours.*

Il convient tout d'abord de rappeler que, dans le cadre du budget du Commissariat à l'Energie atomique, toutes les dépenses prévues au titre d'une année donnée sont couvertes par une autorisation de programme, qu'il s'agisse de dépenses de fonctionnement ou de dépenses d'investissement.

Dès lors, les autorisations de programme nouvelles prévues pour 1965 sont utilisées par priorité pour assurer le fonctionnement des installations en place et de celles qu'il est prévu d'achever au cours de l'année.

a) Installations de production.

— Mines : l'exploitation poursuivie par le Commissariat s'exécute au sein de trois divisions minières : du Forez, de la Crouzille (près de Limoges) et de Vendée.

— Unités de concentration des minerais : les usines de concentration sont situées à proximité des lieux d'extraction du minerai de manière à réduire les charges de transport. Les usines de concentration sont situées à Bessines, l'Ecarpière et à Gueugnon.

— Usine de fabrication d'uranium métal : traitant les concentrés fabriqués dans les usines qui viennent d'être énumérées, les usines d'uranium métal sont situées au Bouchet, dans la région parisienne et à Malvésy, près de Narbonne.

— Centre de production de plutonium de Marcoule : les piles G 1, G 2 et G 3 de Marcoule produisent du plutonium et de l'électricité. Le plutonium est séparé des barreaux irradiés dans l'usine chimique également située à Marcoule et l'électricité est utilisée par E. D. F.

Deux grandes réalisations de production sont, par ailleurs, en cours de construction. Ce sont :

- l'usine de séparation des isotopes de l'uranium de Pierrelatte ;
- l'usine de traitement des combustibles irradiés de la Hague.

A propos de l'usine de Pierrelatte, il convient de noter que la loi-programme du 27 juillet 1957 avait assuré, par une inscription directe au budget du Premier Ministre, le financement d'une première tranche évaluée à 250 millions de francs.

Maintenant, l'usine de Pierrelatte est financée sur les dotations transférées au chapitre 62-01 du budget du Premier Ministre à partir du budget des Armées.

En ce qui concerne l'usine de la Hague, il faut noter que son financement est assuré pour partie grâce aux crédits inscrits au chapitre 62-00 du budget du Premier Ministre et pour partie sur des crédits transférés du budget des Armées.

Ce financement mixte s'explique par l'intérêt à la fois civil et militaire du plutonium qui pourra être extrait grâce aux installations de l'usine de la Hague.

b) Installations de recherche.

1) *Accélérateurs* : le tableau ci-après fournit la liste des accélérateurs de particules en service ou décidés.

TYPE	DATE de mise en service.	EMPLACEMENT
SAMES 600 KV (générateur de neutrons).....	1959	Fontenay-aux-Roses.
Van de Graaff 2 MV.....	1954	Saclay.
Van de Graaff 5 MV.....	1953	Saclay (1).
Van de Graaff tandem 12 MeV.....	1963	Saclay.
Cyclotron 11 MeV (en protons).....	1954	Saclay.
Cyclotron à énergie variable Philips.....	1964	Saclay.
Cockroft et Walton (« Haefely ») 300 kV (générateur de neutrons)	1956	Saclay (1).
Accélérateur linéaire CSF à électrons 28 MeV (2) (pour un courant crête de 85 mA).....	1958	Saclay.
Synchrotron à protons « Saturne » 3 GeV.....	1958	Saclay.
SAMES 150 kV (accélérateur d'ions).....	1958	Saclay.
Accélérateur linéaire Massiot à électrons de 4 MeV..	1962	Saclay.
SAMES V1 (ions) 600 kV, 2 mA.....	1958	Grenoble.
SAMES V2 (électrons) 600 kV, 2 mA.....	1958	Grenoble.
SAMES V4 (électrons) 1,2 MV, 2 mA.....	1959	Grenoble.
Philips GN1 (générateur de neutrons) 300 kV.....	1959	Grenoble.
SAMES GNP1 (générateur de neutrons pulsés) 150 kV	1959	Grenoble.
SAMES GNP 2 (générateur de neutrons pulsés) 300 kV	1961	Grenoble.
SAMES P1 (ions) 1,2 MV, 3 mA.....	1961	Grenoble.
Van de Graaff (électrons) 3 MV.....	1963	Grenoble.
Accélérateur à faisceau laminaire. (électrons) 300 kV.	1963	Grenoble.

