

SÉNAT

1^{re} SESSION ORDINAIRE DE 1961-1962

Annexe au procès-verbal de la 1^{re} séance du 14 novembre 1961.

AVIS

PRÉSENTÉ

au nom de la Commission des Affaires économiques et du Plan (1),
sur le projet de loi de finances pour 1962, ADOPTÉ PAR
L'ASSEMBLÉE NATIONALE.

TOME VIII

SERVICES DU PREMIER MINISTRE

(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 Bajeux, Jean Bardol, Amar Beloucif, Jean Bène, Auguste-François Billiemaz, Georges Bonnet, Albert Boucher, Amédée Bouquerel, Marcel Brégégère, Raymond Brun, Gabriel Burgat, Michel Champleboux, Henri Claireaux, Emile Claparède, Maurice Coutrot, Etienne Dailly, Léon David, Jean Deguise, Alfred Dehé, Henri Desseigne, Hector Dubois, Baptiste Dufeu, Emile Durieux, René Enjalbert, Jean Errecart, Jacques Gadoin, Jean de Geoffre, Victor Golvan, Léon-Jean Grégory, Mohamed Gueroui, Roger du Halgouet, Yves Hamon, René Jager, Eugène Jamain, Michel Kauffmann, Jean Lacaze, Henri Lafleur, Maurice Lalloy, Robert Laurens, Charles Laurent-Thouvere, Marcel Lebreton, Modeste Legouez, Marcel Legros, Robert Liot, Henri Longchambon, Jacques Marette, Pierre-René Mathey, Charles Naveau, Gaston Pams, Guy Pascaud, François Patenôtre, Pierre Patria, Gilbert Paulian, Marc Pautzet, Paul Pelleray, Jules Pinsard, Michel de Pontbriand, Henri Prêtre, Eugène Ritzenthaler, Eugène Romaine, Laurent Schiaffino, Abel Sempé, Edouard Soldani, Charles Suran, Gabriel Tellier, René Toribio, Camille Vallin, Emile Vanrullen, Jacques Verneuil, Pierre de Villoutreys.

Voir les numéros :

Assemblée Nationale (1^{re} législ.) : 1434 et annexes, 1445 (annexe 22), 1459 (tomes I et II, annexe IX) et in-8° 331.

Sénat : 52 et 53 (tome III, annexe 19) (1961-1962).

SOMMAIRE

	Pages.
Introduction.	
I. — Production du combustible nucléaire.....	5
A. — Importance de la production.....	5
B. — Fabrication de l'uranium.....	6
C. — Uranium enrichi.....	6
D. — Production de plutonium et traitement de l'uranium irradié.	7
II. — Production nucléaire d'énergie électrique.....	7
A. — Centre de Marcoule.....	7
B. — Centrale de Chinon.....	7
C. — Réacteur EDF 4.....	8
D. — Centrale des Ardennes.....	8
E. — Centrale EL 4 des monts d'Arrée.....	9
III. — Perspectives de développement de la production nucléaire d'énergie électrique	9
A. — Etat actuel des prévisions.....	9
B. — Prix de revient de l'énergie atomique.....	11
C. — Perspectives d'avenir.....	11
D. — Conclusions	12
IV. — Centres d'études nucléaires.....	13
A. — Activités des centres du Commissariat à l'Energie atomique (C. E. A.).....	13
B. — Evolution des programmes de recherches.....	13
1° Recherche fondamentale.....	14
2° Recherches appliquées.....	15
C. — Evolution des centres de recherche.....	16
D. — Formation scientifique.....	17
V. — Crédits concernant le Commissariat à l'énergie atomique.....	19
A. — Importance des crédits concernant le Commissariat à l'énergie atomique.....	19
B. — Utilisation des crédits en 1962 sur le plan général.....	21
C. — Opérations propres à 1962.....	25
D. — Répartition des dépenses entre les différentes activités du C. E. A. pour 1961.....	26
E. — Rapports du C. E. A. avec E. D. F. et l'Euratom.....	27
VI. — Evolution du problème des effluents radioactifs, depuis novembre 1960.....	28
Conclusion	32

Mesdames, Messieurs,

La Commission des Affaires économiques et du Plan a examiné l'utilisation prévue pour les crédits proposés par le Gouvernement au budget de l'exercice 1962 en ce qui concerne l'énergie atomique.

Elle s'est particulièrement préoccupée de l'état de la production d'électricité d'origine nucléaire en collaboration entre le Commissariat à l'Energie atomique (C. E. A.) et Electricité de France (E. D. F.), et de l'activité des différents centres du C. E. A.

Elle a examiné le rapport annuel 1960 du C. E. A., le rapport d'activité et les travaux d'investissement d'E. D. F. pour l'année 1960, le rapport présenté au nom du Conseil économique et social par M. Ernest Bremond, à la séance du 12 juillet 1961, concernant le projet de loi de programmes relatif à l'équipement électrique.

Enfin, la Commission a consulté les services du Ministre délégué chargé de l'Energie atomique, du Ministère de l'Industrie et d'E. D. F.

I. — Production du combustible nucléaire.

A. — IMPORTANCE DE LA PRODUCTION

La production du minerai par la Direction des Recherches et Exploitations minières (D. R. E. M.), dépendant du C. E. A., a été regroupée dans les trois divisions du Forez, de la Cruzille près de Limoges et de Vendée.

A cette production, il faut ajouter celle des producteurs privés métropolitains et celles du Gabon et de Madagascar.

La production d'uranium naturel à l'état de concentré a été de 1.068 tonnes pour l'année 1960 ; il est prévu qu'elle sera de 1.250 tonnes en 1961 et la production estimée pour 1962 est de 1.550 tonnes avec une légère augmentation prévue pour 1963.

La production de 1962 se répartit comme suit :

— Gabon	380 tonnes.
— Madagascar	80 tonnes (urano-thorianite).
— Producteurs privés métropolitains	280 tonnes.
— Divisions minières C. E. A.	810 tonnes.

1.550 tonnes.

B. — FABRICATION DE L'URANIUM

Les minerais concentrés dans les usines de Gueugnon, de l'Ecarpière, de Bessine et du Forez sont traités dans les usines du Bouchet et de Malvesi pour être transformés en uranium métal.

Les productions de ces deux usines en 1960, 1961 et 1962 sont les suivantes :

Production en tonnes.

	1960	1961	1962
Le Bouchet	413	350	450
Malvesi	617	700	800
Total	1.030	1.050	1.250

Les productions des usines varient quelque peu d'une année sur l'autre pour des raisons d'exploitation optimale. On remarquera que la quantité totale d'uranium produit à l'état de métal est inférieure aux quantités correspondantes sous forme de concentré pour les années 1961 et 1962.

Ceci implique un stockage d'uranium sous forme de concentré. Le Commissariat à l'Energie atomique a été conduit à une telle solution pour des raisons économiques : l'exploitation des usines de production du métal a été planifiée sur plusieurs années, de façon à éviter les à-coups dans leur fonctionnement.

L'usine du Bouchet utilise le procédé de calcio-thermie. Un pilote utilisant le nouveau procédé de magnésio-thermie entrera en service en 1962.

