

SÉNAT

PREMIERE SESSION ORDINAIRE DE 1965-1966

Annexe au procès-verbal de la séance du 2 novembre 1965.

AVIS

PRÉSENTÉ

au nom de la Commission des Affaires économiques et du Plan (1),
sur le projet de loi de finances pour 1966, ADOPTÉ PAR
L'ASSEMBLÉE NATIONALE.

TOME X

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 Bajeux, Auguste Billiemaz, Georges Bonnet, Amédée Bouquerel, Robert Bouvard, Marcel Brégégère, Raymond Brun, Michel Champleboux, Michel Chauty, Henri Claireaux, Emile Claparède, Maurice Coutrot, Léon David, Alfred Dehé, Roger Delagnes, Henri Desseigne, Hector Dubois, Jacques Duclos, Emile Durieux, Jean Errecart, Jean Filippi, Marcel Fortier, 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, Georges Marrane, Louis Martin, François Monsarrat, André Morice, Charles Naveau, Gaston Pams, Guy Pascaud, François Patenôtre, Marc Pautzet, Paul Pelleray, Lucien Perdereau, Jules Pinsard, Henri Prêtre, Eugène Ritzenthaler, Maurice Sambron, Robert Schmitt, Abel Sempé, Charles Stoessel, Charles Suran, René Toribio, Henri Tournan, Raoul Vadepiéd.*

Voir les numéros :

Assemblée Nationale (2° législ.) : 1577 et annexes, 1588 (tomes I à III et annexe 18), 1594 (tome XI) et in-8° 423.

Sénat : 30 et 31 (tomes I, II et III, annexe 19) (1965-1966).

SOMMAIRE

	Pages.
Introduction	3
I. — Production de combustible nucléaire	3
1° Politique générale en matière de recherche et d'exploitation minière	3
2° Concentré d'uranium et uranium métal	5
3° Uranium enrichi : l'usine de Pierrelatte	5
4° L'usine de la Hague	6
II. — Production d'énergie électrique d'origine nucléaire	7
1° Perspectives de développement de l'énergie électrique d'origine nucléaire	7
2° Centrales nucléaires de production d'énergie électrique	7
3° Prix de revient de l'énergie électrique nucléaire	11
4° Production d'énergie électrique nucléaire à l'étranger	12
III. — Activité des centres d'étude nucléaire	12
1° Etude et construction des générateurs d'énergie	13
2° Recherche fondamentale	17
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	21
3° Points d'application du programme	24
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	30
V. — Le problème des déchets radioactifs	31
Conclusion	35

Mesdames, Messieurs,

L'utilisation pacifique de l'énergie atomique s'est affirmée au cours des années 1964 et 1965.

Un rapport sur les perspectives et problèmes du développement de l'énergie nucléaire de M. René Fillon a été présenté au Conseil économique et social et adopté dans sa séance du 15 décembre 1964.

L'année 1965 est celle du vingtième anniversaire du Commissariat à l'Énergie atomique, créé par ordonnance du 18 octobre 1945.

Le 18 octobre dernier, une manifestation s'est déroulée pour rappeler cet événement.

Le chemin parcouru a montré la continuité de l'effort accompli par tous les Gouvernements qui se sont succédé depuis vingt ans pour domestiquer l'atome et le mettre au service de l'industrie et de la médecine.

Votre Commission des Affaires économiques et du Plan s'est plus spécialement intéressée à la production de l'énergie électrique d'origine nucléaire, qui est sur le point de devenir compétitive avec les autres modes de production.

Elle s'est documentée sur la production du combustible nucléaire sous toutes ses formes.

Elle a étudié, comme les années précédentes, l'activité des différents centres gérés par le C. E. A.

L'élimination des déchets radioactifs a fait également l'objet de ses préoccupations.

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 1965 est restée guidée et sera également dominée, en 1966 et dans les années ultérieures, par les grandes lignes du programme français déjà indiquées les années précédentes, à savoir :

a) Maintenir à 1.000 à 1.200 tonnes-an la production métropolitaine en l'état actuel des perspectives des réserves ;

b) Pousser la prospection en veillant à l'amélioration constante des méthodes, en vue de trouver de nouvelles sources d'approvisionnement, à la fois en Afrique et en Métropole ;

c) Poursuivre l'étude et la réalisation de toutes solutions minières dans tous pays paraissant accessibles : Amérique du Sud, Canada, etc.

Seule, la continuité de cette politique permettra de faire face au fort développement prévisible de la consommation « électrogène » qui, encore faible actuellement, peut atteindre, vers 1980, des quantités de l'ordre de 5.000 tonnes-an ou plus.

Les travaux de recherche effectués en 1965 ont confirmé les encouragements apportés par les découvertes d'indices intéressants, notamment en République Centrafricaine et dans la République du Niger, tandis que le C. E. A. s'est attaché, directement ou en association, à assurer de nouvelles ressources à la France dans d'autres parties du monde, au Canada notamment.

Le trait dominant du programme pour 1966 est l'accentuation importante de l'effort de prospection générale à l'extérieur, ceci compte tenu du délai d'au moins sept ans qui se révèle nécessaire entre la découverte d'un gisement et sa mise en exploitation.

Le C. E. A. continuera à s'attacher, pour ses propres exploitations en cours comme pour celles qui seront le fruit des actions de développement, à maintenir la compétitivité des prix de l'appro-

visionnement français par rapport à ceux des grands producteurs et consommateurs étrangers, tout en sauvegardant la liberté de cet approvisionnement.

L'usine de raffinage du Bouchet, gérée par le C. E. A., et celle de Malvési, gérée par la Société de raffinage de l'uranium, poursuivront leurs productions en 1966, tandis que leurs techniques, en continuelle progression, seront encore améliorées, entraînant de nouvelles réductions de prix.