(1) Doit être transféré à Cadarache.

(2) Extension à 45 MeV prévue.

2) Le tableau ci-dessous fournit la liste
des réacteurs nucléaires français en service ou décidés.

N O M	EMPLACE- MENT	DATE de diverg.	FLUX MAX. nth/cm ² /sec.	PUISS. thermique max. kW.	T Y P E			PUISS. électrique kW.	O B J E T
					Combustible.	Modérat.	Fluide réfrigér.		

I. — Réacteurs de recherche et d'essais.

EI 1 (Zoé)...	Fontenay-aux-Roses.	15-12-48	10 ¹²	150	UO ₂ nat.	D ₂ O	D ₂ O	Recherche.
EI 2.....	Saclay.	21-10-52	10 ¹³	2.500	U naturel.	D ₂ O	CO ₂	Recherche et production de radioéléments.
EI 3.....	Saclay.	4-7-57	10 ¹⁴	17.500	U légèrement enrichi.	D ₂ O	D ₂ O	Recherche, essais de matériaux et production de radioéléments.
Mélusine ...	Grenoble.	1-7-58	10 ¹³	2.000	U enrichi.	H ₂ O piscine.	H ₂ O	Recherche.
Triton	Fontenay-aux-Roses.	30-6-59	10 ¹³	2.000	U enrichi.	H ₂ O piscine.	H ₂ O	Etudes de protection.
Minerve	Fontenay-aux-Roses.	29-9-59	10 ¹¹	faible.	U enrichi.	H ₂ O piscine.	Néant.	Analyse pureté des matériaux.
Ulysse	Saclay.	23-7-61	1,4 × 10 ¹²	100	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Enseignement (I. N. S. T. N.).
Siloé	Grenoble.	18-3-63	10 ¹⁴	15.000	U enrichi.	H ₂ O piscine.	H ₂ O	Recherche.
Pégase	Cadarache.	4-4-63	1,5 × 10 ¹⁴	30.000	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Essais combustibles piles à gaz.
Cabri	Cadarache.	21-12-63			U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Etudes de sûreté.
Harmonie ..	Cadarache.	1965	10 ¹²	2	U enrichi.		Air.	Réacteur - source pour expériences neutroniques.
Osiris	Saclay.	1966	2,5 × 10 ¹⁴	50.000	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Essais de matériaux.

II. — Assemblages critiques.

Aquilon	Saclay.	11-8-56	10 ⁷	faible.	U naturel.	D ₂ O	Néant.	Etudes de réseaux.
Alizé	Saclay.	18-6-59	5 × 10 ⁷	faible.	U enrichi.	H ₂ O	Néant.	Etudes de réseaux.
Marius	Marcoule.	7-1-60	10 ⁹	0,1	U naturel ou enrichi.	Graph.	Néant.	Etudes de réseaux.

NOM	EMPLACEMENT	DATE de diverg.	FLUX MAX. nth/cm ² /sec.	PUISS. thermique max. kW.	TYPE			PUISS. électrique kW.	OBJET
					Combustible.	Modérat.	Fluide réfrigér.		
Peggy	Cadarache.	2-2-61	5×10 ⁹	faible.	U enrichi.	H ₂ O	Néant.		Maquette critique de Pégase.
Rachel		4-61		faible.	Pu.	Néant.	Néant.		Etudes sur les neutrons rapides.
Alecto I-II...	Saclay.	8-11-61 28-12-62	5×10 ⁷	faible.	Pu et U 235 en solut.	H ₂ O	Néant.		Etudes de criticité.
Azur	Cadarache.	9-4-62			U enrichi.	H ₂ O	Néant.		Maquette critique du prototype pour sous-marin.
César	Cadarache.	1964		0,1	U naturel ou enrichi.	Graph.			Etudes de réseaux.
Masurca	Cadarache.	1966		faible.	Pu et U enrichi.		Air.		Maquette critique de pile à neutrons rapides.

