

SÉNAT

SECONDE SESSION ORDINAIRE DE 1976-1977

Annexe au procès-verbal de la séance du 16 juin 1977.

RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

*au nom de la Commission des Finances, du Contrôle budgétaire et des Comptes économiques de la Nation (1) sur le fonctionnement et l'évolution du Commissariat à l'énergie atomique, en application du premier alinéa de l'article 22 du Règlement du Sénat,*

Par M. Yvon COUDÉ DU FORESTO,

Sénateur.

---

(1) Cette commission est composée de : MM. Edouard Bonnefous, président ; Geoffroy de Montalembert, Max Monichon, Jacques Descours Desacres, Henri Tournan, vice-présidents ; Yves Durand, Roger Gaudon, Joseph Raybaud, Modeste Legouez, secrétaires ; Maurice Blin, rapporteur général ; Auguste Amic, René Ballayer, Roland Boscary-Monsservin, René Chazelle, Bernard Chochoy, Jean Cluzel, Yvon Coudé du Foresto, Marcel Fortier, Jean Francou, Gustave Héon, Paul Jargot, Louis Jung, Robert Lacombe, Fernand Lefort, Georges Lombard, Raymond Marcellin, Josy-Auguste Moinet, Mlle Odette Pagani, MM. Gaston Pams, Pierre Prost, Mlle Irma Rapuzzi, MM. Paul Ribeyre, Edmond Sauvageot, François Schleiter, Robert Schmitt, Maurice Schumann.

## TABLE DES MATIERES

|   | Pages. |
|---|--------|
| <b>Avant-propos</b> .....   | 3      |
| <b>PREMIÈRE PARTIE. — Observations résumées sur la politique nucléaire française</b> .....  | 7      |
| I. — L'état d'esprit des chercheurs.....  | 7      |
| II. — La coopération entre les chercheurs.....  | 7      |
| III. — Notre place dans le monde.....   | 8      |
| IV. — Pourquoi le Commissariat à l'énergie atomique et pourquoi son évolution ? .....   | 8      |
| V. — Pouvons-nous nous passer du nucléaire ? .....  | 9      |
| VI. — Les oppositions et les craintes à l'égard de l'énergie nucléaire.   | 16     |
| VII. — Le problème de la prolifération des armes nucléaires.....  | 22     |
| VIII. — Quelques critiques .....  | 23     |
| <b>DEUXIÈME PARTIE. — L'évolution de la structure et des activités du Commissariat à l'énergie atomique et les problèmes posés par l'utilisation de l'énergie nucléaire</b> ..... | 27     |
| I. — Architecture générale du groupe C. E. A.....   | 27     |
| II. — La politique suivie en matière de diversification et de création de filiales.....   | 37     |
| III. — La Compagnie générale des matières nucléaires (COGEMA)...  | 40     |
| IV. — La nécessité du recours à l'énergie nucléaire.....  | 52     |
| V. — Le phénomène écologiste et le problème de la prolifération....   | 62     |
| VI. — Les activités des différents centres relevant du Commissariat à l'énergie atomique.....   | 70     |
| A. — Le centre de Saclay.....   | 70     |
| B. — Le centre de Grenoble.....   | 76     |
| C. — Le centre de Cadarache.....  | 82     |
| D. — Le centre de Marcoule.....   | 88     |
| E. — Les usines de Pierrelatte et du Tricastin (Eurodif).....   | 89     |
| F. — Le centre de Fontenay-aux-Roses.....   | 92     |
| G. — Les installations militaires.....  | 97     |
| <b>Conclusion</b> .....   | 103    |
| <b>Table des annexes</b> .....  | 105    |

## AVANT-PROPOS

Pour permettre une lecture plus aisée du rapport sur le Commissariat à l'énergie atomique, la première partie est consacrée à un résumé évoquant les principaux chapitres mais faisant appel au minimum de chiffres de façon à en rendre la lecture plus rapide.

Le lecteur qui serait intéressé par certains sujets particuliers peut se reporter aux différents chapitres qui traitent de chacune de ces questions.

C'est au cours de la session d'octobre 1976 que la décision fut prise par la Commission des Finances du Sénat d'effectuer une mission d'information sur l'évolution du Commissariat à l'énergie atomique depuis sa création, c'est-à-dire depuis 1945, jusqu'à nos jours, sur sa contribution à l'évolution de la recherche fondamentale et sur ses réalisations civiles et militaires.

Le but de la mission se justifiait par l'importance des crédits dont dispose le Commissariat à l'énergie atomique et qui émanent de différentes sources (ce que nous appellerons les affluents), militaire ou civile, pour atteindre un budget global avoisinant 7 milliards (voir annexe n° 1). Il se justifiait aussi par l'évolution constatée depuis 1970 dans la diversification et les filiations du Commissariat à l'énergie atomique et le montant des participations du Commissariat dans ses filiales (ce que nous appellerons les effluents financiers).

Ce rapport a exigé la visite de plusieurs centres que nous énumérons. Ces visites effectuées en 1977 sont les suivantes :

- le 15 février, Saclay ;
- le 17 février, l'usine de retraitement de La Hague ;
- le 22 février, Grenoble, puis Cadarache ;
- les 23 et 24 février, Cadarache, Pierrelatte et Eurodif ;
- le 1<sup>er</sup> mars, Limeil ;
- le 2 mars, Fontenay-aux-Roses ;
- le 3 mars, le siège du C.E.A. avec l'examen du fonctionnement financier du centre et un essai de synthèse ;
- le 8 mars, Le Ripault ;
- et enfin du 15 au 23 mars, séjour en Polynésie dont quatre jours à Mururoa, à l'occasion du tir souterrain Nestor.

Nous tenons à cette occasion à remercier très vivement M. le Ministre des Armées Yvon Bourges, M. l'administrateur délégué Giraud ainsi que tous leurs collaborateurs des facilités qui ont été données à l'auteur du rapport pour procéder à des investigations. Une mention spéciale sera faite des trois accompagnateurs et mentors, le colonel Bellorgey pour les Armées et MM. Bruneau et Pelletier du Commissariat à l'énergie atomique.

Nous n'avons pas la prétention ridicule d'entrer dans des détails qui relèvent de la compétence de savants hautement qualifiés et de techniciens éprouvés et qui est malheureusement absente chez l'auteur de ce rapport.



Nous pensons cependant que dans une telle matière il n'est pas inutile que des personnes étrangères à un organisme de ce genre puissent examiner sans esprit partisan, sans complaisance comme sans dénigrement systématiques, le fonctionnement de ses diverses parties si distinctes les unes des autres et tenter d'en apercevoir à la fois les avantages et les inconvénients. Ceux qui, vivant constamment à l'intérieur même de cet univers scientifique et ont acquis une certaine accoutumance aux uns et aux autres, peuvent ainsi voir échapper de leur esprit des améliorations de structures ou de financement.

A ces visites se sont ajoutées des lectures d'ouvrages dont nous donnons la liste en annexe et auxquels nous nous sommes parfois référé ainsi que la consultation de très nombreux périodiques spécialisés dans ces questions.

Pour permettre au lecteur de prendre plus commodément connaissance des principaux points du rapport, une première partie sera consacrée à des observations résumées sur la politique nucléaire française. La deuxième partie permettra d'approfondir certaines de ces observations en examinant les différentes activités du Commissariat à l'énergie atomique.