2° CONCENTRÉ D'URANIUM ET URANIUM MÉTAL

Voici les prévisions de production pour 1965 et 1966 en ce qui concerne les concentrés d'uranium et d'uranium métal :

USINES	PREVISIONS	PREVISIONS
	1965	1966
	(En tonnes d'uranium élément contenu)	
Production de concentrés d'uranium :		
Ecarpière	272	302
Bessines	462	523
Bois Noirs	255	252
Gueugnon (1)	(1) 431	(1) 392
	<hr/> 1.420	<hr/> 1.469
Production d'U métal :		
Le Bouchet	525	575
Malvési	1.090	925
U contenu dans les concentrés de thorianite expédiés :		
Madagascar	106	84

(1) Usine de retraitement des préconcentrés d'origine gabonaise.

La production de plutonium et le traitement de l'uranium irradié se sont d'autre part poursuivis conformément aux prévisions.

3° URANIUM ENRICHI

Entrée en exploitation industrielle le 1^{er} janvier 1965, l'usine basse de Pierrelatte fonctionne depuis cette date, de façon très satisfaisante.

La production s'est poursuivie régulièrement, à la capacité nominale et à un taux d'enrichissement légèrement supérieur à celui qui était prévu.

Les quelques difficultés techniques rencontrées sont en voie de solution, tandis que des résultats particulièrement favorables sont enregistrés en ce qui concerne les performances et la longévité des parties les plus sensibles des appareillages mis en œuvre.

La « mise en hexafluorure d'uranium » (1) de l'usine moyenne a été réalisée entre le début avril et fin septembre 1965, conformément aux prévisions. Elle atteint sa production nominale dans les premiers jours d'octobre.

L'état d'avancement des travaux de construction et le déroulement des essais déjà entrepris permettent de penser que les dates prévues de mise en service de l'usine haute (milieu 1966) et de l'usine très haute (fin 1967) seront respectées.

Les degrés d'enrichissement à réaliser par les différentes usines seront les suivants :

— Usine basse.....	2 %.
— Usine moyenne.....	7 %.
— Usine haute.....	25 %.
— Usine très haute.....	au-dessus de 90 %.

Dans l'état actuel des directives et du programme d'exploitation, la production de chaque usine est réservée à l'alimentation de l'usine supérieure. Il n'est pas prévu de production intermédiaire susceptible d'autres utilisations.

Prix de revient de l'uranium enrichi.

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

Il paraît difficile de faire état d'un prix de revient du produit terminal tant que l'ensemble des usines ne sera pas en marche industrielle. En tout état de cause, il s'agit là d'un aspect étroitement lié à la production effective de Pierrelatte et qui se trouve donc couvert par le secret de Défense Nationale.

4° L'USINE DE LA HAGUE

La phase de construction des bâtiments est pratiquement terminée. La mise en place de l'appareillage se poursuit normalement. Les essais en « inactif » viennent de commencer.

(1) La formule qui peut étonner a le même sens *mutatis mutandis* que « la mise en eau » d'un barrage.

L'avancement des travaux est cohérent avec la date prévue pour le début des essais en « actif », à savoir le 1^{er} mai 1966.

L'usine doit entrer en exploitation industrielle au cours du quatrième trimestre 1966.

Sa production sera fonction du tonnage de combustibles traité et de leur taux d'irradiation.

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

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

Le Gouvernement a défini sa politique en matière de production d'électricité d'origine nucléaire à la fin de l'année 1964. Il a décidé de poursuivre le développement de cette nouvelle forme d'énergie et notamment de retenir l'engagement pendant le V^e Plan de 2.500 MW nucléaires (soit 500 MW par an en moyenne contre 200 MW par an pendant le IV^e Plan), ce chiffre pouvant être porté à 4.000 MW si les résultats attendus au cours des toutes prochaines années confirment les espoirs actuels.

Ce programme sera basé sur les techniques à uranium naturel déjà développées en France. L'approvisionnement à long terme en uranium devra être préparé par la recherche des meilleures sources possibles d'approvisionnement, tant en France qu'à l'étranger.

2° CENTRALES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

E. D. F.-1 Chinon.

Après diverses mises au point, E. D. F.-1 fonctionne de façon satisfaisante.

La mise au point de la soufflante est maintenant achevée et la turbine a été remise en état.

Néanmoins, de nombreux arrêts d'une certaine durée ont eu lieu au cours de l'année 1965 pour des mises au point de détail et pour des opérations de déchargement, notamment pour le déchargement d'éléments à faible irradiation demandé par le Commissariat à l'Énergie atomique. Ce programme de déchargement expérimental a été réalisé comme prévu.

L'exploitation à pleine puissance reprendra en novembre 1965.

E. D. F.-2 Chinon.

Le réacteur E. D. F.-2 qui avait divergé en août 1964 a été mis en service au début de l'année 1965 ; le premier groupe fin février, le deuxième groupe début mars.

L'ensemble de la centrale fonctionne de façon satisfaisante, mais certains défauts se sont manifestés dans les turbines. Il a donc fallu modifier celles-ci, et cette transformation n'a pas encore permis à la centrale de fonctionner à pleine puissance ; celle-ci ne sera atteinte qu'à la fin de l'année 1965 ou au début de l'année 1966.

Le premier déchargement pendant la marche du réacteur vient de se faire dans de bonnes conditions ; c'est la première fois qu'une telle opération est faite en France.

La puissance nucléaire maxima a été atteinte au cours de l'année 1965.

E. D. F.-3 Chinon.

L'épreuve pneumatique du caisson a eu lieu en janvier 1965 et s'est révélée extrêmement satisfaisante.

L'empilement du graphite a été effectué comme prévu en juillet 1965 et la divergence du réacteur est actuellement prévue pour le mois de février 1966.

Le problème du calorifugeage du caisson a été résolu de façon satisfaisante.

Les deux machines de chargement sont en place sur le réacteur, et celui-ci pourra monter en puissance, comme cela avait été prévu, au cours de l'année 1966.

Saint-Laurent-1 (ex-E. D. F.-4).

Electricité de France a décidé de désigner maintenant les réacteurs nucléaires par le nom du site et le numéro dans l'ordre d'exécution ; le réacteur E. D. F.-4 est donc connu sous le nom de Saint-Laurent-1 auquel fera suite sur le même site, la centrale de Saint-Laurent-2, semblable à Saint-Laurent-1.