III. — Réacteurs expérimentaux et prototypes.

Prototype p. sous-marin (P. A. T.).	Cadarache.	1964			U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O		Expérimentation propulsion des sous-marins.
Rapsodie ...	Cadarache.	1966	2×10 ¹⁵	20.000	Pu et U enrichi.	Néant.	Sodium.		Piles à neutrons rapides, surrégénératrice.
EI 4.....	Brennilis.	1966		240.000	UO ₂	D ₂ O	CO ₂	75.000	Production d'électricité.

IV. — Réacteurs de production.

G 1.....	Marcoule.	7-1-56	5×10 ¹²	42.000	U naturel 100 t.	graphite 1.200 t.	air pres. atmos.	3.000	Production de Pu et d'électricité.
G 2.....	Marcoule.	21-6-58	2,5×10 ¹³	250.000	U naturel 150 t.	graphite 1.200 t.	CO ₂ 15 bars.	40.000	Production de Pu et d'électricité.
G 3.....	Marcoule.	11-6-59	2,5×10 ¹³	250.000	U naturel 150 t.	graphite 1.200 t.	CO ₂ 15 bars.	40.000	Production de Pu et d'électricité.
EDF 1.....	Chinon.	16-9-62	4,5×10 ¹³	300.000	U naturel 150 t.	graphite	CO ₂ 25 bars.	70.000	Production d'électricité.
EDF 2.....	Chinon.	1964		800.000	U naturel 250 t.	graphite	CO ₂ 25 bars.	200.000	Production d'électricité.
EDF 3.....	Chinon.	1966		1.500.000	U naturel 410 t.	graphite	CO ₂	480.000	Production d'électricité.
EDF 4.....	St-Laurent-des-Eaux.	1968		1.650.000	U naturel 410 t.	graphite	CO ₂	500.000	Production d'électricité.
Centrale franco-belge (S. E. N. A.).	Chooz.	1966		825.000	UO ₂ enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	266.000	Production d'électricité.

Les développements ci-dessus permettent de se faire une idée du volume des charges que le Commissariat à l'énergie atomique devra assumer en 1965 pour assurer le fonctionnement des installations existantes.

Les dotations prévues pour couvrir l'ensemble de ces charges représentent 77 % des crédits demandés pour 1965.

Au-delà de ce pourcentage, les dotations prévues permettront de lancer des opérations propres à 1965 qui constitueront soit la suite inéluctable des opérations déjà autorisées, soit la suite logique de celles-ci.

B. — *Opérations propres à 1965.*

a) *Opérations inéluctables.*

1) *Production de matières nucléaires :*

a) En ce qui concerne les investissements, les opérations ci-après ont été inscrites :

— *usine de plutonium de la Hague :*

Outre la participation à la tranche 1965 du nouveau devis, ont été inscrites les dotations destinées à faire face aux dépenses d'essais et démarrage (partage égal entre le budget des Armées et le budget du Premier Ministre) ainsi qu'au financement de la deuxième tranche de l'installation de déchemisage des cartouches irradiées dans les centrales E. D. F. (non comprise dans le devis de l'usine).

— *Marcoule :*

Les dépenses prévues en 1965 correspondent à :

— l'adaptation des piscines et des installations de dégainage ou traitement des combustibles E. D. F. ;

— l'équipement immobilier et mobilier ;

— les travaux d'aménagement de l'ensemble G 1-G 2 ;

— l'amélioration des installations de l'usine.

— *le Bouchet et Malvésii :*

Au-delà des dépenses de maintenance de ces deux établissements un crédit a été prévu pour la réalisation en 1965 d'un atelier magnésiothermie à Malvésii.

b) En ce qui concerne les dépenses de production, la donnée centrale du programme est constituée par un accroissement de la production de métal de 400 tonnes, de cartouches de 200 tonnes et d'UF 4 de 75 tonnes, la production de concentrés restant pratiquement stable autour du niveau atteint en 1964, soit 1.500 tonnes d'uranium contenu. En dehors de l'incidence financière de cette augmentation de la production, les dotations 1965 font état d'une augmentation du crédit prévu au titre de la prospection et de l'inscription d'un crédit spécial au titre du stockage.