## PREMIERE PARTIE

### OBSERVATIONS RÉSUMÉES SUR LA POLITIQUE NUCLEAIRE FRANÇAISE

#### I. — L'état d'esprit des chercheurs.

En dehors de l'accueil toujours chaleureux qui nous a été réservé dans toutes nos visites, nous tenons à mettre en relief l'enthousiasme et la foi avec lesquels les différents chercheurs qu'ils soient civils ou militaires et les différents techniciens travaillent au Commissariat à l'énergie atomique.

Il est particulièrement réconfortant, dans une période où la conscience professionnelle n'est pas monnaie courante, de constater à quel point chacun s'attache à un travail souvent décevant, quand les résultats ne sont pas immédiats, mais parfois exaltant.

#### II. — La coopération entre les chercheurs.

Alors que de très nombreux organismes existent pour s'occuper de recherche, et il n'est que de lire *Le Mal français* de M. Alain Peyrefitte pour s'en convaincre, nous avons constaté dans différents centres, et en particulier à Saclay et à Grenoble, la collaboration étroite établie entre les chercheurs émanant de ces différentes formations avec des stagiaires avec des professeurs d'universités, avec l'industrie et enfin, pour les recherches lourdes, avec des organismes émanant de l'Europe et même parfois de pays à structures sociales les plus diverses.

L'annexe n° 2 fournit sur ce point des renseignements encourageants.

### III. — Notre place dans le monde.

Si nous n'avons pu combler intégralement au point de vue militaire le retard pris initialement, il est réconfortant de constater que dans certaines autres disciplines nous avons réussi à nous maintenir dans le peloton de tête quand nous n'en prenons pas la première place. Il en est ainsi par exemple de la surrégénération, du retraitement des combustibles irradiés et, dans une certaine mesure, des recherches sur la fusion thermonucléaire contrôlée avec le Tokamak et sur les procédés d'enrichissement par diffusion gazeuse et maintenant par procédés chimiques.

Il en est de même pour des activités non nucléaires telles que le traitement des œuvres d'art pour la conservation de notre patrimoine artistique, pour l'informatique et ses composants ainsi que pour la biologie en étroite collaboration avec les milieux médicaux les plus évolués.

### IV. — Pourquoi le Commissariat à l'énergie atomique et pourquoi son évolution ?

L'ordonnance du 30 octobre 1945 (annexe n° 3) répondait certainement à une arrière-pensée militaire, à la suite de la première explosion nucléaire aux Etats-Unis et des réticences de la part de ce pays à nous fournir des renseignements nous permettant de réaliser nous-mêmes des engins d'application militaire (réf. *Les rivalités atomiques* de Bertrand Goldschmidt).

Le Parlement n'avait pas encore été reconstitué et l'ordonnance ne prévoyant que des contrôles financiers internes fournissait ainsi au Commissariat à l'énergie atomique des éléments d'une grande souplesse mais cette souplesse elle-même et cette autonomie de gestion incitaient le Parlement, dès sa création, à s'interroger sur les moyens de contrôler financièrement sinon techniquement les activités du Commissariat.

En fait, le Commissariat à l'énergie atomique était avant toute chose un organisme de recherches. Puis, au fur et à mesure de l'aboutissement de ces recherches dans le domaine militaire, il était aisé de s'apercevoir que des imbrications civiles s'ensuivraient

inévitablement et que, les problèmes énergétiques devenant chaque jour plus aigus, le Commissariat devrait s'y intéresser sur le plan technique.

Les problèmes prenant de l'ampleur, les dimensions financières devenant si importantes, il devint indispensable de s'assurer des liaisons avec des pays amis fournisseurs ou clients. Il devint également tentant de servir de conseil technique pour les premières réalisations de centrales productrices d'énergie électrique civile, que ce soit avec les filières de première génération, c'est-à-dire uranium naturel-graphite-gaz, ou celles de seconde génération, c'est-à-dire eau légère-uranium enrichi.

En fait, l'ordonnance de 1945 ne permettant pas cette extension, c'est un décret du 29 septembre 1970 (annexe n° 4) qui créa la diversification et permit par la suite de créer des filiales, ces filiales elles-mêmes procréant des sous-filiales.

Ici se place une observation essentielle. Quand le Commissariat à l'énergie atomique détient 100 % du capital de ses filiales comme tel est le cas pour la COGEMA qui suit tout le cycle du combustible depuis la mine jusqu'au retraitement en passant par la préparation de l'hexafluorure d'uranium, l'enrichissement et le stockage des déchets ; quand la C. I. S. I. qui s'occupe d'informatique et qui, en particulier, étudie et met au point un problème pour lequel la France a un retard certain, celui des composants électroniques, contrairement à ce qui se passe jusqu'à présent dans les entreprises nationalisées, la création de ces filiales permet à celles-ci de rentrer dans la catégorie des sociétés de droit français mais demeurant organismes publics, elles sont par conséquent dotées de commissaires du Gouvernement et, à notre avis, doivent relever du contrôle de la Cour des Comptes.

## V. — **Pouvons-nous nous passer du nucléaire civil ?**

A partir du moment où le Commissariat à l'énergie atomique, outil de recherche à l'origine, rentre dans le rôle de conseil et de coparticipant à l'emploi du nucléaire civil, la question mérite un certain développement et en particulier dans le domaine de la production d'électricité.

Nous avons entendu, ici et là, parler du tout nucléaire, ce qui est une absurdité. Il n'est pas plus question de produire toute l'électricité dont nous avons besoin par la voie nucléaire qu'il serait question de la produire en entier par la voie du charbon ou du pétrole.

Ce que nous pouvons affirmer, et les conférences Nord-Sud qui viennent de se tenir n'ont pas manqué de nous confirmer dans cette idée, c'est que notre indépendance énergétique peut être à tout moment menacée.

Le tableau suivant montre quel était en 1973, et nous regrettons de n'avoir pas des chiffres plus récents, le retard pris par la France sur d'autres pays industrialisés dans le domaine de la consommation d'électricité par tête :

Consommation d'électricité par tête en 1973 (kWh/habitant).

|                        |        |                       |       |
|------------------------|--------|-----------------------|-------|
| Norvège .....          | 17 055 | R. D. A. ....         | 4 604 |
| Canada .....           | 11 189 | Japon .....           | 4 324 |
| Islande .....          | 10 802 | Belgique .....        | 4 222 |
| Suède .....            | 9 686  | Porto-Rico .....      | 4 150 |
| Etats-Unis .....       | 9 322  | Tchécoslovaquie ..... | 3 965 |
| Finlande .....         | 6 210  | Autriche .....        | 3 957 |
| Nouvelle-Zélande ..... | 6 111  | Pays-Bas .....        | 3 816 |
| Bermudes .....         | 5 455  | Surinam .....         | 3 750 |
| Suisse .....           | 5 250  | U. R. S. S. ....      | 3 629 |
| Royaume-Uni .....      | 5 035  | Danemark .....        | 3 539 |
| R. F. A. ....          | 4 991  | Bahamas .....         | 3 523 |
| Australie .....        | 4 935  | France .....          | 3 273 |
| Koweït .....           | 4 643  |                       |       |

Source : World Energy Supplies, O. N. U.

En admettant pour 1985 des chiffres révisés tenant compte par conséquent de la crise énergétique de 1973, les besoins de la France en énergie primaire, c'est-à-dire en tonnes d'équivalent pétrole (T. E. P.) par habitant, s'accroîtraient de 24 % de 1973 à 1985 pendant que les besoins des Etats-Unis ne s'accroîtraient que de 22 % pour s'établir à 10,4 T. E. P., l'Allemagne fédérale s'accroissant de 37 % étant encore très supérieure à nous, le Japon passerait à 5 T. E. P. par habitant avec un accroissement de 79 % pendant que l'U. R. S. S. atteindrait environ 6 T. E. P. avec un accroissement de 53 %.