*

* *

L'activité du chantier de Saint-Laurent-1 se poursuit de façon extrêmement satisfaisante, grâce notamment à la méthode de fabrication sur le chantier de très grands sous-ensembles pesant jusqu'à 600 tonnes, et mis en place en quelques heures.

Le caisson en béton précontraint est maintenant terminé jusqu'à sa partie supérieure, à l'exception de la dalle supérieure de fermeture, et les pièces qui doivent être installées à l'intérieur du réacteur avant sa fermeture sont prêtes à être mises en place, de sorte que l'on va assister prochainement à une succession rapide d'empilements d'ensembles de grandes dimensions, ce qui va permettre de fermer la partie supérieure du caisson à la fin de l'année.

En raison de l'activité très satisfaisante du chantier, la montée en puissance pourra sans doute avoir lieu au début de 1968.

Saint-Laurent-2.

Saint-Laurent-2 est la reproduction exacte de Saint-Laurent-1 considéré comme compétitif ; les travaux commenceront en 1966.

Monts d'Arrée-EL-4.

Les travaux de Génie civil sont maintenant entièrement terminés et la cuve du réacteur, élément essentiel, d'un poids de 75 tonnes, a été mise en place le 15 septembre 1965.

L'essai des turbo-soufflantes sera effectué au début de l'année 1966.

Le Commissariat à l'Energie atomique n'a pas pu réaliser pour la première charge les éléments combustibles en uranium naturel gainé au béryllium, la première charge du réacteur aura donc lieu avec des éléments combustibles en uranium légèrement enrichi gainé en acier inoxydable.

Centrale des Ardennes.

La construction de cette centrale est maintenant très avancée. La cuve du réacteur a été mise en place en novembre 1964 et tout le matériel essentiel de la centrale est en place.

Les travaux de montage (filerie, tuyauteries, etc.) se poursuivent activement.

L'essai sous pression de la cuve va avoir lieu incessamment et la divergence du réacteur est prévue pour le printemps ou le début de l'été 1966, et par conséquent, la centrale pourra donner sa puissance au cours de l'hiver 1966-1967. Ces dates sont sensiblement en avance sur celles prévues en 1964.

Les premiers éléments combustibles en provenance des Etats-Unis arriveront sur place au mois de novembre.

Bugey-1.

Le chantier de la centrale de Bugey a été ouvert le 15 septembre 1965. L'installation du chantier et les terrassements se poursuivent. Les premiers bétons seront coulés à la fin de l'année.

Au cours de l'année 1965, les offres ont été reçues pour toutes les parties essentielles de la centrale, notamment : le caisson en béton précontraint, les échangeurs, les groupes turbo-alternateurs, les soufflantes, les appareils de chargement, de sorte que ce chantier pourra prendre une cadence rapide dès l'année 1966.

La mise en service est prévue pour 1970.

Le combustible annulaire employé dans ce réacteur dont le type est connu sous le nom d'Inca (Réacteur incorporé combustible annulaire) a subi de nouveaux perfectionnements en ce qui concerne son gainage, et sa fabrication industrielle va bientôt pouvoir être entreprise.

Ce réacteur constitue un nouveau prototype.

Accidents.

La sécurité parfaite des centrales nucléaires de puissance continue de s'affirmer.

Aucun accident mortel n'a eu lieu dans une centrale de puissance dont les mises en service se multiplient maintenant dans le monde entier.

Les quelques très rares accidents déplorés dans les années précédentes concernent uniquement des laboratoires ou des réacteurs à caractère expérimental.

Sites.

L'opinion publique semble favorable aux centrales nucléaires. En effet, les questions de pollution de l'atmosphère deviennent préoccupantes dans de nombreuses régions du globe, et plus

particulièrement dans certaines grandes villes, et l'on considère qu'à cet égard, la construction des centrales nucléaires est plus souhaitable que celle des centrales thermiques classiques, malgré toutes les précautions prises pour le dépoussiérage des fumées.

3° PRIX DE REVIENT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE

Les éléments comptables disponibles ne permettent pas de déterminer un prix de revient significatif de la production actuelle d'électricité d'origine nucléaire.

A Marcoule, la transformation en électricité des calories produites par les réacteurs a eu un objet essentiellement expérimental et les accords passés entre E. D. F. responsable des turbo-alternateurs et le C. E. A. responsable des réacteurs fixent un prix de calories déterminé pour que le prix de revient de l'électricité fournie au réseau ne dépasse pas sa valeur d'usage.

A Chinon, la mise en marche des deux premières centrales est encore trop récente (février 1965 pour E. D. F.-2) pour que des prix de revient puissent être avancés. Des « maladies de jeunesse » n'ont pas permis une utilisation normale.

Les perspectives d'amélioration des prix de revient ont été examinées en 1964 par la Commission pour la production d'électricité d'origine nucléaire dont les conclusions ont été résumées dans la réponse faite aux questions posées par la Commission des Affaires économiques et du Plan du Sénat lors de l'examen de la loi de finances de 1965.

Le coût du kWh qui sera produit par E. D. F.-3 ou Saint-Laurent-1 (ancienne E. D. F.-4) devrait être équivalent à celui du thermique classique pour une calorie fuel coûtant 1 centime, un taux d'intérêt de 7 %, une utilisation annuelle de 5.700 heures pendant vingt ans et un taux d'irradiation de 3.000 MWj par tonne d'uranium.

Coût du kWh hors taxes.

	E. D. F.-3	THERMIQUE
Amortissements	2,00	0,96
Charges d'exploitation	0,53	0,39
Combustible	1,20	2,38
Total.....	3,73	3,73

Bien que des incertitudes subsistent sur certaines des hypothèses de calcul, les nouveaux éléments intervenus depuis cette comparaison n'en modifient pas les conclusions.

A plus long terme, le coût du kWh nucléaire devrait continuer à baisser plus rapidement que le kWh produit dans les centrales thermiques classiques et devenir sensiblement inférieur pour les centrales mises en service après 1970.

4° PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE A L'ÉTRANGER

Les derniers renseignements disponibles sur la production d'électricité nucléaire des principaux pays sont les suivants :

P A Y S	PRODUCTION cumulée au 1 ^{er} août 1965. M kWh.	PUISSANCE en service. MW.
U. S. A.....	15.440	1.075
Grande-Bretagne	37.210	2.819
Italie	4.848	570
France (au 15 septembre 1965).....	2.545	350
Allemagne	349	15
Canada	383	22

Aucune vue d'ensemble ne peut être donnée concernant l'U. R. S. S.