C. — URANIUM ENRICHI

La France ne produit toujours pas d'uranium enrichi en uranium 235 qui constitue la partie utilisée pour les réactions nucléaires susceptibles de produire de l'énergie.

Ce sont les Etats-Unis qui fourniront dans le cadre de l'Euratom l'uranium enrichi nécessaire au fonctionnement de l'usine des Ardennes construite par moitié par la Belgique et la France.

Le C. E. A. poursuivra en 1962 la réalisation de l'usine de séparation des isotopes de l'uranium de Pierrelatte qui produira de l'uranium enrichi.

D. — PRODUCTION DE PLUTONIUM ET TRAITEMENT DE L'URANIUM IRRADIÉ

Le plutonium continue à être produit à Marcoule dans les usines de production d'énergie électrique G1, G2 et G3.

Les barres d'uranium qui seront utilisées dans les usines de production d'énergie électrique devront en fin d'usage être traitées en vue de la récupération du plutonium. Le C. E. A. poursuit à cet effet la construction de l'usine de traitement des combustibles irradiés de Cherbourg.

II. — Production nucléaire d'énergie électrique.

A. — CENTRE DE MARCOULE

Les installations de récupération d'énergie construites par l'Electricité de France à Marcoule fonctionnent de façon satisfaisante et les installations associées aux réacteurs G2 et G3 fournissent chacune 30 MW, soit au total 60 MW, aux réseaux d'Electricité de France (1).

B. — CENTRALE DE CHINON

La réalisation de la Centrale nucléaire de Chinon se poursuit de façon satisfaisante. Les 3 tranches de cette centrale : EDF 1, EDF 2, EDF 3, sont maintenant en construction ainsi que différentes installations annexes.

EDF 1 qui est prévue à la loi-programme pour fournir 60 MW électriques nets (auxiliaires déduits), sera mise en service au cours de l'année 1962. La réalisation du caisson en acier de grandes dimensions (hauteur 23 m, diamètre 10 m, pression 25 kg/cm²) à l'intérieur duquel est situé le réacteur proprement dit, a donné lieu à certaines difficultés techniques relatives à l'utilisation de tôles de 107 mm d'épaisseur en acier au manganèse-molybdène. Toutes ces difficultés sont maintenant surmontées et à la fin du mois d'août l'essai de ce caisson à une pression de 42 kg/cm², soit une fois et demie la pression de service, s'est déroulé dans les conditions les plus satisfaisantes.

(1) MW = Mégawatt = 1.000 Kilowatts.

La construction d'EDF 2 qui est prévue dans la loi-programme pour une puissance de 170 MW électriques nets progresse de façon normale. Une moitié du caisson sphérique en acier de 90 mm d'épaisseur dans lequel est situé le réacteur est maintenant terminée. L'expérience acquise au cours de la construction du caisson d'EDF 1 a facilité considérablement la réalisation de ce deuxième ouvrage exceptionnel. EDF 2 sera mise en service en 1963.

La puissance du réacteur EDF 3 a été finalement fixée à 375 MW électriques nets et certaines dispositions sont prévues pour permettre d'augmenter ultérieurement cette puissance. De ce fait, le réacteur EDF 3 est un des plus puissants réacteurs actuellement en construction dans le monde entier.

Une particularité technique remarquable de ce réacteur consiste dans l'utilisation d'un caisson en béton précontraint de 20 mètres de diamètre intérieur qui est actuellement en cours de réalisation.

Ces trois réacteurs épuiseront les possibilités de réfrigération de la Loire sur le site de Chinon.

C. — RÉACTEUR EDF 4

Le réacteur EDF 4 qui constitue la suite de la même filière sera donc installé sur un autre site ; plusieurs emplacements sont actuellement envisagés et les études techniques se poursuivent de façon à pouvoir engager la construction de cette unité au cours de l'année 1963. La puissance de ce réacteur dépassera très vraisemblablement 400 MW électriques nets.

D. — CENTRALE DES ARDENNES

Electricité de France a poursuivi, dans le cadre de l'accord Euratom—Etats-Unis, l'étude de la centrale nucléaire des Ardennes en liaison avec un groupe de sociétés de production et de distribution d'énergie électrique belges. Les statuts de la Société nucléaire franco-belge des Ardennes (SENA) qui a été créée pour la réalisation de cette centrale ont été approuvés par le Conseil d'Etat français et la SENa a été constituée en entreprise commune de l'Euratom. Le contrat pour la fourniture du matériel a été signé le 25 septembre 1961.

Des négociations se poursuivent actuellement avec l'Euratom pour la fourniture de combustible enrichi par l'Atomic Energy Commission par l'intermédiaire de l'agence internationale. Le

réacteur de la centrale nucléaire des Ardennes sera un réacteur du type à eau ordinaire pressurisée d'une puissance de 242 MW électriques nets et qui utilisera de l'uranium légèrement enrichi.

Les travaux préparatoires de cette centrale sont déjà engagés et sa mise en service est prévue pour la fin de 1965.

E. — CENTRALE EL 4 DES MONTS D'ARRÉE

Les travaux d'aménagement du site de la Centrale nucléaire des Monts d'Arrée sont en cours de réalisation sous la responsabilité d'E. D. F.

C'est le Commissariat à l'Energie atomique qui construit le réacteur et Electricité de France les installations de production d'énergie.

La réalisation du réacteur EL 4 qui est un prototype utilisant l'eau lourde nécessite encore des études délicates. De ce fait, il n'est pas possible actuellement de donner une date de mise en service

III. — Perspectives de développement.

A. — ETAT ACTUEL DES PRÉVISIONS

Le développement du programme d'Electricité de France dépendra des résultats obtenus dans la construction des réacteurs décrits ci-dessus et des informations qu'apporteront l'exploitation de ces centrales et d'autres centrales récemment mises en service, notamment en Angleterre et aux Etats-Unis.

Le rapport d'activité d'E. D. F. pour 1960 indique :

« Si l'obligation de créer de nouvelles sources d'énergie est bien réelle lorsqu'on considère le long terme, les dispositions existantes sur le marché des combustibles classiques ont rendu moins pressante la nécessité de couvrir, grâce aux techniques nucléaires, une partie substantielle des besoins nationaux. Il n'en reste pas moins qu'il convient de poursuivre l'effort dans ce domaine, afin de pouvoir assurer les développements utiles le jour où cette énergie deviendra compétitive. »

M. Bremond, dans un rapport présenté au nom du Conseil Economique et Social, dit :

« Les programmes d'équipement nucléaire correspondent à un rythme moyen de 200 MW par an, qui est à peu près celui du III^e Plan.

« Pour apprécier le bien-fondé de l'importance de ces programmes, on rappellera en quelques lignes les principes de la politique commune suivie par le C. E. A. et Electricité de France.

« L'énergie nucléaire apparaît à long terme comme la seule source susceptible de faire face à des besoins d'énergie en croissance continue. Mais la rentabilité des usines nucléaires n'est pas encore à hauteur de celle offerte par les moyens

de production classiques actuellement réalisables, si bien que la France se trouve devant l'option suivante : poursuivre les recherches et l'expérimentation à l'échelle industrielle, en escomptant que les dépenses correspondantes sont une garantie pour l'avenir, ou attendre que les pays les plus avancés dans la recherche aient mis au point des techniques rentables, et les adopter à ce moment. C'est la première solution qui a été choisie, de manière à donner à notre pays le maximum de chances d'avoir une position compétitive sur le plan énergétique lorsque le relais de l'énergie nucléaire deviendra une réalité économique.