Dans le même temps, la consommation d'électricité par tête en kilowattheures par habitant et toujours avec les mêmes réserves concernant la crise énergétique passerait à 6 250 kWh en France avec un accroissement de 89 %, contre 16 070 aux Etats-Unis et 7 425 au Japon.

Ces hypothèses partent d'une croissance prévisionnelle de 3 % par an de la consommation totale d'énergie pour la décennie à venir et les chiffres malheureusement austères que nous venons de citer viennent de le démontrer.

En fait, il va nous falloir pendant huit à dix ans au moins, et malgré les économies que nous avons réussi à réaliser, installer 6 à 7 millions de T. E. P. par an, soit 27 à 30 millions de mégawatts-électriques.

Comment se procurer l'énergie primaire suffisante pour arriver à ce résultat ?

Première notion. Nous avons importé en 1976, et ce chiffre nous est fourni par l'excellent rapport émanant du groupe d'étude du Sénat sur l'énergie présidé par M. Pintat, 122,6 millions de tonnes de pétrole brut représentant une facture globale de 55,2 milliards de francs. Le prix du pétrole a été multiplié par cinq depuis la crise énergétique de 1973 ; il est payable en dollars ; les perspectives à moyenne échéance sont peu réjouissantes et l'échec de la Conférence Nord-Sud est là pour nous montrer que des pays relativement modérés dans leurs prétentions tels que l'Arabie Saoudite, qui nous a fourni 44 millions de tonnes, n'en envisagent pas moins une hausse de 5 % du prix au 1<sup>er</sup> juillet 1977, l'Iran nous fournit 14,6 millions de tonnes et les autres pays producteurs faisant partie de l'O. P. E. P. prendront plus tard une décision qui ne s'inscrira certes pas en baisse.

Nous sommes donc amenés, même avec l'Iran et l'Arabie Saoudite et *a fortiori* avec les autres pays, à conclure des accords de troc. Nous vendons de plus en plus à ces pays des usines clés en mains qui, étant donné les charges salariales de ces pays, nous fournissent ensuite des produits finis à des prix qui nous rendent chaque jour la concurrence plus difficile sur notre propre territoire ou chez nos clients.

Cela est également vrai pour les matières premières industrielles qui ne font pas l'objet de ce rapport mais qui n'en pèsent pas moins sur notre propre exportation, tout au moins à terme, et qui entretiennent chez nous un chômage qui sévit dans la plupart des pays industrialisés.

En résumé, nous dépendons, quoi qu'en disent les tenants d'une indépendance nationale, des pays producteurs de ces mêmes matières premières pour 70 % de ces matières, pétrole compris.

Pouvons-nous espérer trouver chez nous, c'est-à-dire sur notre sol, les moyens de substitution nous permettant de faire face à cette situation ?

Pour le charbon, nous sommes stabilisés aux environs de 30 millions de tonnes alors que la production atteignait il y a peu de temps encore 45 millions et la situation de nos gisements comme leur contexture est telle que nous ne pouvons envisager une augmentation notable de la production.

Pour le pétrole, nous savons par les sondages effectués sur terre en Métropole que peu d'espoir est à conserver. Quant à la production « off shore », nous en connaissons également pour l'instant les limites. Les sondages en mer d'Iroise avec une géologie prometteuse sont décevants, ceux dans le golfe de Gascogne ont été à leur tour générateurs de plus de déceptions que de satisfactions et ont dû être interrompus par suite des difficultés rencontrées avec les Centres d'essais des Landes tirant vers les Açores ; ils pourront probablement être repris mais sans beaucoup d'espoir.

Seule la mer du Nord avec une participation relativement peu importante de la France peut donner quelques espoirs.

Pour le gaz naturel, l'épuisement de la production de Lacq nous oblige à nous retourner vers des pays producteurs, que ce soit la Hollande avec le gaz naturel de la mer du Nord, que ce soit la Russie avec un transit par l'Iran et une réinjection de gaz naturel provenant de ce pays.

Des perspectives encore très floues semblent pouvoir se dégager de sondages effectués sur le plateau de Lannemezan mais pour l'instant nous n'avons encore aucune certitude précise à ce sujet et, de toute manière, il ne faut pas en attendre des miracles.

Quant aux énergies de substitution, énergie solaire par exemple, rappelons qu'avec les techniques actuelles des réalisations ponctuelles ont été mises au point mais que s'il fallait passer à des réalisations industrielles pour la production d'énergie électrique, il faudrait environ 60 kilomètres carrés de panneaux pour produire l'équivalent d'une usine de 1 000 mégawatts-électriques : unité la plus couramment envisagée à l'heure actuelle pour les centrales de production d'énergie électrique.

Les autres procédés d'utilisation de l'énergie solaire actuellement en cours d'étude sont encore au stade expérimental et si par exemple la conversion voltaïque du rayonnement en électricité

par des photopiles au silicium est techniquement au point et est utilisée à bord des satellites, le prix actuel est de l'ordre de 100 F par watt, ce qui, même en admettant que la construction industrielle permettrait d'abaisser à 25 F par watt le prix de ces photopiles, les rendrait pour l'instant totalement inaptes à produire de l'électricité à un prix convenable. Ce procédé qui serait techniquement le plus intéressant devrait voir son prix baisser d'au moins cinquante fois pour que nous puissions l'utiliser de façon industrielle.

La conversion du rayonnement solaire en électricité par un procédé thermo-dynamique peut être également envisagée mais reste, pour l'instant, d'une application très coûteuse, de l'ordre de 50 000 F par kilowatt avec des rendements de 3 % environ pour de petites unités. Cependant des fours solaires existent de cette manière et, pour des applications ponctuelles, il est certain que des difficultés techniques majeures ne sont pas à envisager.

La géothermie est utilisée depuis fort longtemps et l'emploi des eaux chaudes naturelles remonte à la plus haute antiquité. La géothermie basse énergie utilise l'eau chaude du sous-sol en pompant au moyen de forages, à des profondeurs qui peuvent se situer jusqu'à 2 000 mètres, des eaux dont la température est comprise entre 50 et 150 degrés.

La géothermie haute énergie permet la production directe d'électricité grâce à la production de vapeurs à haute température supérieure à 150 degrés.

Certaines roches chaudes et sèches se prêtent également à l'éventualité d'une production d'électricité par injection d'eau conduisant en quelque sorte à la géothermie artificielle et nous nous référons à l'excellent ouvrage de M. Lucien Thiriet sur l'énergie nucléaire pour parler de cette solution.

Mais cette dernière solution que nous voyons souvent évoquée dans les articles des journaux spécialisés dans les attaques contre l'énergie nucléaire présente à terme les mêmes inconvénients que l'énergie fossile car, en effet, les effets de pompage et de repompage continus arrivent à tarir les sources d'eau chaude dont on peut bénéficier.

De plus, là aussi, les prix de cette énergie sont extrêmement élevés et les zones reconnues ou supposées favorables en France ne couvrent qu'environ 10 % du territoire national.



L'énergie marée-motrice ne peut être envisagée en France que dans la baie du mont Saint-Michel avec un barrage dit des îles Chausey qui pourrait fournir à la France l'équivalent de 27 milliards de kilowattheures par an. Mais les études entreprises montrent que, outre le prix de ces ouvrages, les retombées écologiques pourraient être extrêmement néfastes tant au point de vue des climats que du cycle des marées surtout dans l'Ouest et le Cotentin. La réalisation de ce projet ne représenterait malgré tout que 3 % du bilan énergétique de 1985.