III. — L'activité des Centres d'études nucléaires.

Les programmes du C. E. A. ne se définissent pas au niveau des Centres, mais aux échelons les plus élevés. Dans le partage des activités qui en résultent, chaque Centre conserve son individualité. Les différentes études sur un même objectif sont ainsi réparties entre plusieurs Centres, suivant des critères variables dont les principaux sont les suivants :

1) *La localisation du Centre* : urbain (Fontenay-aux-Roses, Grenoble) ou suburbain (Saclay), isolé (Cadarache).

A cette classification correspond en fait une répartition des études suivant le stade de leur avancement : aux Centres urbains et suburbains est réservé le domaine des recherches de laboratoires et d'études, au Centre isolé on voit apparaître des réalisations au

stade semi-industriel, mettant en œuvre des quantités importantes de matières fissiles, des réacteurs de types nouveaux ou des expériences plus poussées.

2) *L'équipement du Centre en moyens de recherche* : accélérateurs, piles de recherche, laboratoires de haute activité, etc., dont l'implantation est en général définitive.

Il paraît donc plus réaliste de donner une vue d'ensemble des principaux objectifs poursuivis au C. E. A., et d'indiquer pour chacun d'entre eux quelles études sont poursuivies dans les différents Centres d'études nucléaires. Une vue détaillée du point atteint par les programmes du C. E. A. à la fin de 1964 est donnée dans le rapport annuel du Commissariat. On soulignera seulement ici les résultats acquis en 1965 et on précisera les tendances nouvelles.

1° ETUDE ET CONSTRUCTION DE GÉNÉRATEURS D'ÉNERGIE

A. — *Filière graphite-gaz.*

Cette filière, dont les caractéristiques sont bien connues (uranium naturel modéré au graphite, refroidi au gaz carbonique) constitue l'objectif principal du C. E. A. et de l'E. D. F. en matière de réacteurs de puissance. Avec les trois premiers réacteurs de ce type, G 1, G 2, G 3, l'énergie nucléaire produit chaque jour à Marcoule plus de 1.500.000 kWh. Les premiers réacteurs de l'E.D.F. à Chinon, E.D.F.-1 et E.D.F.-2 sont maintenant en service. Ils représentent une puissance électrique maximale de 270 MW. Cependant, la construction d'E.D.F.-3, toujours à Chinon, se poursuit au rythme prévu. Ce réacteur devrait être en puissance dans le courant de 1966.

La construction d'E.D.F.-4 se poursuit à Saint-Laurent-des-Eaux : E.D.F.-4 diffère d'E.D.F.-3 par l'intégration des échangeurs dans le caisson et l'inversion du sens de circulation du gaz. La mise en service doit avoir lieu en 1968.

Enfin, E.D.F.-5 sera construite à Saint-Vulbas, sur le Rhône en amont de Lyon. Ce réacteur sera d'un type nettement amélioré, grâce surtout à un nouvel élément combustible. Ce sera un cylindre de grand diamètre à refroidissement interne et externe, dont on espère obtenir des performances exceptionnelles. Si ces espérances

se réalisent, la mise en service d'E.D.F.-5 (500 MWe, début 1971) marquera une importante étape dans le développement de la filière graphite-gaz.

Le prix du kilowatt-heure obtenu paraît devoir être compétitif avec celui donné par les centrales non nucléaires à partir d'E.D.F.-3 ou d'E.D.F.-4. Aussi, le programme prévu dans le cadre du V^e Plan prévoit-il l'installation d'au moins 2.500 MWe d'origine nucléaire ; à cette puissance pourra venir s'ajouter une tranche optionnelle de 1.500.

Ce tableau prometteur ne doit pas faire oublier que quelques incertitudes subsistent, que les études actuelles s'efforcent d'éliminer : tenue des éléments combustibles sous irradiation, corrosion radiolytique du gaz carbonique, etc.

Ce type d'études a une importance capitale pour mettre au point n'importe quelle filière de réacteur.

Comment se répartit cet effort entre les différents centres du C. E. A. ?

A Saclay, sont menées les études neutroniques et celles sur la conception générale des réacteurs, les empilements de graphite ainsi que les essais de mécanismes associés, les mesures neutroniques qui nécessitent des moyens spéciaux sont faites à Cadarache, sur les deux empilements critiques Marius (études à froid), déménagé cette année de Marcoule, et César (études à chaud) en service depuis décembre 1964.

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 surtout les piles piscines de Grenoble pour irradier les matériaux de toutes sortes, combustibles ou de structure (graphite). D'autre part, à Cadarache, le réacteur spécial Pégase sert aux essais d'éléments combustibles. Ce réacteur a été mis en exploitation l'an dernier. Les éléments combustibles y sont testés dans les conditions mêmes de leur emploi. On prépare de nouvelles

boucles destinées aux essais du nouvel élément, qui exige des dimensions plus grandes et des conditions de fonctionnement plus sévères.

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

Toujours à Cadarache a été mise en place la pile Cabri (1964) qui donne depuis cette année de précieux renseignements concernant la sûreté des réacteurs.

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 pour les expériences nouvelles.

B. — *Filière eau lourde-gaz.*

Il s'agit d'une filière de réacteurs de puissance, dont le modérateur est l'eau lourde et le fluide caloporteur le gaz carbonique, le combustible étant de l'uranium naturel ou très légèrement enrichi, selon le matériau de gainage sélectionné. Les réacteurs de ce type sont caractérisés par un bilan neutronique plus favorable que ceux de la filière précédente, ce qui permet d'envisager une meilleure économie du combustible.

EL 4, prototype du premier réacteur de puissance, est en construction à Brennilis et devrait diverger au début de 1967. L'avenir de cette filière est lié pour une bonne part à la mise au point d'un matériau de gainage permettant d'utiliser l'uranium naturel comme combustible ; pour le moment, le béryllium paraît seul remplir les conditions exigées, et l'étude de sa métallurgie et de sa technologie est menée activement sans qu'on puisse encore augurer du résultat final. En attendant, pour le premier jeu d'éléments combustibles, le gainage sera en acier inoxydable, mais ce matériau exigera un très léger enrichissement de l'uranium.