« L'exploration poussée d'une filière — celle de Marcoule et de Chinon — uranium naturel et graphite, le démarrage d'une nouvelle filière sur le plan industriel — EL 4, uranium naturel et eau lourde — et la participation à une réalisation dans le cadre d'Euratom — filière uranium enrichi et eau sous pression — forment un ensemble d'opérations coûteuses. La cadence d'équipement admise, 200 MW par an, permet à la fois d'espérer tirer le maximum d'enseignements en vue d'une évolution vers des réalisations d'un coût acceptable, et de mettre progressivement l'industrie dans une situation lui permettant, le jour venu, de démarrer des programmes de construction à une cadence élevée. »

Le programme d'équipement actuel est de l'ordre de 200 MW par an, et il est prévu de maintenir ce rythme moyen d'équipement pour les quatre années du IV^e Plan (1962-1965).

Les centrales en service fin 1965 ou début 1966 (Marcoule et Chinon) totaliseront 665 MW électriques et la production de l'année 1965 se situera aux environs de 2 milliards de kWh.

Le programme de centrales nucléaires en cours de réalisation est résumé dans le tableau ci-après :

	MW NETS	PRO-GRAMMES	DEBUT travaux.	MISE en service.	COUT total (MNF).	NF/kW
Marcoule (Gard) G 1.....	1,5 — 4					
G 2, G 3.....	2 × 25	1955		1959-1960	65,2 (a)	
Chinon (Indre-et-Loire), EDF 1.	70	1956	1956	1962	206	2.940
EDF 2.	170	1957	1957	1963	320	1.880
EDF 3.	375	1959	1961	1965	550	1.470
	(450)					(1.220)
Monts d'Arrée EL 4 (Finistère).	80	1961	1961	1966	90 (a)	
Participation à la Centrale de Chooz (Ardennes), 50 %....	120	1960	1961	1966	220	1.830
Participation à la Centrale italienne SELNI, 8 %.....	12	1960		1964	3,8	315
E. D. F. 4	400 (?)	1963	1963	1967	640	1.600
Total.....	1.277				2.095	

(a) Ne comprend que la partie classique, sans le réacteur.

B. — PRIX DE REVIENT DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

La Commission des Affaires économiques et du Plan s'est particulièrement préoccupée de la question du prix de revient de l'énergie électrique d'origine nucléaire.

Il est incontestable que pour toutes les filières et dans tous les pays le prix de l'énergie nucléaire est encore supérieur au prix de l'énergie classique, mais au fur et à mesure que de nouvelles centrales sont construites et mises en service, on constate une diminution régulière du prix d'installation au kilowatt des centrales nucléaires, diminution qui est d'ailleurs due en partie à l'augmentation progressive de la puissance ; c'est ainsi qu'à quatre ans d'intervalle le prix de revient du kilowatt d'EDF 3 sera de l'ordre du tiers de celui d'EDF 1.

L'évaluation du prix de revient de l'énergie nucléaire ne peut être faite de façon rigoureuse en raison de certaines incertitudes qui subsistent encore sur le comportement du combustible dans les réacteurs. On peut dire néanmoins que le prix de l'énergie nucléaire, qui était il y a quelques années plusieurs fois celui de l'énergie classique, est maintenant inférieur à une fois et demie cette valeur et tend à s'en rapprocher assez rapidement.

C. — PERSPECTIVES D'AVENIR

Les progrès du nucléaire sont réels, mais ils ne sont pas encore suffisants pour que cette forme d'énergie puisse concurrencer prochainement les techniques hydraulique et thermique classiques. Le Quatrième Plan permettra de poursuivre l'expérimentation à l'échelle industrielle et de préparer l'industrie au futur développement massif de l'énergie nucléaire.

Les experts s'accordent à penser que les centrales qui seront mises en service aux environs de 1968-1970 seront rentables. Mais c'est seulement vers 1966-1967, lorsque l'on disposera de l'expérience des premières années de fonctionnement de Chinon et d'une meilleure connaissance des résultats atteints à l'étranger, que ce progrès décisif pourra être confirmé. C'est donc à cette époque qu'une décision éventuelle pourra être prise d'accroître sensiblement le programme nucléaire.

Dans cette hypothèse, après le programme du Quatrième Plan de l'ordre de 800 MW (dont 400 environ pour E. D. F. 4 en 1963), le programme du Cinquième Plan pourrait atteindre 2.000 MW. La production d'électricité s'élèverait ainsi à 10 TWh en 1970 et 20 TWh en 1975, soit respectivement environ 6 à 10 % de la production totale d'électricité en France.

Sous toutes les réserves qui s'imposent, la comparaison du thermique et du nucléaire pourrait, vers 1970, se présenter de la façon suivante pour 6.000 heures d'utilisation annuelle (en anciens francs).

	Nucléaire	Thermique classique.
Combustible	1 (a)	2,50
Amortissement à 7 %....	2,20 (en 20 ans)	1,00 (en 30 ans)
Exploitation	0,65	0,35
	<hr/>	<hr/>
Total	3,85	3,85

D. — CONCLUSIONS

Votre Commission des Affaires Economiques et du Plan a constaté que, si la date prévue pour que l'énergie nucléaire devienne compétitive avec les autres formes de production d'énergie électrique n'a pas été avancée, elle n'est pas non plus reculée. Les techniciens, aussi bien du C. E. A. que d'E. D. F. et de l'administration, sont toujours d'accord pour déclarer que les usines nucléaires qui seront mises en service vers 1970 produiront l'électricité à un prix équivalent à celui des centrales thermiques modernes, bien que ces centrales continuent à réaliser des progrès.

Il faut considérer que les sites hydrauliques à exploiter d'une façon rentable sont encore nombreux en France et que l'abondance d'énergie thermique, tant sous forme de gaz et de produits pétroliers que de charbon, permettra de réaliser pendant les années qui viennent des centrales thermiques importantes.

Dans ces conditions, il semble que le rythme d'équipement prévu de 200 MW par an soit actuellement suffisant en ce qui concerne l'énergie nucléaire, étant entendu qu'il s'agit d'un équipement expérimental.

(a) Chiffre indiqué par le Commissariat à l'Energie Atomique si le combustible atteint les performances espérées, soit 3.000 MW/j/ tonne d'uranium, et sans attribuer de valeur au combustible irradié.

Il semble également opportun d'explorer plusieurs filières, comme il est prévu, pour les centrales de Chinon, des Ardennes et des Monts d'Arrée.

Les réalisations à l'étranger, en particulier aux Etats-Unis et en Angleterre, doivent être suivies de très près.

Votre Commission pense, dans ces conditions, que la relève des autres formes de l'énergie par l'énergie nucléaire pourra se faire au moment où les équipements hydrauliques seront achevés et où les autres combustibles thermiques seront utilisés dans leur totalité.