Nous ne parlerons que pour mémoire de l'énergie éolienne car nous ne sommes pas spécialement favorisés dans ce domaine à part dans la vallée du Rhône et encore pour les petites unités ; il s'agit là d'une énergie extrêmement fugace qu'il est impossible de stocker à des prix convenables dans l'état actuel de nos techniques.

Enfin, la fusion thermonucléaire contrôlée sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir quand nous parlerons du Tokomak et du J. E. T. (Joint European Torus) à Fontenay-aux-Roses et avec les projets en élaboration sur le plan européen. Il s'agit là certainement de la solution de l'avenir si on arrive à la mettre au point. Nous n'en sommes encore qu'à des balbutiements et nous ne pouvons guère compter sur elle avant quelques décennies.

Il est donc difficile de compter sur des énergies de substitution autrement que pour des effets marginaux dans un avenir assez lointain. Nous avons une période de transition à passer, période pendant laquelle nous pouvons nous interroger sur les ressources dont la planète peut disposer en matière d'énergie fossile. L'énergie primaire est très abondante dans l'ensemble de la planète, malheureusement, seuls quelques pays peuvent se permettre le luxe d'y avoir accès et encore ces pays sont-ils très réticents pour accroître outre mesure leur production, même dans ce domaine.

Le charbon par exemple est extrêmement abondant aux Etats-Unis mais les Etats-Unis ont jusqu'à présent eu l'habitude de n'exploiter que des gisements à ciel ouvert et les écologistes dont nous parlerons abondamment dans un chapitre suivant exigent la remise en état des sites après les exploitations, ce qui rend les problèmes quasi insolubles. L'exploitation des mines en sous-sol rencontre aux Etats-Unis, comme ailleurs, la répugnance des mineurs à travailler dans des endroits dangereux même lorsque

les gisements sont beaucoup moins tourmentés qu'en France, ce qui est le cas aux Etats-Unis, et présentent des couches beaucoup plus épaisses.

Les schistes bitumineux et les sables asphaltiques peuvent produire également des sources d'énergie très importantes mais là encore tout est question de prix et le traitement de ces gisements est très coûteux ce qui nous amène à indiquer que les pays producteurs de pétrole, quand ils prétendent que le brut n'est pas payé à son juste prix ce qui empêche les pays industrialisés d'utiliser leurs propres ressources devenues abondantes si le prix moyen de l'énergie était relevé, n'ont pas tout à fait tort.

Enfin, citons pour mémoire les recherches *off shore* qui pour l'instant se sont pratiquement limitées aux plateaux continentaux, à des profondeurs ne dépassant pas 150 à 200 mètres et qui maintenant commencent à voir leurs forages se développer à des profondeurs dépassant 1 000 mètres.

La France n'est pas en retard dans ce domaine puisque au large du Gabon elle atteint déjà ces profondeurs.

La Chine recèle certainement des ressources très importantes en pétrole ; elle a été modérément exportatrice et surtout dans le but de se procurer les devises lui permettant d'acheter des produits finis dont elle a besoin et qu'elle n'a pas la possibilité de réaliser sur son territoire. Mais il est bien évident que sa consommation d'énergie par tête d'habitant étant très faible actuellement ne peut manquer de s'accroître et qu'il en sera de même dans tous les pays en voie de développement quels qu'ils soient. Leur consommation d'énergie est parfois quasi nulle et ils ne vont pas manquer de vouloir accéder à plus de confort de toute sorte dans un avenir qui devient maintenant assez rapproché compte tenu de leur démographie galopante.

Toutes ces considérations nous amènent à penser et à affirmer sans crainte de nous tromper que l'uranium est actuellement la seule ressource possible pour passer le cap difficile nous séparant de la période à laquelle nous pourrions nous attaquer à des problèmes de production d'énergie pratiquement illimitée avec la fusion thermonucléaire contrôlée et avec la production d'hydrogène.

Une évaluation du potentiel en uranium du monde occidental avec une certaine classification par catégorie de prix et de certitude nous donne les résultats suivants : si nous ne dépassons pas

le prix de 15 dollars la livre, les ressources raisonnablement assurées seraient de 1 080 000 tonnes, les ressources complémentaires sont estimées à 1 million, soit au total 2 080 000 tonnes.

A un prix compris entre 15 et 30 dollars nous pouvons ajouter 730 milliers de tonnes de réserves assurées, 680 000 tonnes de réserves supplémentaires estimées, soit un total de 1 410 000 tonnes, ce qui nous donne pour un prix inférieur à 30 dollars la livre un total de 3 490 000 tonnes.

De plus, l'uranium présente l'avantage d'avoir une diversification géographique telle que la politique quelquefois chaotique de certains pays entre moins en jeu que pour d'autres productions fossiles et, par conséquent, risque moins d'obérer nos possibilités de production d'énergie secondaire.

Nous ajouterons enfin que nous possédons sur notre propre territoire des gisements qu'il convient d'exploiter avec précaution de telle manière que nous puissions faire appel dans un premier temps à des gisements situés sur des territoires amis et que nous exploitons en collaboration avec eux.

## VI. — Les oppositions et les craintes à l'égard de l'énergie nucléaire.

Les opposants sont avant tout les écologistes. Le phénomène écologique est de création relativement récente et nous devons rendre hommage à leurs sympathisants de bonne foi, et il y en a heureusement beaucoup, qui dénoncent avec vigueur les excès d'une industrialisation qui risque de mettre en péril la vie même de notre planète.

En revanche, nous estimons que les écologistes ne doivent pas se tromper de combat et doivent chercher à établir la hiérarchie des risques comme les hiérarchies des précautions.

Toute œuvre humaine comporte des risques et l'exploitation de l'énergie nucléaire ne fait pas exception.

Mais, à côté des risques engendrés par les usines de production chimique, à côté des risques créés par les explosions incontrôlées de pétrole puisé *off shore* et qui peuvent détruire toute la

faune et toute la flore d'océans entiers absolument indispensables à toute vie humaine sur la planète, nous pensons que l'énergie nucléaire est encore mieux placée que les autres pour éviter ces dangers.

Récemment, la décision aurait été prise par E.D.F. de construire à nouveau des centrales classiques devant le retard pris par la construction des centrales nucléaires du fait précisément de l'opposition écologique.

Qui s'est inquiété de dire que trois centrales de 1 000 mégawatts — ce qui est peu de chose — représentent avec certitude la perte d'une vie humaine et des ennuis de santé extrêmement graves pour plusieurs centaines d'individus si ce sont des centrales au charbon ?

Les gisements actuels français, comme les gisements britanniques, comme même les gisements allemands sont tels que ces accidents sont quasi inévitables et que, par exemple, certaines mines poussiéreuses techniquement protégées amènent toujours des cas nombreux de silicose et d'autres qui ne sont pas ou sont mal protégées (et les Anglais en ont fait l'expérience) n'en entraînent pas et personne jusqu'à présent n'a été capable de fournir une explication plausible à ce phénomène.