D'autres matériaux (alliages zirconium-cuivre) sont également étudiés. 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'éléments combustibles 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 les combustibles réfractaires à base d'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 et 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 prototype français Rapsodie (20 MW) ne devant diverger qu'en 1967 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 permettra de franchir un nouveau pas vers la réalisation de « Phénix », premier prototype industriel de cette filière, qui pourrait être lancé vers la fin de cette décennie.

Les études de cette filière se développent principalement dans trois des centres du C. E. A. : Fontenay-aux-Roses, études sur les métaux liquides et études de base sur le plutonium, spécialité de ce centre ; à 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) (1). 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.

(1) Millions d'électrons volts.

A Cadarache, outre l'exploitation du Van de Graaff, se font des essais mécaniques (hall HR 1 et HR 2), fabrication des éléments combustibles au plutonium. Dans ce centre on termine la construction du réacteur source Harmonie et on poursuit 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 l'été dernier à Cadarache, qui de ce fait constitue le pôle d'attraction dans ce domaine. Là, se poursuivent les principaux essais, tandis que la contribution de Grenoble, très importante, continue à s'exercer dans le domaine des transferts thermiques et de l'étude de l'ébullition.

E. — *Autres filières.*

Le C. E. A. s'intéresse également, dans le cadre d'associations internationales, à l'étude d'autres types de réacteurs :

— réacteurs à haute température (Dragon) ;

— réacteurs à eau lourde et fluide caloporteur organique : projet Orgel étudié à Grenoble en association avec Euratom.

F. — *Conversion directe de l'énergie.*

On étudie à Saclay des procédés qui permettront d'améliorer le rendement des centrales par transformation directe de l'énergie thermique en énergie électrique. Le premier procédé, par conversion thermoionique, serait utilisable pour de petits dispositifs (applications spatiales). Le second, par conversion magnétohydrodynamique, pourrait convenir à de grandes centrales. Les problèmes posés sont avant tout d'ordre technologique.

2° RECHERCHE FONDAMENTALE

C'est à Saclay et à Grenoble 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 (1) Saturne ; des modifications ont été apportées en 1965 à cette machine, qui ont amélioré notablement les possibilités offertes aux utilisateurs. Les physiciens du C. E. A. tirent le meilleur parti de cette machine ainsi que du Synchrotron du C. E. R. N. à Genève. On doit signaler le succès dans toute l'Europe des chambres à bulles mises au point par Saclay.

Le C. E. A. s'est vu confier la direction du Groupement d'étude du synchrotron national.

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, en association avec Euratom, à un rythme stable. Divers dispositifs sont essayés qui pourraient conduire à résoudre le problème de la domestication de l'énergie de fusion. Les études actuelles sont surtout 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. Dans ce domaine, et bien au-delà des frontières du seul C. E. A., les physiciens ont exprimé leur besoin d'un réacteur à flux de neutrons très élevé. Le projet, intéressant C. E. A., C. N. R. S., Facultés, etc. est à l'étude à Grenoble. La réalisation, prévue comme entreprise franco-allemande doit se faire dans ce même centre.

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.

(1) Milliards d'électrons volts.

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 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 qui, après plus de deux ans de service, doit être arrêtée à la fin de cette année.

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 devrait être réalisé en 1966.

C. — *Enseignement.*

Les cours de l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (U. 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 1966.

1° STRUCTURE DES RESSOURCES DU COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE EN 1966

Le projet de loi de finances pour 1966 prévoit, au titre du chapitre 62-00 « Subvention au C. E. A. », les dotations suivantes :

- autorisations de programme.. 1.862,5 millions de francs.
- crédits de paiement..... 1.867 millions de francs.

Ces dotations ne concernent que les programmes « généraux » du Commissariat, à l'exclusion des programmes militaires dont il assure la maîtrise d'œuvre, qui s'exécutent dans le cadre de la loi-programme du 23 décembre 1964.

Les dotations susvisées, qui s'appliquent aux programmes généraux du C. E. A., doivent être complétées par des ressources propres.

En définitive, l'enveloppe financière dévolue au C. E. A. pour 1966 se présente 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.....	1.862,5	1.867
Ressources propres	296	296
Total.....	2.158,5	2.163

Il convient d'observer que le Commissariat ne bénéficie pas, en 1966, de prêts du Fonds de développement économique et social, et qu'il a décidé de regrouper les fonds qui pouvaient provenir de cet organisme avec la subvention budgétaire inscrite au budget de l'Etat. De ce fait, la structure de l'enveloppe dévolue au Commissariat pour l'année 1966 ne fait plus apparaître de dotation individualisée au titre de ces prêts.

En ce qui concerne *l'évolution des ressources propres*, on peut faire les observations suivantes :

En 1965, l'évaluation des recettes propres pouvait s'analyser comme suit :

— ventes et produits divers.....	33	MF
— facturation à Euratom.....	90	—
— éléments combustibles.....	110	—
— recettes exceptionnelles.....	12,9	—
	<hr/>	
Total	245,9	MF

Il convient de noter que le poste « Recettes exceptionnelles » comprenait 5,9 MF en provenance du budget du Ministère des Finances et des Affaires économiques concernant la vente à l'Etat de l'hôtel de Clermont (charges communes, chapitre 57-05).

Les recettes propres prévisibles pour 1966 peuvent être déduites des recettes de 1965 par *extrapolation* pour certaines d'entre elles ou par *évaluation directe* pour certaines autres, en tenant compte des derniers éléments connus. Il en est ainsi notamment pour les recettes provenant des contrats avec Euratom et pour les recettes sur études de centrales et ventes de combustibles.