IV. — Centres d'études nucléaires.

A. — ACTIVITÉ DES CENTRES DU C. E. A.

Il est difficile de considérer l'activité scientifique et technique du C. E. A. comme la somme des activités de ses quatre centres de recherche.

Le programme est en effet élaboré par les Directions centrales, et il est réalisé dans les centres en fonction des installations qui y existent et qui ont rarement un caractère autonome.

Pour prendre un exemple précis, la réalisation du réacteur Pégase, à Cadarache, actuellement en cours, implique des études neutroniques, technologiques, métallurgiques... qui se font à Saclay, à Fontenay-aux-Roses et dans l'industrie privée.

Il est donc préférable d'étudier dans son ensemble le programme du Commissariat à l'Énergie atomique.

B. — ÉVOLUTION DES PROGRAMMES DE RECHERCHES

Il est évidemment très délicat de faire le point sur les programmes de recherches, et ceci pour deux raisons : d'une part, les résultats obtenus sont souvent très techniques et difficiles à évaluer ; d'autre part, les recherches conduites au C. E. A. sont en perpétuelle évolution. L'année 1961 ne représente pas en général une étape essentielle dans le développement de l'énergie atomique. Le nombre de travaux qui sont réellement achevés est infime par rapport au nombre des études de longue haleine qui se poursuivent au-delà de 1961.

1. — Recherche fondamentale.

Physique générale.

Il s'agit de recherches en physique nucléaire pour lesquelles le C. E. A. travaille dans un cadre national en collaboration étroite avec l'Université et le C. N. R. S.

Le C. E. A. possède une quinzaine d'accélérateurs de particules dont certains sont d'ailleurs consacrés à des sujets de recherche appliquée (par exemple les études de protection contre les radiations).

Le synchrotron « Saturne » qui fournit des particules de 3 milliards d'électronvolts et qui a démarré en 1958, a fonctionné de façon parfaite au cours de l'année 1960 et au cours de 1961.

Il est exploité à raison de 14 postes consécutifs par semaine, du lundi matin au vendredi à minuit. C'est un accélérateur qui fonctionne remarquablement et qui a donné d'excellents résultats, de classe internationale, sur la théorie des particules élémentaires et en particulier sur les mésons. Autour de Saturne, sont placés des moyens de mesure et d'interprétation des résultats et en particulier des chambres à bulles qui sont au nombre de quatre.

L'une d'elle a d'ailleurs été transférée au C. E. R. N. à Genève, où elle fonctionne de façon très satisfaisante et où elle a permis le démarrage du grand accélérateur de Genève qui est, avec celui de Brookhaven, le plus puissant du monde.

Le Département de physique nucléaire et de physique du solide étudie la résonance magnétique nucléaire et, dans ce cadre, ce laboratoire a mis au point des procédés de polarisation nucléaire extrêmement originaux.

En calcul électronique, le Centre d'études nucléaires de Saclay vient de recevoir un calculateur I. B. M. 7090 qui lui donne un potentiel de calcul considérable mis au service, non seulement de l'ensemble du Commissariat, mais aussi d'organismes extérieurs.

En fusion contrôlée, les études se poursuivent. On ne peut détacher du contexte aucun résultat définitif : les études poursuivies ne peuvent avoir de résultat qu'à long terme. Elles s'orientent vers la réalisation de « bouteilles magnétiques » dans lesquelles on injecte du plasma produit par des canons, ce plasma devant être ensuite « piégé » à l'intérieur de la bouteille factice constituée par des lignes de force magnétique de forme convenable.

En électronique, le Centre d'études nucléaires de Saclay et celui de Grenoble continuent à étudier du matériel d'électronique nucléaire de plus en plus perfectionné. La transistorisation a fait dans ce domaine de grands progrès. Ce matériel est utilisé dans la construction des réacteurs français mais aussi dans certaines réalisations étrangères. Le C. E. A. a servi en particulier de conseil pour les vérifications du réacteur de Vinca, en Yougoslavie.

Biologie et protection contre les radiations.

Dans ces domaines de très nombreuses études sont en cours, les résultats obtenus sont de nature très spécialisée. Il faut noter particulièrement le développement du service hospitalier Frédéric-Joliot, à l'hôpital d'Orsay, où l'on a obtenu des résultats importants dans l'accélération du système circulatoire et dans l'analyse du sang, et le développement nouveau des applications agronomiques.

En matière de protection contre les radiations, l'activité du Commissariat est considérée comme prioritaire. Elle consiste, soit dans des études de base sur les effets des radiations (un contrat avec Euratom vient d'être signé pour l'élaboration de normes systématiques), soit dans des études portant sur les techniques de fixation ou la séparation chimique des déchets radioactifs. Ces études ont abouti à la réalisation d'installations d'usines pilotes qui donnent des résultats intéressants.

2. — *Recherches appliquées.*

Ces dernières études sont déjà du domaine de la recherche appliquée, ce qui montre bien la difficulté de séparer la recherche fondamentale de la recherche appliquée. Nous citerons surtout dans les recherches appliquées celles qui sont relatives à la construction et à la mise au point des réacteurs. De très nombreuses études sont lancées sur les matériaux nucléaires et sur les combustibles. Parmi les résultats les plus importants, il faut citer la mise au point d'uranium traité et d'alliages uranium-molybdène qui sont destinés aux réacteurs de Chinon dans la filière uranium naturel-graphite-gaz.

Les premières expériences d'irradiations ont donné d'excellents résultats et permettent d'espérer beaucoup de cette filière.

Les études générales sur de nouveaux combustibles comme l'oxyde et le carbure d'uranium sont à échéance plus lointaine, surtout en ce qui concerne le carbure.

Nous citerons encore parmi les études les plus importantes celles qui sont faites sur le béryllium destiné à devenir un matériau de structure très important dans les réacteurs à eau lourde.

Les principaux réacteurs en projet, construits dans le cadre exclusif du C. E. A., sont Pégase et Siloé qui doivent fonctionner en 1963, Rapsodie et EL 4 en 1964 et le prototype à terre pour la propulsion des sous-marins. Il s'agit d'un programme très important, puisque les trois derniers réacteurs représentent trois nouvelles filières jamais encore étudiées au Commissariat (respectivement neutrons rapides, l'eau pressurisée et l'eau lourde) tandis que Siloé construit à Grenoble doit accroître le potentiel d'irradiation du Commissariat, Pégase sera un instrument essentiel pour la mise au point des combustibles nucléaires des réacteurs de Chinon (filière graphite) et EL-4. La construction de ces réacteurs s'effectue au rythme prévu.

C. — EVOLUTION DES CENTRES DE RECHERCHES

Le Centre d'Etudes nucléaires de Saclay a désormais atteint à peu de choses près son effectif maximum qui est d'environ 4.500 personnes. A ces effectifs, s'ajoutent des stagiaires français et étrangers, des employés d'entreprises et des étudiants de l'Institut national des Sciences et Techniques nucléaires, ce qui porte l'effectif réel à 6.000 ou 7.000 personnes. Le Centre de Saclay ayant atteint son plein effectif, les constructions qui sont désormais réalisées ne sont plus que des constructions de détail ou celles qui sont exigées par l'entretien normal du Centre. Toutefois, un centre aussi important ne peut pas voir son potentiel scientifique vieillir sous peine d'être déclassé sur le plan international : par conséquent, il faut renouveler ce potentiel en remplaçant les appareillages anciens par des instruments plus modernes. Ce sera le cas en 1962 pour un nouveau cyclotron et pour un nouvel accélérateur de particules ; en outre, un réacteur de recherche va être étudié pour le remplacement du réacteur EL-2 qui fonctionne sans défaillance depuis 1952.