De même, sait-on qu'une centrale de 1 000 mégawatts électriques au charbon déverse dans l'atmosphère 400 fois plus de radioactivité qu'une centrale nucléaire de même importance ? De même sait-on encore qu'une centrale au fuel déverse par an dans l'atmosphère 75 000 tonnes de produits sulfureux dont l'effet sur la santé et sur l'environnement de même que sur l'atmosphère de la planète est absolument désastreux ? Et que dire du déversement de gaz carbonique qui, par effet de confinement atmosphérique, risque d'entraîner la fonte partielle des calottes glaciaires ?

Tout cela les écologistes de bonne foi devraient le dire.

Ce n'est pas parce que des signatures nombreuses émanant de savants qui parfois sont issus de disciplines n'ayant rien à voir avec le nucléaire sont produites qu'il faut s'élever contre la construction de ces centrales nucléaires et que nous pouvons nous payer le luxe d'y renoncer.

Il faudrait en même temps indiquer que nous priver totalement ou partiellement d'électricité, signifierait le retour pour l'agricul-

ture aux bœufs de labour, la régression de la seule industrie florissante en France qui est l'automobile et pour les ménages le retour aux bougies dont heureusement nous avons perdu l'habitude.

Il existe actuellement dans le monde 64 unités nucléaires en service d'une puissance de 45 000 mégawatts, 91 en construction d'une puissance de 96 000 mégawatts et 65 en commande ferme d'une puissance de 75 000 mégawatts, soit au total 220 de 216 000 mégawatts.

Pour ne parler que de celles en service, aucun incident sérieux n'a mis en danger la vie ou la santé de ceux qui en avaient été victimes.

Cela ne veut certes pas dire qu'il n'y ait pas de risques mais nous avons cherché à cerner les raisons pour lesquelles ces risques qui existent ici comme partout, n'avaient pas entraîné plus d'inconvénients graves.

Nous en voyons la raison dans le fait que l'énergie classique, qu'elle soit primaire au secondaire, est rentrée peu à peu dans les mœurs et au fur et à mesure qu'elle s'est sophistiquée et qu'elle a entraîné plus d'inconvénients, le phénomène d'accoutumance jouant, les esprits ne se sont pas offusqués des incidents ou accidents. La presse qui, volontiers, relate avec complaisance comme le font les moyens audiovisuels les moindres incidents survenus dans les centrales nucléaires, minimise, même sans intention malveillante, des accidents parfois graves survenant dans les industries utilisant une énergie classique. Sait-on par exemple que, récemment, une explosion de grisou a fait quarante-deux morts dans une mine d'un pays d'Europe de l'Est ? Malgré le secret traditionnel, des informations ont immédiatement filtré à l'Ouest sans aucun écho.

L'énergie nucléaire présentant un certain caractère mystérieux du fait que ses effets nocifs ne sont pas immédiatement perceptibles par les sens, sauf quand il s'agit d'explosion militaire, les techniciens qui sont chargés de mettre au point les centres de production sont amenés à prendre des précautions qu'ils n'auraient peut-être pas prises autrement et qui sont destinées à les protéger eux-même comme les populations environnantes.

Et en ce sens aussi, les écologistes de bonne foi nous ont rendu service en obligeant les producteurs d'énergie nucléaire à optimiser ces précautions, fût-ce au dépens du prix de revient.

Cela étant dit, quelles sont les nuisances que nous pouvons, à juste titre, craindre ?

Et tout d'abord, les déchets. Ils se présentent sous des formes diverses et nous renvoyons à ce sujet à la partie de notre rapport concernant la visite de La Hague.

Ce que nous pouvons dire dans ce résumé introductif, c'est qu'ils posent tout d'abord le problème du transport jusqu'à l'usine de retraitement soit par la route, soit par fer et que, jusqu'à présent, les précautions prises ont évité malgré des incidents survenus à des camions chargés de matières radio-actives d'entraîner des suites notables.

Ces déchets, une fois retraités, sont soit réutilisés et il peut en être ainsi de l'uranium ou du plutonium, soit dégradés ou transmutés, soit stockés sous forme liquide ou sous forme solide ou encore sous forme vitrifiée.

Nous renvoyons à ce sujet à la partie de ce rapport consacré à l'atelier de vitrification de Marcoule et au projet de La Hague. Enfin, et c'est une solution qui peut-être sera envisagée dans un avenir très lointain quand la quantité sera importante, envoyés vers une planète inerte ou vers le soleil.

Signalons à ce propos que le stockage sous forme vitrifiée permet de réduire de 10 à 1 le volume à stocker et que la production totale actuelle des centrales nucléaires en France en matière de déchets de haute radio-activité pourrait tenir dans une piscine olympique et cela pour une production annuelle.

Seconde catégorie de nuisances, la radio-activité des centrales nucléaires. Les écologistes de mauvaise foi, et il y en a malheureusement beaucoup aussi, affirment qu'une centrale nucléaire peut exploser. Il n'en est heureusement rien.

En effet, la criticité nécessaire, même si elle pouvait théoriquement être atteinte sans que les barres de contrôle fonctionnent, ne causerait pas d'explosion du fait que des bouffées de neutrons sont nécessaires pour amorcer la réaction en chaîne qui fournit l'explosion nucléaire et que l'uranium utilisé ne contient que 3 % d'uranium 235 fissile.

C'est faire preuve de la mauvaise foi la plus évidente que de nier cette vérité technique élémentaire.

Il en est de même des surrégénérateurs et nous voudrions, là, évoquer en passant et en renvoyant à la partie du rapport qui traite de cette question pour des détails plus importants, la nécessité d'avoir recours à la surrégénération et au retraitement.

L'uranium, comme tout combustible fossile, n'est pas inépuisable et nous ignorons le délai dans lequel nous pourrions avoir recours à la fusion thermo-nucléaire contrôlée ; nous ignorons également le délai dans lequel nous pourrions produire de l'hydrogène à partir de moyens qui ne sont pas encore à notre disposition.

Or, la surrégénération multiplie par 50 au minimum, pouvant aller jusqu'à 80, le rendement des centrales nucléaires qu'elles soient à uranium naturel ou à uranium enrichi et eau légère.

Nous avons la chance de nous trouver dans le peloton de tête des nations qui ont mis au point ce procédé et il ne devrait pas être question pour nous d'y renoncer, même sous la pression américaine qui certainement n'est pas exempte d'arrière-pensées commerciales.

Nous ajoutons que, là aussi, tout risque d'explosion est à écarter de nos esprits. Les réacteurs surrégénérateurs refroidis au sodium liquide fonctionnent sans pression et les incidents qui ont pu se produire en particulier à Marcoule ont démontré qu'ils étaient à la fois sans gravité, qu'ils pouvaient être aisément maîtrisés et ils ont fourni ainsi un test plus valable que les calculs sur la fiabilité de ce genre de réacteurs.

Une autre source de nuisances qui n'est pas toujours mise en avant est le choix des sites. Les centrales nucléaires exigent de l'eau de refroidissement puisée soit dans des fleuves, soit au bord de mer mais très souvent dans des sites assez éloignés des centres de consommation. Le transport de l'énergie depuis ces centres de production jusqu'aux centres de consommation exige des faisceaux de câbles et de poteaux dont le moins que l'on puisse dire est que l'esthétique n'est pas leur vertu dominante et qui, par surcroît, causent dans les forêts traversées des trouées qui devraient inquiéter à juste titre, non seulement les écologistes, mais tous les amoureux de la nature.

Nous sommes de ceux qui pensons et nous renvoyons à notre conclusion, que si Electricité de France consentait des tarifs dégressifs tenant compte de l'éloignement des centres de production,

elle contribuerait ainsi à une décentralisation industrielle que toutes les mesures prises jusqu'à présent n'ont pas réussi à réaliser malgré des efforts financiers importants.