	AUTORISATIONS de programme.	CREDITS de paiement.
Ventes et produits divers.....	35	35
Recettes provenant des contrats avec Euratom...	77	77
Recettes sur études de centrales et ventes de combustible	184	184
Total.....	296	296

2° ANALYSE PAR NATURE DE DÉPENSES

Depuis la préparation du budget de 1964, le Commissariat s'est efforcé de donner une présentation par grandes rubriques de dépenses par nature des autorisations de programme qui lui étaient allouées pour une année donnée. Il est nécessaire de préciser qu'une telle analyse, effectuée à cette époque de l'année, présente un caractère largement prévisionnel et que l'analyse définitive ne pourra être connue qu'au mois de décembre 1965.

Sous ces réserves, on trouvera ci-après les éléments fondamentaux concernant les rubriques de dépenses par nature :

Le projet de loi de finances pour 1966 donne la répartition analytique suivante à titre indicatif (en millions de francs).

— Main-d'œuvre	537
— Personnel en régie.....	33
— Matières et autres charges.....	671,5
— Contrats	510
— Immobilisations	367
— Non répartition en début d'année.....	40
	<hr/>
Total	2.158,5

Main-d'œuvre.

Les dotations demandées sont destinées à couvrir d'une part, la reconduction de 1965 sur 1966 des moyens autorisés et d'autre part, le financement de la mise en place des équipes destinées à l'exploitation des ouvrages qui doivent entrer en fonctionnement au cours de l'année.

Personnel en régie.

La rémunération du personnel en régie de longue durée constitue dans le budget de 1965 une nature de dépenses distincte de la rubrique « Matières et autres charges » où elle se trouvait jusqu'alors incorporée.

Il convient d'observer que le Commissariat envisage de faire apparaître en sus des dotations concernant la rémunération des personnels en régie de longue durée la rémunération d'autres personnels extérieurs, au C. E. A. : stagiaires et collaborateurs extérieurs de toutes catégories, agents d'Euratom, agents occasionnels actuellement pris en charge sur la rubrique matières et autres charges. Ce reclassement des dépenses pourra entraîner une légère modification à la répartition prévisionnelle présentée ci-dessus.

Matières et autres charges.

Les dotations prévues sous cette dénomination recouvrent les charges suivantes :

- 1) Des frais divers de gestion, directement liés aux effectifs :
 - matières consommables, petit outillage ;
 - matériel électronique standard d'une valeur unitaire inférieure ou égale à 500 F ;
 - petits matériels d'une valeur unitaire inférieure ou égale à 500 F ;
 - frais de mission et indemnités kilométriques.

2) Des dépenses particulières, non liées aux effectifs. Il en est ainsi pour les dépenses suivantes : calcul électronique, fluides des grands appareils, documentation, irradiations à l'extérieur, etc. On notera en outre que ce poste comporte une dotation de 107 millions de francs au titre des charges financières des 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 1966 qu'il s'agisse de contrats de recherche, c'est-à-dire ayant pour objet de sous-traiter des études entrant dans le cadre des missions du C. E. A. ou de contrats industriels de production de matières nucléaires.

Immobilisations.

Sous cette rubrique, sont imputées les dépenses d'équipement des centres de recherche et de production ainsi que les ouvrages et installations dont la construction est rendue nécessaire pour l'accomplissement des programmes du Commissariat.

Evolution des dépenses par nature entre 1965 et 1966.

(Autorisations de programme en millions de francs.)

NATURE DES DEPENSES	1965	1966
Main-d'œuvre	491	537
Personnel en régie.....	33	33
Matières et autres charges.....	644	671,5
Contrats	388	510
Immobilisations	484	367
Non réparti en début d'année.....	40	40
Total.....	2.080	2.158,5

3° POINTS D'APPLICATION DU PROGRAMME

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

De même que pour les années précédentes, les activités du Commissariat se développent sur de nombreux plans.

L'objectif essentiel du programme civil est *la production d'énergie électrique d'origine nucléaire*. Le principal effort a continué de porter sur *la filière uranium naturel graphite gaz* à laquelle appartiennent les réacteurs de Marcoule et ceux de l'Electricité de France.

Pour des raisons à plus long terme visant à économiser l'uranium, le C. E. A. étudie aussi *les filières à eau lourde*, avec EL 4, et *à neutrons rapides*, avec Rapsodie. Les études sur la filière des piles à neutrons rapides se poursuivent dans le cadre d'une association entre Euratom et le C. E. A. en vertu d'un contrat remontant à 1962 portant sur Rapsodie et les expériences critiques Harmonie et Masurca et étendu aux études de filière en octobre 1964. Les études générales de la filière ont été orientées vers la conception d'un réacteur de 1.000 MW électriques.

Le C. E. A. prévoit de réaliser entre Rapsodie et la première centrale industrielle, une centrale surrégénératrice expérimentale de 100 à 200 MW électriques, *Phénix*.

Dans le domaine de la production de matières nucléaires, les problèmes d'approvisionnement sont étroitement liés aux besoins à moyenne et longue échéances.

Pour l'uranium, l'effort de prospection est maintenu. La production d'uranium métallique continue à être assurée par les usines du Bouchet et de Malvési.

Pour l'uranium enrichi, l'usine basse de Pierrelatte est entrée en service depuis le mois de mai 1964.

A l'usine d'extraction du plutonium de Marcoule, de nouvelles installations sont entrées en fonctionnement : elles assureront le traitement de la totalité du combustible irradié dans les piles de Marcoule et une certaine quantité de combustibles des réacteurs d'Electricité de France.

On notera en outre que la construction de l'usine de la Hague se poursuit de façon satisfaisante.

L'emploi des *radio-isotopes* en recherche fondamentale et appliquée dans l'industrie, la médecine et l'agriculture se développe rapidement.

La recherche fondamentale, devenue une des vocations importantes du C. E. A. trouve de nombreux points d'application : physique théorique, accélérateurs, physique corpusculaire à haute, moyenne et basse énergie, physique du solide, fusion contrôlée et plasmas, etc.

Enfin, la multiplicité des enseignements dispensés à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires, en étroite collaboration avec l'Université, reflète la diversité des tâches du C. E. A.

Les principales installations de recherche en service ou dé-
cédées sont énumérées dans les tableaux ci-après :

a) Réacteurs.