Le Centre d'Etudes nucléaires de Fontenay-aux-Roses, avec un millier de personnes à la fin de 1961 n'est pas très loin de son effectif maximum (environ 1.400 personnes). 1961 et 1962 voient

se réaliser des constructions techniques qui complètent le développement prévu de ce centre.

L'activité de Fontenay-aux-Roses est multiple et, dans une large mesure, associée à celle de Saclay. Il faut noter, toutefois, l'accent porté sur la protection contre les radiations, sur les recherches de fusion contrôlée et sur les problèmes de métallurgie du plutonium.

Le Centre de Grenoble comptera, à la fin de 1961, environ 800 personnes. On prévoit un effectif total d'environ 1.400 personnes, voisin de l'effectif maximum de Fontenay-aux-Roses ; cette « saturation » ne se produira pas avant trois ou quatre ans. Le développement de Grenoble, en 1962, se fait surtout dans le sens de la recherche fondamentale. Nous citerons, en particulier, l'utilisation du réacteur-piscine Mélusine, où de nombreuses boucles d'essais sont utilisées pour la recherche, par exemple les boucles d'essais à très basse température qui présentent une originalité particulière sur le plan international. En 1962 se poursuivra la construction du réacteur Siloé, construction qui a débuté en 1961. Siloé est également un réacteur-piscine qui offrira à Grenoble des possibilités d'irradiations nouvelles.

Le Centre de Cadarache est en période d'installation. Son effectif croît rapidement, mais il n'est encore de 200 ou 300 personnes. 1961 a été pour ce Centre l'année où de grandes constructions sont sorties de terre, tels que les ateliers pour le travail du plutonium, les bâtiments du réacteur prototype à terre pour un futur sous-marin, la pile d'essais Pégase, etc. En 1962, plusieurs de ces installations vont prendre vie et les transferts de personnel de la région parisienne vers le Midi vont s'accélérer.

D. — FORMATION SCIENTIFIQUE

Les Centres du Commissariat à l'Energie atomique, de même que l'industrie et Electricité de France, recrutent des ingénieurs diplômés de toutes les écoles françaises. Toutes les spécialités « classiques » (par exemple électronique, chimie, métallurgie) sont recherchées. Une formation nucléaire est donnée d'ordinaire aux techniciens dans le cadre de leur travail.

L'Institut national des Sciences et Techniques nucléaires (I. N. S. T. N.) donne, en outre, des cours de spécialisation qui sont de deux sortes :

1° Formation d'ingénieurs diplômés en Génie atomique : 120 élèves inscrits en 1961 à Saclay et Grenoble ;

2° Certificats scientifiques de 3^e cycle en liaison avec l'Université : une centaine d'élèves inscrits en 1961.

Les élèves de l'I. N. S. T. N., ingénieurs ou physiciens, sont ensuite recrutés par l'industrie, l'Université ou le C. N. R. S. (et par le C. E. A. pour une minorité d'entre eux). Les chiffres donnés ci-dessus comprennent un nombre important d'élèves étrangers (de l'ordre de 15 %).

Il faut citer, en outre, certains cours spéciaux, les séminaires et les stages organisés le plus souvent à Saclay et les facilités offertes à de jeunes scientifiques désirant préparer des thèses dans le cadre du C. E. A. (bourses).

Enfin, le C. E. A. organise, en liaison avec le Conservatoire national des Arts et Métiers, des cours de promotion du travail destinés à des agents techniques qualifiés, désireux de devenir ingénieurs. Ces enseignements sont donnés dans les centres du C. E. A. (centres associés) : près de 1.400 élèves sont inscrits en 1961.

Il convient de noter que le nombre d'ingénieurs et de physiciens utilisés dans les centres de recherche est beaucoup plus élevé que dans les centres de production. Il faudrait d'ailleurs ajouter à ces techniciens de formation supérieure le groupe des agents techniques de 3^e catégorie et les agents techniques principaux qui sont d'excellents techniciens, d'un niveau proche de celui des ingénieurs et physiciens.

Le recrutement de certaines catégories d'ingénieurs et physiciens s'avère difficile ; c'est le cas des ingénieurs métallurgistes et de l'ensemble des agents techniques.

Les méthodes utilisées aux Etats-Unis pour la formation des techniciens nucléaires sont analogues aux nôtres. Dans les autres pays, ces méthodes sont certainement beaucoup moins systéma-

tiques, à l'exception peut-être de l'U. R. S. S. dont les méthodes de formation de spécialistes nucléaires ne sont pas connues.

Aux Etats-Unis, ce sont les centres d'Oak Ridge et d'Argonne qui jouent un rôle de formation technique analogue à celui joué à Saclay et Grenoble.

En résumé, sans que l'on puisse chiffrer avec précision le nombre de techniciens et de physiciens nécessaires à l'Industrie nucléaire, il nous semble que les méthodes utilisées pour spécialiser en science nucléaire des ingénieurs « classiques » sont satisfaisantes et qu'elles donnent — quantitativement et qualitativement — les résultats souhaités. Le problème est plutôt dans la formation d'un nombre suffisant de techniciens « classiques » pour l'ensemble du pays.

V. — Crédits concernant le Commissariat à l'Énergie atomique.

A. — IMPORTANCE DES CRÉDITS CONCERNANT LE COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Les crédits civils prévus au budget 1962 sont les suivants :

	CREDITS de paiement.	AUTORISATIONS de programme.
(En milliers de nouveaux francs.)		
Services votés :		
Art. 1 ^{er} . — Plan de développement général :		
§ 1 ^{er} . — Recherches et études générales.	331.500	»
Mesures nouvelles :		
Art. 1 ^{er} . — Plan de développement général :		
§ 1 ^{er} . — Recherches et études générales.	350.000	372.000
§ 2. — Investissements et production...	100.000	644.500
Art. 2. — Gestion des services administratifs.	130.000	148.000
		1.164.500

L'affectation de ces crédits s'établit comme suit :

a) Les crédits services votés s'élevant à 331.500.000 NF sont destinés à couvrir, pendant l'année 1962, les paiements afférents aux autorisations de programme accordées au titre des années antérieures.