Autre source de nuisances, les eaux de rejet. Ces eaux, dans les centrales à uranium naturel, graphite gaz ou dans les centrales à uranium enrichi à 3 % et à eau légère, ont une température qui ne les rend pas propres à des utilisations rationnelles telle que par exemple le chauffage urbain. En revanche, ces températures de l'ordre de 30 degrés inquiètent les pêcheurs de toute nature, alors que les écarts qui sont soigneusement contrôlés restent de l'ordre de ceux entraînés par les écarts de température extérieure eux-mêmes.

Nous avons pu constater l'abondance du poisson aux environs des eaux de rejet des usines de production de Chinon et de Saint-Laurent-des-Eaux et l'attire pour les pêcheurs de ces endroits privilégiés. Quant aux eaux de mer et l'influence sur l'ostréiculture en particulier, elle est négligeable dans un rayon de quelques centaines de mètres, eu égard aux courants et aux variations naturelles.

Enfin des essais sont actuellement en cours et donnent des résultats satisfaisants pour l'utilisation de ces eaux pour le chauffage de serres et de cultures maraîchères à haut rendement.

Des études sont en cours pour élever la température de ces eaux par pompes de chaleur ou pour utiliser des groupes mixtes de production d'électricité soit à sous-tirage, soit à contre-pression. Ces études donnent dès maintenant des résultats qui ne sont pas nuls. Là aussi tout est question de prix et de rendement mais nous ne doutons pas qu'elles aboutissent dans un temps relativement court

Enfin, si la température produite par les centrales actuellement utilisées n'est qu'à 300 ou 330 degrés, ce qui constitue un handicap même pour les constructeurs de turbo-alternateurs, il n'en est pas de même pour les surrégénérateurs ou pour les réacteurs à haute température.

Pour les premiers, la température atteinte serait de l'ordre de 600 degrés, température analogue à celle produite dans des centres de production classique ; pour les seconds, les températures pourraient atteindre des niveaux tels que la production d'hydrogène en serait certainement facilitée.



En résumé et pour clore ce chapitre très important, nous pouvons dire qu'il nous est absolument impossible de passer un cap très difficile concernant l'énergie primaire ou transformée en énergie électrique sans avoir recours à l'énergie nucléaire.

En second lieu, que des risques existent avec le nucléaire et qu'il faut être extrêmement attentif aux précautions que nous énumérons dans la suite de ce rapport et qui ont été en particulier étudiées à La Hague comme à Marcoule. La prévention des incidents est étudiée avec les trois réacteurs générateurs spontanés d'incidents installés à Cadarache : Cabri, Scarabée et Phébus qui reproduisent les inconvénients les plus spectaculaires et les incidents les plus graves que l'on peut raisonnablement prévoir.

De même, avons-nous pris connaissance avec beaucoup d'intérêt du rapport Rasmussen aux Etats-Unis dont l'étude sur les probabilités d'incidents comparés entre les diverses origines qui malheureusement accompagnent nos activités humaines nous fournit la hiérarchie de certains risques.

Et nous voudrions à ce sujet citer M. Gabriel Taïx qui s'est toujours intéressé d'une façon très vive à tous les problèmes énergétiques pour préciser que, même dans son livre intitulé *Aux Portes de l'enfer atomique*, s'il prend partie vigoureusement contre les explosions nucléaires militaires, il défend avec non moins de vigueur l'emploi de l'énergie nucléaire à titre civil.

## VII. — Le problème de la prolifération des armes nucléaires.

A la suite de la vigoureuse campagne lancée par le nouveau Président des Etats-Unis, M. Jimmy Carter, contre à la fois la prolifération des centrales nucléaires pouvant entraîner à ses yeux la prolifération des engins militaires; contre la surrégénération et contre le retraitement, nous renvoyons au chapitre qui traite de cette question et que nous pouvons résumer.

A l'heure actuelle et avec des procédés que nous ne dirons pas artisanaux mais presque; n'importe quel Etat faisant un sacrifice financier à sa portée peut se permettre de construire une bombe atomique ou deux bombes atomiques en partant de procédés d'enrichissement de l'uranium tels que l'ultracentrifugation, les tuyères ou des procédés électromagnétiques.

Nous ajoutons qu'il suffit pour cela que les Etats concernés se procurent deux ou trois techniciens avertis et, si tout cela ne suffit pas pour construire des usines entières de production d'électricité, la séparation isotopique permet de concentrer suffisamment d'uranium 235 fissile ou à la rigueur du plutonium pour atteindre les masses critiques nécessaires à une réaction en chaîne.

### VIII. — Quelques critiques.

Chaque organisme d'une envergure comparable à celle du Commissariat à l'énergie atomique donne lieu fatalement à quelques remarques critiques.

Celles que nous allons faire ici, sans être péjoratives, méritent peut-être quelque attention.

A. — La recherche fondamentale exige la coexistence d'éléments jeunes à côté d'éléments ayant acquis l'expérience mais qui ont sensiblement vieilli.

La moyenne des âges à Saclay par exemple est de l'ordre de quarante-deux ans et si nous avons noté avec satisfaction les efforts qui sont faits pour amener des stagiaires et des jeunes issus des centres de recherches divers à s'intéresser à la recherche fondamentale à Saclay, il n'en est pas moins vrai qu'un effort est à poursuivre dans ce sens si nous ne voulons pas voir se scléroser peu à peu les différents centres que nous avons visités.

B. — Au moment où l'opinion générale du monde s'inquiète à tort ou à raison de la prolifération des centrales nucléaires, où les économies d'énergie et les énergies de substitution sont de plus en plus exigées, nous trouvons que la part consacrée par le Commissariat à l'énergie atomique à l'étude de ces énergies de substitution est trop faible par rapport à l'ensemble. A partir du moment où la diversification a été décidée, il serait peut-être important d'accroître la partie du budget consacrée à ces recherches.

C. — Nous avons noté avec un certain intérêt les efforts qui sont faits depuis quelque temps pour mieux informer l'opinion publique. Mais nous avons l'impression que bien des critiques pourraient être annihilées par une information moins technique

s'adressant à une opinion publique moins orientée vers ces problèmes. Il conviendrait alors d'adopter un langage plus familier touchant des couches de population jusqu'à présent imperméable au jargon nucléaire.

C'est une œuvre difficile et nous avons pu le constater même dans les régions. Il n'en est pas moins vrai qu'elle est indispensable si nous ne voulons pas voir anéantis les efforts déjà faits et voir rejeter les projets en cours.

D. — Dans notre conclusion, nous citons quelques-unes des réflexions un peu ahurissantes qui sont venues à nos oreilles et qui montrent à quel point l'opinion publique est mal éclairée.

Il en est ainsi en particulier pour les réalisations de pointe tels que les réacteurs surrégénérateurs et les dangers d'explosion ainsi que le traitement des déchets.

Une observation générale qui nous a d'ailleurs été suggérée quelque peu par le livre de M. Alain Peyrefitte, *Le Mal français*, c'est la prolifération des organismes de recherche en France, prolifération qui serait bénéfique s'il ne s'agissait que de stimuler l'émulation mais qui peut être financièrement dangereuse en multipliant des outils de recherche extrêmement coûteux devenant mal utilisés.

Nous avons constaté avec plaisir que tel était le sens des efforts faits tant à Saclay qu'à Grenoble, par exemple, et même dans une certaine mesure à Fontenay-aux-Roses mais nous pensons qu'il reste beaucoup à accomplir dans ce domaine.