2) *Continuation de Rapsodie :*

Il a été inscrit à ce titre un volume prévisionnel d'acquisitions d'immobilisations légèrement inférieur à celui autorisé pour 1964.

3) *Mise en service d'ouvrages nouveaux et d'installations nouvelles :*

Le coût de ces opérations a été évalué, pour 1965, à un chiffre sensiblement plus bas que celui de l'année précédente, la dotation correspondante s'appliquant à des installations relativement moins importantes, pour lesquelles on a pu faire appel d'une manière plus large aux moyens déjà en place.

Le développement des charges d'exploitation et d'investissement ayant une incidence financière sur l'exercice 1965 tient notamment aux mises en service de César, Harmonie, du Laboratoire de purification du plutonium, de la deuxième I. B. M. 7094, du Laboratoire C 4 de Grenoble.

4) *Augmentation des investissements de recherche :*

Il s'agit ici d'une croissance quantitative de l'investissement par chercheur liée à l'amélioration qualitative de la recherche scientifique et technique (modernisation des matériels mis à la disposition des chercheurs).

5) *Logements :*

Cette rubrique a été dotée d'un crédit calculé sur la base d'un programme tenant compte des impératifs auxquels obéit la politique de logements du Commissariat, tant en ce qui concerne la tendance générale à la décentralisation que les obligations particulières concernant les installations.

6) *Participations* :

La dotation prévue à ce titre est destinée notamment à faire face aux éventuels besoins d'Eurochimie.

b) Opérations nouvelles.

Les opérations proposées en 1965 sous cette dénomination comprennent :

— soit des opérations constituant la suite logique d'opérations déjà autorisées ;

— soit des opérations correspondant à des orientations nouvelles.

Elles s'articulent comme suit :

1) *Actions spécifiques* :

On peut mentionner à ce titre, en insistant sur le fait que des choix fondamentaux restent encore à faire à ce sujet, les projets suivants :

— l'accélérateur linéaire à électrons de 300/600 Me V à haute intensité destiné à la recherche fondamentale ;

— le stockage et le traitement des effluents et déchets ;

— le calculateur de remplacement des I. B. M. 7094/II ;

— l'augmentation de capacité et l'accroissement de précision de Saturne ;

— le laboratoire commun C. N. R. S.-C. E. A. d'analyse par activation neutronique à proximité d'Osiris ;

— les grands appareils de physique des plasmas : Typhee et Icare V.

2) *Développement général* :

La dotation inscrite à cette rubrique doit permettre le financement de recrutements supplémentaires et l'amélioration des instruments et installations de recherche. Sans doute l'aménagement rationnel des personnels et matériels déjà en place pourra-t-il être assuré en priorité grâce à certaines reconversions. Mais parallèlement à celles-ci, il convient d'assurer, en tout état de cause, le financement de quelques moyens nouveaux de développement.

4° CONTRIBUTION DU BUDGET DES ARMÉES AU FINANCEMENT
DES PROGRAMMES DU C. E. A. ET DOTATION AU CHAPITRE 62-01
DES SERVICES GÉNÉRAUX DU PREMIER MINISTRE

Les transferts prévus à partir du budget des Armées devraient s'élever en 1965 à :

- 2.403 millions de francs en autorisations de programme ;
- 2.515 millions de francs en crédits de paiement.

Le chapitre 62-01 est doté en cours d'exercice par les transferts de crédits en provenance du chapitre 51-88, budget du Ministère des Armées.

*
* *

V. — Euratom.

Des difficultés sont survenues au sein de l'Euratom entre la France et ses partenaires. On trouvera, ci-dessous, l'exposé qu'en fait le C. E. A.

La Communauté européenne de l'énergie atomique (Euratom) poursuit la réalisation de son second programme quinquennal (1963-1967) de recherches et d'investissements doté d'un crédit global de 425 millions d'unités de compte, soit un peu plus de deux milliards de francs. La France apporte à l'Euratom, outre une contribution financière s'élevant à 30 % du budget commun, le concours d'environ trois cents ingénieurs, chercheurs et techniciens détachés au sein du Centre commun de recherches. En outre, le Commissariat à l'énergie atomique a associé l'Euratom à deux secteurs importants de ses études : les réacteurs surrégénérateurs et la fusion thermonucléaire contrôlée.