Compte tenu des programmes autorisés jusqu'au 31 décembre 1961 et des crédits de paiement déjà accordés à ce titre et demandés pour 1962, la charge des années ultérieures s'établira à 427.200 NF.

b) Mesures nouvelles :

Les mesures nouvelles comportent des autorisations de programme et des crédits de paiement s'établissant respectivement à :

	AUTORISATIONS de programme.	CREDITS de paiement.
	(En nouveaux francs.)	
Chapitre 62-00 du budget du Premier Ministre :		
Art. 1 ^{er} . — Plan de développement général :		
§ 1 ^{er} . — Recherches et études générales (Opérations annuelles).....	372.000.000	350.000.000
§ 2. — Investissements et production...	644.500.000	100.000.000
Art. 2. — Gestion des Services Administratifs (opérations annuelles).....	148.000.000	130.000.000
Totaux	1.164.500.000	580.000.000
Par ailleurs, le programme financé par des prêts du F.D.E.S. s'établit, en programme et en paie- ments, à.....	120.000.000	170.000.000
Le volume des paiements prévus pour 1962 s'éta- blit à un chiffre supérieur au nouveau pro- gramme autorisé pour 1962. En effet, les pro- grammes antérieurement autorisés impliquent une charge de paiement importante en 1962. Quant aux ressources propres, elles doivent financer un programme de.....	50.000.000	40.000.000
	1.334.500.000	790.000.000

Cependant, pour prendre une vue d'ensemble du financement des activités atomiques nationales, il convient de compléter les données financières analysées ci-dessus par les dotations inscrites au budget des Armées (Section commune) sous la rubrique « Atome ». En effet, dans leur quasi-totalité, ces dotations sont transférées, en cours d'année, au budget du Premier Ministre.

Le tableau ci-dessous regroupe l'ensemble des programmes atomiques *nationaux* exécutés par le Commissariat à l'Energie atomique.

	AUTORISATIONS de programme.	CREDITS de paiement.
	(En nouveaux francs.)	
Budget du Premier Ministre, prêts du F. D. E. S. et ressources propres :		
— Opérations en cours (cf. a ci-dessus).....	»	331.500.000
— Opérations nouvelles (cf. b ci-dessus).....	1.334.500.000	790.000.000
Budget des Armées.....	931.000.000	718.500.000
Totaux généraux.....	2.265.500.000	1.840.000.000

Sur le plan *international*, il convient de noter que notre participation à Euratom implique des dépenses pour la couverture desquelles un crédit de paiement de 120 millions de nouveaux francs est inscrit, par ailleurs, au chapitre 62-02 du budget des services du Premier Ministre. Antérieurement, ces dotations étaient inscrites au budget des finances (Charges communes).

B. — UTILISATION DES CRÉDITS EN 1962 SUR LE PLAN GÉNÉRAL

Le programme exécuté par le Commissariat à l'Energie atomique est un : il s'appuie sur les productions de matières fissiles et les études générales qui sont communes aux réalisations poursuivies.

Il est possible de dresser un tableau de l'affectation des crédits au titre de l'énergie atomique pour 1962.

L'activité du Commissariat à l'Energie atomique pour 1962 consistera :

— d'une part, à assurer le fonctionnement des installations existantes sur la base du niveau de développement devant être atteint à la fin de 1961, et à poursuivre les investissements en cours ;

— d'autre part, à entreprendre des opérations propres à 1962.

Chacune de ces rubriques appelle les commentaires suivants :

*1° 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 cours d'une année donnée sont couvertes par une autorisation de programme, qu'il s'agisse de dépenses de fonctionnement ou de dépenses d'investissement.

Les installations en place et les investissements en cours doivent être examinés séparément en ce qui concerne, d'une part, les installations de production et, d'autre part, les centres de recherches.

a) Installations de production.

1° Exploitation des unités de production existantes :

— Mines : l'exploitation poursuivie par le Commissariat est regroupée dans trois divisions : du Forez, de la Crouzille (près de Limoges) et de Vendée.

— Unité de concentration du minerai : les usines sont situées à Bessines, à l'Ecarpière, dans le Forez et à Gueugnon.

— Usines d'uranium métal : elles sont situées au Bouchet et à Malvesi, près de Narbonne.

— Centre de production de plutonium de Marcoule. Les dotations prévues pour 1962 doivent permettre d'assurer le fonctionnement et la maintenance de ces unités de production.

2° Poursuite des investissements en cours.

Le Commissariat à l'Energie atomique poursuivra en 1962 la réalisation :

— de l'usine de séparation des isotopes de l'uranium de Pierrelatte ;

— de l'usine de traitement des combustibles irradiés de Cherbourg.

b) Centres de recherches.

1° Poursuite des recherches générales autour des accélérateurs et des réacteurs construits au cours des années antérieures.

Le tableau ci-après donne la liste des accélérateurs en service :

T Y P E	DATE de mise en service.
Sames (générateur de neutrons) 600 kV.....	1959
Van de Graaff 2 MeV.....	1954
Van de Graaff 5 MeV.....	1953
Cyclotron (deutons et protons) 25 MeV.....	1954
Cockroft et Walton « Haefely » (générateur de neutrons) 300 kV.	1956
Accélérateur linéaire à électrons 28 MeV (pour un courant de crête de 85 mA).....	1958
Synchrotron à protons « Sature » 3 GeV.....	1958
Sames (accélérateur d'ions) 150 kV.....	1958
Massiot (électrons) 4 MeV.....	1961
Cyclotron à énergie variable.....	1962
Sames V 1 (ions) 600 kV 2 MA.....	1958
Sames V 2 (électrons) 600 kV.....	1958
Sames GN 1 (générateur de neutrons) 300 kV.....	1959
Sames GNP 1 (générateur de neutrons pulsés) 150 kV.....	1959
Sames V 4 (électrons) 1 MV.....	1959
Sames P 1 (ions) 1, 2 MV, 3 mA.....	1961

Réacteurs.

EL-1 (Zoé). Cette pile, qui fut la première du Commissariat, a été construite à Fontenay-aux-Roses.

Elle utilise de l'oxyde d'uranium comme combustible et l'eau lourde comme modérateur.

EL-2, EL-3. Ces deux piles ont été construites à Saclay : elles sont toutes deux modérées à l'eau lourde et utilisent comme combustible de l'uranium légèrement enrichi.

Les installations réalisées autour de ces piles permettent de poursuivre de nombreuses expériences.

— *Mélusine*. — Il s'agit d'une pile piscine construite à Grenoble : c'est une pile refroidie et modérée à l'eau ordinaire très pure, utilisant l'uranium enrichi comme combustible.

— *Triton*. — C'est une pile analogue à Mélusine, utilisée à Fontenay-aux-Roses.

— *Minerve*. — C'est une pile piscine qui est utilisée pour diverses mesures de physique portant sur des échantillons de combustible irradié.

— *Ulysse*. — Il s'agit d'une petite pile expérimentale destinée aux travaux pratiques de génie atomique dans le domaine de la neutronique faits à l'Institut national des Sciences et Techniques nucléaires.

2° *Poursuite des réalisations en cours.*

Réacteur d'étude :

— *Pégase*. — Cette pile n'est qu'en construction, elle utilisera, comme combustible l'uranium enrichi, comme modérateur l'eau ordinaire ; elle doit permettre d'étudier le comportement des barreaux combustibles des grosses piles productrices d'électricité utilisant un gaz comme fluide de refroidissement.

La pile *Pégase* doit permettre d'améliorer la tenue des combustibles dans les piles destinées à la production d'énergie électrique.

Réacteurs expérimentaux et prototypes :

— *Rapsodie*. — C'est la première pile à neutrons rapides inscrite au programme du Commissariat. Il s'agit d'une pile expérimentale surrégénératrice destinée à donner des enseignements dans des domaines neufs en France, éléments combustibles au plutonium, évacuation de la chaleur par sodium fondu. Elle doit être construite à Cadarache.