E. — Il est inévitable que dans des centres de production d'énergie nucléaire ou dans des centres de recherche nucléaire des incidents puissent se produire et il en est ainsi dans toutes les industries. Il est indispensable qu'une information immédiate soit fournie et que la nature comme les résultats des incidents soient portés à la connaissance du public avec si possible et nous avons pu en faire le constat à La Hague, les résultats des analyses faites sur les personnes qui ont pu subir une irradiation momentanée et de caractère mineur.

F. — Nous souhaiterions que le site de Cadarache soit mieux utilisé. Un projet existe pour le transfert du Tokomak de Fontenay-aux-Roses à Cadarache. Nous pensons que le plus tôt sera le

mieux. Le centre de Fontenay-aux-Roses est évidemment agréable par sa proximité de Paris mais l'urbanisme qui s'est développé tout autour ne facilite pas la compréhension du public pour les recherches qui y sont faites.

G. — Des précautions spéciales doivent être prises dans des centres névralgiques comme La Hague qui appellent le plus l'attention du public. Ainsi seraient ramenés à leur vraie dimension des incidents mineurs mais qui sont, volontairement ou non, grossis par la presse et par les media audio visuels. Par exemple à La Hague il nous apparaît qu'il faudrait avoir davantage recours à des robots ou, à tout le moins, prendre des précautions plus sérieuses quant aux boîtes à gants qui ont pu présenter des défauts décelés un peu tardivement.

H. — Enfin, et c'est là une réflexion qui nous apparaît essentielle, il est anormal de vendre de l'uranium avec des contrats de longue durée, alors qu'il s'agit d'un combustible fossile qui par conséquent n'est pas inépuisable et dont le prix ne cesse d'augmenter et qui a d'autre part un gros avantage sur le pétrole, c'est qu'il est plus facile à stocker.

Or, sous une influence que nous n'avons pu déterminer, plus de 20 000 tonnes d'uranium ont été ainsi cédées avec des contrats à long terme basés sur des prix qui à l'origine n'avaient pas été prévus comme devant subir une évolution parallèle à l'évolution générale.

Si certains de nos acheteurs ont été compréhensifs et ont bien voulu se prêter à une certaine augmentation de leur prix d'achat, nous n'avons pas moins des difficultés contentieuses avec d'autres et notre position n'est pas très facile à défendre.

## DEUXIEME PARTIE

# L'EVOLUTION DE LA STRUCTURE ET DES ACTIVITES DU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET LES PROBLEMES POSES PAR L'UTILISATION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

### I. — Architecture générale du groupe C. E. A.

Elle consiste en une décentralisation en cellules fonctionnant dans un cadre approprié aux objectifs poursuivis. Bien entendu, une coordination doit intervenir et la politique générale est établie au point central en conformité avec les instructions du Gouvernement.

Dans chaque cellule, chacun des rouages de commandement reste léger et doit fonctionner avec un minimum de bureaucratie et de réunions.

Signalons en passant que si les définitions de la politique générale sont effectuées bien entendu *a priori*, le contrôle interne ne s'effectue qu'*a posteriori*.

L'existence du groupe résulte des prises de participation que nous évoquerons plus loin et qui ont été autorisées par le décret du 29 septembre 1970 et les textes associés. Notons qu'existent trois ensembles principaux : l'ensemble correspondant aux anciennes activités de recherche civile, c'est-à-dire l'Institut de recherches fondamentales (I. R. F.), l'Institut de protection et de sûreté nucléaires (I. P. S. N.), ainsi que des unités opérationnelles de recherche et de développement dont les sigles cachent la signification exacte :

— la Division d'étude et de développement des réacteurs (D. E. D. R.) ;

— la Division chimie (D. Ch.) ;

— le Département de transfert et de conversion d'énergie (D. T. C. E.) ;

— le Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information (L. E. T. I.) ;

— le Département des radio-éléments (D. R. E.) ;

— la Division de métallurgie et d'étude des combustibles nucléaires (D. M. E. C. N.) ;

— la Direction des applications militaires (D. A. M.) qui prend en réalité et nous l'avons constaté sur place la direction des opérations au moment des tirs en Polynésie

Nous ne voulons pas mentionner dans cette nomenclature les unités administratives qui n'ont pour fonction que la gestion de certains personnels affectés aux filiales.

La structure centrale du groupe est composée du Comité de l'énergie atomique dont le président est le Ministre de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat, l'administrateur général devenant le directeur général du groupe assisté de l'adjoint à l'administrateur général qui joue le rôle de directeur général adjoint ;

Le Haut-Commissaire assure la supervision scientifique d'ensemble des activités du groupe. Il suit plus particulièrement l'activité de l'Institut de recherches fondamentales dont il approuve les programmes, la structure de la réglementation et du contrôle. La sécurité du groupe lui est également rattachée.

Dans cette fonction essentielle il est assisté par un délégué central sécurité et par une inspection générale de sécurité.

Le directeur des Applications militaires assiste l'administrateur général pour l'exercice de la mission du C. E. A. dans le domaine de la Défense nationale.

Le délégué aux Matières nucléaires assiste l'administrateur général pour l'exercice de la mission du C. E. A. dans le domaine de l'approvisionnement en matières nucléaires et dans cette particularité il assume la responsabilité des programmes financés par le C. E. A. Il suit l'activité de la COGEMA, la plus importante des filiales du Commissariat à l'énergie atomique et il contrôle également l'activité des autres filiales.

Le délégué aux Applications industrielles nucléaires assiste l'administrateur général pour l'exercice des missions du C. E. A. dans le domaine des applications industrielles nucléaires et il suit l'activité des filiales ou des sociétés dont le Commissariat à l'énergie atomique détient une participation.

Le délégué à la Diversification assiste l'administrateur général pour la définition et le contrôle des activités du C. E. A. hors du secteur nucléaire et celui de la recherche fondamentale. Dans ce particularisme qui lui est propre nous insisterons dans notre conclusion sur les exigences entraînées par les études des productions marginales auxquelles nous avons fait allusion dans notre préambule.

Le délégué central « Sécurité » assiste l'administrateur général et le Haut-Commissaire pour l'exercice des missions du Commissariat à l'énergie atomique dans le domaine de la sûreté et de la protection des personnes et des biens.

Le directeur financier du groupe est responsable des affaires financières du C. E. A. et du contrôle de la situation et de la politique financière des filiales. Il est assisté d'un adjoint et il dispose d'un service de contrôle financier des filiales et participations.

Le directeur des Relations internationales assure la cohérence des relations internationales du groupe dans le respect des orientations fixées par le directeur général et bien entendu par le Gouvernement. Il suit en particulier les activités de SOFRATOME.

Le secrétaire général du groupe veille au fonctionnement de la structure du groupe, suit les relations sociales, les relations publiques, les affaires juridiques, les affaires administratives et les affaires techniques non spécialisées du groupe.

Le chef du département des Affaires juridiques est chargé des relations juridiques entre le C. E. A. et ses filiales et veille particulièrement à l'homogénéité et à la qualité des positions juridiques et contractuelles du groupe en assurant l'élaboration des accords ayant une portée au niveau du groupe.

Le directeur des Relations sociales (D. R. S.) propose la politique des relations sociales du groupe et veille à sa mise en œuvre. Il contrôle l'application des dispositions communes à l'en-

semble du groupe en matière de personnel. Ce qui nous paraît important, c'est qu'il intervient également dans certaines décisions de gestion du personnel au sein des filiales contrôlées par le C. E. A.