I. — Réacteurs de recherche et d'essais.

NOM	DATE de divergence.	TYPE			OBJET
		Combustible.	Modérateur.	Fluide réfrigérant.	
El 1 (Zoé).....	15-12-48	UO ₂ naturel.	D ₂ O	D ₂ O	Recherche.
El 2	21-10-52	U naturel.	D ₂ O	CO ₂	Recherche et production de radioéléments.
El 3	4- 7-57	UO, légère- ment enrichi.	D ₂ O	D ₂ O	Recherche, essais de ma- tériaux et production de radio-éléments.
Mélusine	1- 7-58	U enrichi.	H ₂ O piscine.	H ₂ O	Recherche.
Triton	30- 6-59	U enrichi.	H ₂ O piscine.	H ₂ O	Etudes de protection.
Minerve	29- 9-59	U enrichi.	H ₂ O piscine.	Néant.	Analyse pureté des maté- riaux.
Ulysse	23 -7-61	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Enseignement (I. N. S. T. N.).
Siloé	18 -3-63	U enrichi.	H ₂ O piscine.	H ₂ O	Recherche.
Pegase	4- 4-63	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Essais combustibles piles à gaz.
Cabri	21-12-63	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Etudes de sûreté.
Harmonie	1965	U enrichi.		Air.	Réacteur. Source pour expériences neutroni- ques.
Osiris	1966	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Essais de matériaux.

II. — Assemblages critiques.

NOM	DATE de divergence.	TYPE			OBJET
		Combustible.	Modérateur.	Fluide réfrigérant.	
Aigilon	11- 8-56	U naturel.	D ₂ O	Néant.	Etudes de réseaux.
Alizé	18- 6-59	U enrichi.	H ₂ O	Néant.	Etudes de réseaux.
Marius	7- 1-60	U enrichi et naturel.	Graphite.	Néant.	Etudes de réseaux.
Peggy	2- 2-61	U enrichi.	H ₂ O	Neant.	Maquette critique de Pégase.
Rachel	4-61	Pu.	Néant.	Néant.	Etudes sur les neutrons rapides.
Azur	9- 4-62	U enrichi.	H ₂ O	Néant.	Maquette critique du pro- totype pour sous-marin.
Silhouette	5- 5-64	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Maquette critique de Siloé.
César	19-12-64	U naturel ou enrichi.	Graphite.		Etudes de réseaux.
Masurca	1966	Pu et U enrichi.		Air.	Maquette critique de pile à neutrons rapides.

III. — Réacteurs expérimentaux et prototypes.

NOM	DATE de divergence.	TYPE			OBJET
		Combustible.	Modérateur.	Fluide réfrigérant.	
Pat	14- 8-64	U enrichi.	H ₂ O	H ₂ O	Prototype à terre de réacteur pour sous- marins.
Rapsodie	1966	Pu et U enrichi.	Néant.	Sodium.	Pile à neutrons rapides, surrégénératrice.
El 4	1967	UO ₂ légè- rement enrichi.	D ₂ O	CO ₂	Production d'électricité.

b) Accélérateurs.

TYPE	DATE de mise en service.	EMPLACEMENT
Sames 600 KV (générateur de neutrons).....	1959	Fontenay-aux-Roses.
Cockroft et Walton (« Haefely ») 300 KV (générateur de neutrons).....	1956	Cadarache.
Van de Graaff 2 MV.....	1954	Saclay.
Van de Graaff 5 MV (ions).....	1953	Cadarache.
Van de Graaff tandem 12 MeV.....	1963	Saclay.
Cyclotron 11 MeV (en protons).....	1954	Saclay.
Cyclotron à énergie variable Philips (1).....	1964	Saclay.
Accélérateur linéaire CSF à électrons 45 MeV....	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.
Accélérateur linéaire de 300 MeV à électrons....		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 GNP2 (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) De 3 à 28 MeV en protons.

B. — Opérations propres à 1966.

a) Opérations inéluctables.

1) Production de matières nucléaires :

a) Investissements :

Les opérations ci-après ont été prévues :

— Usine de production de plutonium de la Hague :

Les crédits inscrits concernent la participation du budget du Premier Ministre au titre des dépenses de construction et des dépenses d'essais et démarrage (partage égal entre budget des Armées et budget du Premier Ministre).

— *Centre de Marcoule :*

Les dépenses à prévoir en 1966 concernent l'infrastructure du Centre, les aménagements des réacteurs et de l'usine d'extraction de plutonium, les égouts actifs, le stockage et le dégainage des combustibles, l'atelier d'usinage du graphite.

— *Exploitations minières et usines de raffinage :*

Les dépenses concernent la maintenance des divisions minières et les aménagements nécessaires à la bonne marche des centres du Bouchet et de Malvési.

b) En ce qui concerne les dépenses de production, on assiste à un léger accroissement de la production de métal, la production de concentrés restant à peu près stable, soit environ 1.550 tonnes d'uranium contenu. Les dotations 1966 tiennent compte en outre des efforts qui doivent être poursuivis au titre de la prospection.

2) *Ensemble neutrons rapides :*

Il a été inscrit à ce titre les crédits nécessaires à l'achèvement de Rapsodie et de Masurca ainsi que les dotations destinées à assurer l'approvisionnement en combustible de ces ouvrages.

3) *Mises en service d'ouvrages et d'installations :*

Le coût de ces opérations a été évalué pour 1966 à un niveau plus élevé qu'en 1965 : cette hausse tient au fait que les installations concernées sont nombreuses et complexes.

Les principales usines en service concernent Rapsodie et l'expérience critique Masurca, l'atelier de découpage des assemblages combustibles, EL 4 et Osiris.

4) *Augmentation des investissements de recherche :*

Il s'agit, comme les années précédentes, d'une croissance quantitative de l'investissement par chercheur lié à l'amélioration qualitative de la recherche scientifique.

5) *Logements :*

L'année 1966 doit marquer une certaine décroissance du nombre des logements nouveaux à lancer.

6) *Participations* :

La dotation prévue à ce titre concerne essentiellement la couverture du déficit d'exploitation d'Eurochemic d'une part et des participations dans des syndicats miniers d'autre part.

b) Opérations nouvelles.