Il est envisagé de poursuivre avec Euratom les études concernant cette filière : des contacts sont pris, dans cette perspective, avec l'organisation internationale.

— *Prototype à terre de réacteur pour sous-marin*. — Les études se poursuivent à Saclay en vue de la réalisation de ce prototype à Cadarache.

— *Réacteur EL 4*. — Il s'agit d'un prototype de réacteur de puissance modérée à l'eau lourde et refroidi par gaz carbonique sous pression, qui doit être implanté dans les Monts d'Arrée.

Ce projet doit ouvrir une nouvelle filière de centrales nucléaires qui pourra éventuellement, dans l'avenir, prendre le relais de l'actuelle filière de réacteurs au graphite.

Le réacteur pourra fonctionner avec deux sortes de combustibles : le combustible souhaité est formé de grappes d'oxyde d'uranium naturel gainé de béryllium. Dans un premier temps, on emploiera un combustible facile à réaliser utilisant un uranium légèrement enrichi.

On peut attendre de cette filière une amélioration du coût de l'énergie d'origine nucléaire.

Le Commissariat à l'Energie atomique sur la demande de la Marine marchande a exploré la possibilité de mettre au point un réacteur utilisable pour la *propulsion des navires de surface*. Le choix s'est porté sur un réacteur à gaz à hautes performances : ce choix tenait compte en particulier de la possibilité de mener une partie des recherches en commun avec d'autres programmes nucléaires français déjà approuvés. Une coopération avec Euratom a été envisagée. Cependant, la tâche s'est avérée supérieure aux moyens et aux crédits qu'il paraissait raisonnable d'y consacrer et la décision d'y renoncer vient d'être prise.

C. — OPÉRATIONS PROPRES A 1962

Ces opérations peuvent être regroupées en deux grandes catégories : la suite logique des opérations déjà en cours d'exécution, d'une part, et des opérations nouvelles, d'autre part.

1° *Suite logique des opérations déjà en cours.*

— stockage des déchets : il est prévu en 1962 d'intensifier les études que posent ces problèmes et de réaliser les indispensables stockages de déchets ;

— production d'uranium : de 1.300 tonnes d'uranium contenu en 1961, la production du Commissariat à l'Energie atomique doit être portée à 1.600 tonnes d'uranium contenu en 1962.

— poursuite conformément aux prévisions du programme d'études et de fabrication d'armes.

— construction des ateliers qui seront nécessaires à la réalisation de la pile *Rapsodie* dont il a été question ci-dessus.

— études de l'usine de traitement du combustible de la pile *Rapsodie*.

— financement du combustible et du modérateur du réacteur EL 4.

— participation aux entreprises internationales.

— conséquences de l'accroissement du coût des moyens utilisés pour poursuivre la recherche.

2° *Mesures nouvelles.*

Poursuite de l'équipement des centres de recherches, constructions nouvelles dans le Centre de Cadarache et développement limité des effectifs de chercheurs (375 unités).

D. — RÉPARTITION DES DÉPENSES
ENTRE LES DIFFÉRENTES ACTIVITÉS DE C. E. A. POUR 1961

Les études préliminaires à la répartition analytique des dotations prévue pour 1962 dans le cadre du budget du Commissariat à l'Energie atomique se poursuit actuellement selon les grandes lignes rappelées ci-dessus ; cette répartition ne pourra être définitivement arrêtée qu'après le vote du budget de l'Etat par le Parlement.

En revanche, à titre indicatif, il est possible de fournir l'analyse, selon les grandes lignes du budget du Commissariat à l'Energie atomique, de l'autorisation de programme de 1.240 millions de nouveaux francs prévue pour 1961 :

Titre I. — Programmes scientifiques et techniques :

	En nouveaux francs.
A. — Recherche scientifique et technique générale	411.718.000
B. — Recherche semi-industrielle.....	17.837.000
C. — Réacteurs prototypes ou expérimentaux.	28.639.000
D. — Propulsion	60.300.000
F. — Etudes générales en vue de la sépara- tion des isotopes.....	11.990.000

Titre II. — Investissements de production :

U. — Uranium naturel.....	30.231.000
P. — Plutonium et énergie électrique.....	74.237.000

Titre III. — Stocks de matières de base et de rou-
lement

265.656.000

Titre IV. — Services généraux, scientifiques, tech-
niques et administratifs :

X. — Siège	118.895.000
Y. — Centres de recherches.....	126.615.000
Z. — Gestion des départements scientifiques.	37.323.000
Dotation destinée à être répartie en cours d'année compte tenu de l'évolution des pro- grammes techniques.....	56.559.000

1.240.000.000

Il est rappelé que le financement de ce programme s'analysait de la façon suivante :

— Subvention inscrite au budget des services du Premier Ministre.....	1.047.000.000 NF.
— Programme financé par des prêts du F. D. E. S.	123.000.000
— Programme financé par les ressources propres	70.000.000
	<hr/>
	1.240.000.000 NF.
	<hr/> <hr/>

E. — RAPPORTS DU C. E. A. AVEC E. D. F. ET L'EURATOM

Rapports du Commissariat avec E. D. F.

1° *Le maître d'œuvre des centrales de Chinon est E. D. F.*

De son côté, le Commissariat poursuit des études et la fabrication des éléments combustibles qui seront enfournés dans les réacteurs.

Les programmes E. D. F. et C. E. A. sont harmonisés dans le cadre du projet de loi de programme n° 1303 relative à l'équipement électrique qui prévoit, pour 1962, au titre du Commissariat à l'Energie Atomique, un programme de 108 millions de nouveaux francs s'analysant de la façon suivante :

— fabrication d'uranium gainé.....	73.000.000 NF.
— participation aux études poursuivies par le Commissariat à l'Energie Atomique :	
— filière uranium naturel-gaz-gra- phite	15.000.000
— filière uranium naturel-eau lourde.	20.000.000
	<hr/>
	108.000.000 NF.

Le programme financé par le F. D. E. S. a été calculé à partir de la dotation ci-dessus majorée de 12 millions de nouveaux francs au titre des intérêts intercalaires.

2° Centrale des Monts d'Arrée.

Le maître d'œuvre de la pile prototype de puissance dans la filière uranium-eau lourde, dénommée EL 4, est le Commissariat à l'Énergie Atomique. Comme à Marcoule, E. D. F. assurera la mise en place des seules installations de récupération d'énergie.

Les programmes E. D. F. et C. E. A. sont également harmonisés dans le cadre des programmes relatifs à l'équipement électrique.

Rapports financiers avec Euratom.

Le Commissariat à l'Énergie Atomique est lié à Euratom par des contrats d'association et par des contrats de recherches.

Dans le premier cas, le Commissariat supporte une part des dépenses et reçoit une contribution d'Euratom.

Dans le second cas, la totalité des dépenses exposées est supportée par Euratom.

Pour 1962, les ressources propres dont il a été fait état ci-dessus comprennent une prévision de 30.900.000 NF en ce qui concerne les moyens de financement attendus d'Euratom.