Toutefois, l'exécution du second programme quinquennal d'Euratom a suscité dès la première année de sérieuses divergences de vues d'ordre technique et financier. Estimant que l'équilibre et la cohésion du programme communautaire étaient menacés par une dispersion excessive des activités techniques et par un rythme d'engagements financiers annuels trop rapide, la France a dû en octobre 1963 voter contre le projet de budget 1964 adopté à la majorité de ses cinq partenaires. Ces craintes se sont avérées fon-

dées puisque dès le début de l'année 1964, la commission d'Euratom a été conduite à demander une augmentation de la dotation financière et une revision technique du programme quinquennal.

Par ailleurs, dans le cadre de sa mission de promotion industrielle, l'Euratom n'a pas su jusqu'ici stimuler le développement de techniques européennes ; il a au contraire favorisé l'implantation en Europe de techniques étrangères qui limitent considérablement les possibilités d'expansion technique et économique des industries européennes et mettent en cause l'indépendance et par conséquent la sécurité de l'approvisionnement de l'Europe en combustible.

Invitée par ses partenaires à la suite du désaccord d'octobre 1963 à soumettre des propositions sur l'orientation de la politique d'Euratom, la France leur a remis en mai 1964 un mémorandum :

— exposant les critères et les objectifs d'une politique européenne de recherche technique et de promotion industrielle dans le domaine nucléaire en fonction des perspectives énergétiques et des impératifs économiques généraux de la Communauté ;

— soulignant l'urgence d'une action commune en vue de promouvoir une industrie européenne concentrée et puissante, aussi peu dépendante que possible de techniques et de sources d'approvisionnement en combustibles extérieures à la Communauté, et par conséquent en mesure d'aborder dans des conditions favorables la concurrence internationale ;

— définissant les rôles respectifs des programmes de recherches nationaux et communautaires, ce dernier devant conserver le caractère complémentaire conforme à l'esprit du traité et être par conséquent centré sur quelques grandes actions prioritaires dépassant le cadre de celles qui peuvent être entreprises sur le plan national.

En déposant ce mémorandum, le Gouvernement français a voulu amorcer un large échange de vues entre les six gouvernements et la Commission d'Euratom en vue de parvenir en temps utile à un accord sur les grandes lignes directrices de la construction européenne dans le domaine nucléaire.

Cet accord est en effet particulièrement important à l'heure où les six gouvernements ont pris la décision de principe de fusionner les trois communautés européennes et de promouvoir une politique commune de l'énergie.

Les divers problèmes posés ne présentant pas le même degré d'urgence, priorité a été donnée à l'examen de la politique de recherche pour laquelle une majorité se dessine actuellement en faveur des conceptions françaises.

La discussion ne s'est pas encore engagée sur les problèmes de politique industrielle, mais les premières réactions réticentes des autres pays de la Communauté indiquent clairement que leur souci de s'en tenir à des impératifs économiques à court terme et surtout de ne pas reviser leur politique extérieure, l'emporte pour le moment sur la volonté de réaliser une politique commune visant à doter l'Europe d'une industrie nucléaire propre, puissante et concurrentielle.

VI. — Le problème des déchets radioactifs.

Les résidus radioactifs provenant des installations nucléaires comprennent :

- des effluents gazeux ;
- des effluents liquides ;
- des déchets solides.

Pour que ces résidus restent inoffensifs, il faut que les produits radioactifs qu'ils contiennent ne puissent atteindre l'homme, ou du moins n'arrivent à lui qu'en quantités extrêmement faibles, comparables — comme ordre de grandeur — à ce que l'on trouve naturellement dans le milieu ambiant.

Ces quantités sont dans certains cas (eau de boisson, air inhalé) connues par des recommandations ou directives émanant d'organismes nationaux ou internationaux (Comité international de protection radiologique — Euratom) ; dans d'autres cas (rejets en mer, par exemple) elles doivent être déterminées par une étude spéciale, adaptée à chaque situation particulière.