Les opérations qui sont proposées à ce titre constituent *la suite logique* des programmes actuels du Commissariat. On peut mentionner à ce titre les opérations suivantes :

- poursuite des réalisations en cours concernant les chambres à bulles ;
- installations concernant les études sur la fusion contrôlée ;
- équipements liés à l'accélérateur de 300 MeV ;
- nouveaux accélérateurs de particules ;
- extension des dispositifs d'examen des combustibles irradiés ;
- installations de traitement des combustibles irradiés.

Enfin, il convient d'indiquer que, comme les années précédentes, des crédits sont prévus au titre du *développement général* : ces dotations permettront la création de quelques emplois en vue d'assurer aux équipes un renouvellement indispensable ainsi que la réalisation d'investissements nouveaux destinés à renforcer les installations et l'infrastructure des centres de recherche.

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 1966 à :

- 2.579 millions de francs en autorisations de programme ;
- 2.741 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. — Le problème des déchets radioactifs.

1° Il convient de rappeler tout d'abord que 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 parvenir jusqu'à l'homme 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) déterminées par des recommandations, directives ou règlements émanant d'organismes nationaux ou internationaux (Commission Internationale de Protection Radiologique, Euratom, Départements Ministériels responsables) ; dans d'autres cas (rejets en mer, par exemple) elles doivent être déterminées par une étude spéciale, adaptée à chaque situation particulière.

Pour éviter, précisément, que l'homme n'absorbe des produits radioactifs en quantité dangereuse, l'on s'efforce, suivant le cas :

- d'empêcher, de manière aussi absolue que possible, la dispersion des produits radioactifs dans le milieu ambiant
- ou, au contraire, d'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 dépend de l'état physique et chimique des produits, et de leur plus ou moins grande activité.

2° Les principaux procédés utilisés en France sont les suivants :

a) Les effluents gazeux provenant des installations nucléaires, d'origines diverses (gaz de refroidissement de certaines piles, gaz émis lors du traitement des combustibles irradiés, ventilation des laboratoires) sont rejetés 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 radioactivité 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 se trouve donc contraint de les garder sur les centres nucléaires et sous une surveillance suivie, dans des stockages complexes et onéreux.

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 ; on peut escompter que ce résultat sera atteint dans quelques années.

— les effluents de faible et moyenne radioactivité, 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 radioactivité 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 Commissariat à l'Energie Atomique et le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (1) 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,

(1) Le Service central de protection contre les rayonnements ionisants dépend du Ministère de la Santé Publique et de la Population.

— 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 des aliments d'origine marine,

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

C'est ce qui a été entrepris pour la Hague, avec le concours de la Marine Nationale et de spécialistes des multiples disciplines scientifiques intéressées. Un laboratoire de biologie marine a été créé spécialement à cet effet. Les conclusions de l'étude 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 pourront donc être stockées comme les déchets solides.

Pour le moment, tous les déchets solides provenant des établissements nucléaires (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).

Il sera nécessaire, à plus ou moins long terme, de dégager les superficies ainsi immobilisées et nécessaires, bien souvent, à

l'extension des Centres, par la création d'un ou plusieurs parcs de stockage, qui recevraient les déchets radioactifs provenant de tous les organismes publics ou privés.

Enfin, il y a lieu de noter que le rejet en mer de déchets solides n'est pas pratiqué en France, bien que le C. E. A. considère ce procédé comme valable pour des résidus de faible activité, et sous réserve d'un conditionnement approprié et d'une immersion à une profondeur et à une distance de la côte suffisantes.

Conclusion.

Les crédits prévus au budget du Premier Ministre, affectés au C. E. A., s'élèvent à 2.158,5 millions de francs en autorisations de programme, et 2.163 millions de francs en crédits de paiement, alors que pour 1965 ces mêmes crédits étaient de 2.080 et 2.186 millions de francs.

Si les crédits d'autorisations de programme sont en légère augmentation, 3,77 %, les crédits de paiement sont en diminution, 1,05 %. Il faut remarquer que le C. E. A. ne bénéficiera pas en 1966 des prêts du Fonds de développement économique et social.

Les ressources propres du C. E. A. passent de 245,9 millions de francs à 296 millions de francs, correspondant à une augmentation de 20,3 %.

Votre Commission avait déjà marqué l'an dernier son inquiétude de voir se stabiliser les crédits affectés au C. E. A. pour l'utilisation pacifique de l'énergie atomique. Cette année cette tendance s'est encore accentuée, et votre Commission tiendrait à obtenir du Gouvernement l'assurance que toutes les tâches du C. E. A. pourront être poursuivies.

Votre Commission a été informée que la totalité de l'uranium enrichi produit à Pierrelatte sera utilisée pour des besoins militaires. La France sera donc toujours tributaire de l'étranger pour l'uranium enrichi destiné aux centrales nucléaires des Ardennes et de Brennilis (EL 4) ainsi que pour les réacteurs d'essai.

Votre Commission a marqué sa satisfaction des progrès réalisés en ce qui concerne la construction des usines de production nucléaire dans l'emploi du béton précontraint et son calorifugeage, dans le déchargement et le rechargement des éléments combustibles pendant le fonctionnement du réacteur réalisé pour la première fois en 1965 à l'usine de Chinon 2.

Elle prend acte que les centrales nucléaires en cours de construction sont parvenues à la compétitivité avec les usines classiques de production thermique. Elle en voit la preuve dans la

décision prise par Electricité de France d'édifier à Saint-Laurent-les-Eaux une nouvelle usine nucléaire identique à celle actuellement en cours de construction.

Votre Commission approuve les dispositions du V^e Plan prévoyant un programme nucléaire minimum de 2.500 mégawatts pouvant être porté à 4.000 mégawatts.

Tout en approuvant le choix qui a été fait de la filière uranium naturel graphite gaz carbonique pour le programme du V^e Plan, elle invite le C. E. A. à poursuivre ses essais sur les autres filières et en particulier sur la filière à neutrons rapides qui permettra dans l'avenir de faire face aux difficultés d'approvisionnement en uranium.

Sous réserve de ces observations, votre Commission des Affaires économiques et du Plan vous invite à approuver les crédits du budget des Services généraux du Premier Ministre concernant l'Energie atomique.