VI. — Evolution du problème des effluents radioactifs depuis novembre 1960.

M. le Ministre délégué auprès du Premier ministre, chargé de l'Énergie atomique, et M. le Ministre de la Santé publique et de la population avaient fait le point des principaux problèmes soulevés par les effluents radioactifs, dans un exposé fait au Sénat le 3 novembre 1960.

Voici l'évolution de cette question, depuis cette époque, sous le triple aspect :

- de l'exploitation des Centres d'études nucléaires,
- des études sur le traitement des effluents et sur les stockages,
- de la recherche d'une réglementation spécifique des rejets radioactifs.

1° On rappellera tout d'abord que le terme « effluents radioactifs » désigne normalement les produits radioactifs, gazeux ou liquides non utilisables à des fins scientifiques ou industrielles qui accompagnent toute activité dans le domaine nucléaire.

On comprend cependant, parfois, dans ce terme, les déchets solides produits également en quantités importantes par toute exploitation nucléaire.

Il convient de souligner que l'atmosphère, les eaux de mer et de rivière, les minéraux sont naturellement radioactifs. Ne peuvent donc être considérés comme déchets ou effluents radioactifs que des produits dépassant, de manière significative, la radioactivité naturelle qui est d'ailleurs elle-même sujette à des variations assez importantes, en particulier suivant les régions (nature des sols-altitude) ;

2° En ce qui concerne les problèmes pratiques du rejet ou du stockage des effluents et déchets radioactifs en France, pas de changements importants ni dans les quantités rejetées (ou stockées) ni dans les procédés employés. Ont donc continué à être mis en œuvre les procédés désormais « classiques » :

a) Dilution, dans l'atmosphère, des effluents gazeux, après, si besoin est, épuration par filtration ;

b) Rejet des effluents liquides faiblement actifs, après traitement les débarrassant de la majeure partie de leur activité, dans le réseau fluvial : ces rejets restant dans les limites fixées par le Ministre de la Santé publique et de la Population, et, dans certains cas particuliers, des services compétents de la Préfecture de la Seine :

c) Stockage, sur place, des effluents liquides très actifs (produits en quantité relativement faible) dans des conditions de rigoureuse sécurité ;

d) Stockage, sur place, sur les terrains du Commissariat à l'Energie atomique, des déchets solides préalablement conditionnés pour éviter une dispersion accidentelle des radioéléments contenus.

3° Tout en continuant à assurer ainsi l'exploitation courante de ses installations, le Commissariat à l'Energie atomique a poursuivi son effort dans le domaine des études concernant :

- les traitements des effluents liquides ;
- le conditionnement des déchets solides ;
- la recherche de nouveaux stockages.

a) Les études sur le traitement des effluents liquides ont pour but d'obtenir des « facteurs de décontamination » de plus en plus élevés, permettant de faire face aux besoins croissants des établissements nucléaires.

Pour les traitements chimiques, les plus répandus, des résultats très intéressants ont été obtenus pour une meilleure élimination des radioéléments les plus nocifs (tels que le strontium 90).

D'autre part, des procédés nouveaux vont être mis en œuvre pratiquement (construction d'évaporations dans la région parisienne et à Grenoble), installations qui donneront des facteurs de décontamination plus élevés.

Enfin, des études ont été entreprises sur des procédés nouveaux :

- fixation sur colonnes échangeuses d'ions ;
- lyophilisation (évaporation sous vide, après congélation) : adaptation d'une technique qui est utilisée dans certaines industries alimentaires.

Une mention particulière doit être faite des études entreprises en vue d'aboutir à une « vitrification » des effluents liquides très actifs (500 à 1.000 curies/litre), études qui sont très avancées sur le plan du laboratoire et devraient normalement conduire, à échéance de deux ou trois ans, à la construction d'un pilote semi-industriel. L'aboutissement de ces études libérerait l'industrie nucléaire de stockages liquides onéreux et comportant de lourdes sujétions.

b) En ce qui concerne le conditionnement des déchets, le Commissariat à l'Énergie atomique dispose maintenant d'une technique d'enrobage, sous béton, qui peut être considérée comme satisfaisante.

Parallèlement, un nouveau procédé d'enrobage des déchets solides, à l'aide de produits bitumineux, a été développé et donne des résultats très prometteurs.

L'un et l'autre procédés permettront la solidification des boues insolubles, résidus habituels des traitements des liquides radioactifs. Les blocs ainsi obtenus sont susceptibles d'être soumis à l'action des eaux de ruissellement ou des circulations souterraines, sans risque de contamination du milieu ambiant.

c) Un recensement de divers sites, susceptibles de permettre le stockage de déchets solides, quand l'emprise actuelle des Centres sera devenue insuffisante, a été entrepris.

L'immersion de déchets solides, de pratique courante dans les pays anglo-saxons (en particulier Grande-Bretagne, dans la Manche), a fait l'objet de quelques études, en liaison avec les organismes scientifiques qualifiés. Mais aucun rejet, à l'échelle « exploitation pratique » n'a été entrepris.

4° Dans le domaine de la réglementation, enfin, il convient de noter :

— sur le plan national, le vote de la loi du 2 août 1961, sur la « lutte contre la pollution atmosphérique et les odeurs, portant modification de la loi du 19 décembre 1917 », dont l'article 8 pourra être le point de départ d'une réglementation spécifique des rejets de toute nature, réglementation qui fait défaut actuellement.

— sur le plan international, une série de réunions d'experts, qui s'efforcent de dégager les règles pratiques des rejets de déchets radioactifs en mer, en vue d'aboutir à un accord international sur ce problème.

*
* *

L'attention est appelée sur l'importance de l'effort dans ce domaine.

Sur le plan financier, par exemple, on peut noter qu'un évaporateur, pour un centre de recherche moyen, coûte de 300 à 400 millions d'anciens francs ; une station de traitement, pour un centre important, de l'ordre de 1.500 millions d'anciens francs ; plus encore pour un centre industriel.

Dans le domaine des études, la réalisation d'un pilote de lyophilisation — si elle est entreprise — coûtera 400 à 500 millions d'anciens francs.

D'où la nécessité d'un effort soutenu, comportant des études longues et minutieuses, si l'on veut aboutir à des procédés valables à la fois sur le plan de la protection sanitaire et sur le plan économique.

VII. — Conclusions.

L'exposé qui vient d'être fait montre l'étendue et la complexité du rôle dévolu au Commissariat à l'Energie atomique.

Les crédits affectés à ce Commissariat permettent, suivant les indications du Ministre délégué, de faire face à toutes les tâches.

La Commission des Affaires économiques et du Plan souhaite que rien ne soit négligé pour augmenter nos connaissances technologiques et pour réduire le coût du kW nucléaire de façon à assurer en temps voulu la relève des autres formes de l'énergie.

Elle souligne les efforts fructueux réalisés pour assurer la sécurité du personnel et des riverains et invite le Commissariat à l'Energie atomique à poursuivre ses études à ce sujet en harmonie avec l'évolution des techniques.

Compte tenu des observations présentées, votre Commission des Affaires économiques et du Plan donne un avis favorable à l'adoption des crédits du budget des Services généraux du Premier Ministre concernant l'énergie atomique.