Les procédés techniques mis en œuvre pour disposer de ces déchets découlent, suivant le cas, de deux principes opposés :

- empêcher, de manière aussi absolue que possible, la dispersion des produits radioactifs dans le milieu ambiant ;
- ou, au contraire, assurer leur dilution rapide et complète dans des volumes d'air ou d'eau très importants, pour abaisser leurs concentrations au-dessous des concentrations maximales admissibles.

Le choix entre ces solutions dépendra de l'état physique et chimique des produits, et de leur plus ou moins grande activité.

Les principaux procédés utilisés en France sont exposés ci-après :

a) Les effluents gazeux, d'origines diverses (gaz de refroidissement de certaines piles — gaz émis lors du traitement des combustibles irradiés — ventilation des laboratoires) sont dispersés dans l'atmosphère, après filtration des poussières radioactives, piégeage de certains gaz et contrôle, dans des conditions telles que la retombée au sol, grâce à la dilution dans l'air, soit d'une activité spécifique inférieure à la « concentration admissible » pour les populations ;

b) Les effluents liquides posent des problèmes très différents suivant leur radioactivité spécifique :

— les effluents les plus actifs, heureusement peu volumineux, proviennent en majorité du traitement des combustibles irradiés ; ils atteignent des activités de 500.000 à 1.000.000 curies par mètre cube et ne peuvent être traités et rejetés. On est donc obligé de les garder dans des stockages complexes et onéreux, sur les centres nucléaires.

Des études sont entreprises, en France comme à l'étranger, pour les incorporer ultérieurement dans des verres ou des céramiques, pour substituer des stockages solides, plus sûrs et plus commodes, aux stockages actuels.

— les effluents de faible et moyenne activité, beaucoup plus abondants (de l'ordre de 10.000 mètres cubes par mois pour une usine comme Marcoule), ne peuvent qu'être rejetés dans les cours d'eau ou dans la mer.

Les centres nucléaires français actuellement en service rejettent leurs effluents liquides de faible activité dans les fleuves et rivières, après un traitement approprié (précipitation chimique, évaporation, échange d'ions, etc...) les débarrassant de la plus grande partie de leur radioactivité. Les activités rejetées, proportionnelles au débit des cours d'eau récepteurs, sont calculées suivant des règles définies par une « Convention générale sur les rejets radioactifs en rivière », passée avec le Ministère de la Santé publique et de la Population ; cette convention est elle-même complétée par des conventions particulières passées entre le

C. E. A. et le S. C. P. R. I. et fixant les modalités de contrôle des rejets des principaux centres. Toutes ces conventions garantissent que les eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation de l'homme restent radiologiquement potables.

Pour les rejets en mer (technique adoptée pour la future usine d'extraction de plutonium de la Hague) il n'existe pas de normes de rejets. Une étude écologique très approfondie du site est nécessaire, portant sur :

— la détermination de la radioactivité naturelle de la faune et de la flore marine ;

— l'étude des conditions de diffusion et dilution en mer, compte tenu des courants côtiers, des marées ;

— l'étude des concentrations dans les organismes marins (algues, coquillages, poissons) susceptibles d'atteindre l'homme ;

— l'étude des circuits de distribution, etc. ;

— l'évaluation des irradiations possibles pour les baigneurs, les pêcheurs, etc.

C'est ce qui a été entrepris pour la Hague, avec la création d'un laboratoire de biologie marine et avec le concours de spécialistes des multiples disciplines scientifiques intéressées. Les conclusions de cette étude, actuellement en cours, permettront de fixer les quantités susceptibles d'être rejetées sans aucun risque pour les populations et d'arrêter les modalités des contrôles nécessaires.

c) Après rejet des eaux résiduaires traitées, il reste sur les centres des déchets solides et des boues (provenant des traitements des eaux).

Les déchets solides sont (après compactage et éventuellement incinération) généralement enrobés de béton, de manière à empêcher ou du moins à limiter la dispersion ultérieure de la radioactivité sous l'influence des agents atmosphériques. Ainsi traités, ces déchets peuvent être stockés sans danger soit sur des aires aménagées et contrôlées, soit dans des abris naturels ou artificiels (tunnels, carrières), soit même enfouis dans le sol sur des sites choisis de manière à éviter une diffusion ultérieure d'ions radioactifs. Les boues exigent plus de précautions (alvéoles bétonnées avec contrôle des écoulements possibles) : sous peu, elles seront d'ailleurs solidifiées soit par addition de ciment, soit par mélange avec du bitume et pourraient donc être stockées comme les déchets solides.

Pour le moment tous les déchets solides provenant des établissements nucléaires français (C. E. A. ou autres) sont restés stockés sur des terrains appartenant au C. E. A. (généralement sur le centre de production lui-même, parfois un autre centre ou un carreau de mine). Le C. E. A. a, à diverses reprises, envisagé la possibilité de dégager les superficies ainsi immobilisées par l'utilisation soit de tunnels, soit de terrains convenablement choisis, dans des régions écartées et sans utilisation agricole. Ces tentatives se sont jusqu'ici heurtées à la réserve des autorités administratives régionales et à l'hostilité déclarée des populations locales, même dans les cas où la sûreté du stockage était la plus évidente (tunnels).

CONCLUSION

Les crédits prévus au budget du Premier Ministre pour être affectés au C. E. A. s'élèvent à 2.080 millions de francs en autorisations de programme et 2.186 millions de francs en crédits de paiement, alors que pour 1964 ces mêmes crédits étaient de 1.870 et 2.090 millions de francs.

La faible augmentation de 10 % pour les crédits d'engagement et de 4,5 % pour les crédits de paiement contraste avec les majorations enregistrées les années précédentes.

En particulier, la majoration en 1964 par rapport à 1963 était de 18 % en ce qui concerne les crédits d'engagement et de 47 % en ce qui concerne les crédits de paiement.

Encore faut-il constater que les légères augmentations proviennent de la majoration des ressources propres, et que la subvention inscrite au chapitre 62-00 du budget du Premier Ministre reste pratiquement inchangée à 1.820,1 millions de francs contre 1.820 millions en 1964.

La stabilisation de cette subvention a semblé inquiétante à votre Commission, qui ne voit pas comment il pourra être fait face à la majoration des salaires du personnel et à l'entretien des nouvelles installations mises en service en 1964.

Il faut noter que la prise en charge par le budget civil d'une partie de l'usine d'extraction du plutonium de la Hague va accroître encore les dépenses, alors qu'il avait été indiqué que cette usine serait financée sur les crédits militaires.

Le C. E. A. a fait également état d'une participation aux frais d'étude à demander à E. D. F. en ce qui concerne la mise au point des réacteurs de puissance. Déjà, le C. E. A. fournit le combustible. Votre Commission recommande la prudence à ce sujet. Demander des sommes élevées ne serait pas un moyen de hâter la compétitivité de l'énergie électrique d'origine nucléaire.

Votre Commission rappelle également que le plutonium qui sera fabriqué à Chinon pour les usages militaires ne doit pas entraîner de dépenses supplémentaires à E. D. F. Elle attache du prix à ce que les comptes soient établis correctement.

Votre Commission a été surprise de constater que la totalité de l'uranium 235 qui sera fabriqué à Pierrelatte sera utilisée pour les besoins militaires, alors que l'administration avait laissé entendre qu'une partie serait réservée aux usages civils.

En ce qui concerne la production d'énergie électrique, elle estime qu'il est indispensable de poursuivre le programme nucléaire français à une cadence accélérée qui pourrait être de 500 mégawatts par an au cours du V^e Plan.

En ce qui concerne la filière uranium naturel - gaz - graphite, elle constate les progrès réalisés et pense que les usines EDF 4, mais surtout EDF 5, seront compétitives.

Elle estime que l'étude des autres filières doit être poursuivie, en particulier celle comportant l'eau lourde comme modérateur qui utilise l'uranium d'une façon plus complète.

Elle met ses espoirs futurs dans les piles surrégénératrices qui produiront dans l'avenir davantage de matière fissile qu'elles n'en consommeront, et votre Commission engage le C. E. A. à pousser, en collaboration avec l'Euratom, la construction et la mise au point du réacteur d'essai Rapsodie.

Sous réserve de ces observations, votre Commission des Affaires économiques et du Plan ne s'oppose pas à l'adoption des crédits du budget des Services généraux du Premier Ministre concernant l'énergie atomique.