Le chef du département des Relations publiques assure la cohérence des relations publiques du C. E. A. et de ses filiales chaque fois que l'activité d'une filiale envisage une action de relation publique qui importe à l'image de marque du groupe.

Enfin le directeur des Programmes et de la planification du groupe (D. P. P. G.) assure la vue d'ensemble technique et économique sur les programmes du C. E. A., les activités et filiales.

Le chef de l'Inspection générale, assisté en tant que de besoin par des inspecteurs généraux spécialisés, veille au bon fonctionnement du contrôle des matières nucléaires et suit en permanence, par l'intermédiaire de l'un de ces inspecteurs généraux, la situation et l'information du personnel et des milieux extérieurs sur le C. E. A. et ses activités et nous aurons l'occasion dans notre conclusion de revenir sur ce point essentiel.

L'un des inspecteurs généraux est chargé de suivre en permanence l'action d'innovation permettant de mettre les compétences et les technologies spécifiques du C. E. A. au service de la communauté nationale. Il établit les liaisons avec les administrations responsables et veille à rechercher les possibilités d'intervention des unités du C. E. A.

Les relations entre le C. E. A. et l'une des filiales appartiennent à l'un des deux types suivants : d'une part des relations contractuelles qui couvrent en particulier les conditions de recours par les filiales aux services du C. E. A. ou à ceux d'une autre filiale ; d'autre part, des relations d'autorité qui ne peuvent s'exercer qu'à travers les instances de la filiale avec toutefois une conception originale. Le conseil d'administration de chacune de ces filiales assure fatalement le relais entre le C. E. A. et les décisions prises par les filiales. Dans le cas où le responsable d'une filiale exerce son mandat par désignation du C. E. A. il peut être entièrement rémunéré par la filiale mais cependant est astreint à recevoir des instructions de l'administrateur général. Un des délégués ou un chargé de mission assiste l'administrateur général pour l'application des techniques industrielles de chaque filiale et pour la surveillance de chaque



participation de ce point de vue. Celui-ci inclus le contrôle de conformité de la politique conduite par la filiale si celle-ci appartient au secteur nucléaire.

Pour les activités non nucléaires, les filiales doivent se conformer à de simples critères de réussite industrielle, la responsabilité première de la politique se situant au niveau de la filiale.

Sur le plan général, la politique du groupe est arrêtée et contrôlée par le Comité de l'énergie atomique, dont les délibérations sont préparées par le Comité financier, le Comité mixte Armées-C. E. A., les réunions préparatoires internes au Ministère de l'Industrie, la Commission Peon et le Comité des Mines.

Sur le plan scientifique, la politique du groupe est définie par le Conseil scientifique du C. E. A., le Conseil scientifique de l'Institut de recherches fondamentales, tous deux présidés par le Haut-Commissaire, et par des comités spécialisés.

Sur le plan technique et administratif, les réunions du Conseil de direction du groupe ont lieu en principe deux fois par mois sous la présidence de l'administrateur général, le Haut-Commissaire y assistant de droit.

Sur le plan social, les décisions d'applications communes à l'ensemble du groupe sont arrêtées et étudiées soit au Conseil de direction, soit en réunions spécialement convoquées à l'initiative du directeur des Relations sociales du groupe. La concertation du personnel sur les affaires du groupe s'effectue au sein de la Commission de groupe qui comporte des représentants du personnel et des directions des principales filiales du groupe.

Cette Commission n'a pas qualité pour traiter de questions qui sont du ressort des instances propres aux différentes structures juridiques du groupe. Le directeur des Relations sociales assure la préparation et l'exploitation des travaux de cette commission.

Une structure étoffée de coordination du groupe assurant en particulier les relations avec des organismes tels que l'EURATOM et l'activité de SOFRATOME, les relations industrielles nucléaires, les interventions de diversification à l'étranger, les relations avec les administrations, a été créée. L'organigramme joint (voir annexes n<sup>os</sup> 5 et 6) indique de façon précise quel est le contexte et les structures du Commissariat à l'énergie atomique.

Dans une récente conférence, M. Giraud, administrateur délégué général, évoquait les grandes étapes de l'évolution du Commissariat à l'énergie atomique de 1945 à 1977 et il distinguait quatre grandes périodes : celle allant de 1945 au début des années 1950 pour la mise en place des premières infrastructures ; la seconde allant de 1952 à 1957 dans un plan quinquennal dominé par l'élaboration de programmes militaires en même temps que le développement de recherche fondamentale ; la troisième débutant en 1960 et qui préfigure l'âge industriel du Commissariat à l'énergie atomique.

L'équipement lourd du C. E. A. se poursuit dit M. Giraud : la direction des Applications militaires continue à bénéficier d'une priorité, mais c'est surtout l'énergie nucléaire alors en mutation profonde qui occupe une grande partie de l'activité du C. E. A. avec les travaux sur les filières à neutrons rapides, filières à eau avec le prototype à terre d'un appareil propulsif de sous-marins et enfin l'étude de filières dites américaines soit à eau bouillante, soit à eau pressurisée avec utilisation d'uranium légèrement enrichi. La quatrième période débute en 1970 où le C. E. A. se voit reconnaître le droit de prolonger son activité hors du domaine initial de ses compétences vers des activités de revalorisation.

Sur le plan technique, nous n'avons rien à reprendre à cette classification des différentes périodes de la vie du C. E. A., mais pour nous, dont les soucis sont d'ordre financier et d'ordre législatif, la diversification et les filiations donnaient l'impression d'entraîner une perte de contrôle de plus en plus importante pour le Parlement qui pourtant en était jusqu'à présent démuné. En effet, nous savons que l'ordonnance même de création du C. E. A. le fait échapper à ces contrôles, mais les filiations posent sur ce point de tout autres problèmes financiers et humains. Il nous faut les analyser et en tirer les conséquences, qu'elles nous apparaissent bienfaites ou au contraire opposées à la doctrine permanente de notre Commission des Finances. C'est la raison pour laquelle en fait deux périodes seulement nous paraissent essentielles : l'ordonnance d'octobre 1945 et le décret du 29 septembre 1970 (annexes n<sup>os</sup> 3 et 4).

Le Commissariat à l'énergie atomique a maintenant près de vingt-deux ans d'existence. Créé par une ordonnance du 30 octobre 1945 signée du général de Gaulle, il est *a priori* évident que des arrières-pensées militaires, encore à l'état d'ébauche en France, n'étaient pas absentes de l'idée de cette création.

Une bombe au plutonium 239 avait été lancée aux Etats-Unis à Alamogordo le 16 juillet 1945 et il est certain que les réticences déjà observées des Etats-Unis à fournir à leurs alliés des renseignements permettant également à ceux-ci et en particulier à la France de fabriquer elle-même des bombes nucléaires n'étaient pas étrangères aux réactions du général de Gaulle.

Le livre de M. Bertrand Goldschmit, *Les Rivalités atomiques*, concernant les démêlés des équipes européennes travaillant à l'époque aux Etats-Unis avec les dirigeants techniques et politiques de ce pays, donne un aspect saisissant de la continuité de l'effort des U. S. A. pour acquérir et maintenir dans un premier temps leur suprématie totale dans le domaine des armes nucléaires et maintenant leur répugnance à admettre que certains de leurs partenaires occidentaux réalisent une avance dans le domaine plus particulier de la surrégénération ou du retraitement des combustibles irradiés.

En fait, la création du Commissariat à l'énergie atomique était une œuvre originale permettant de mettre sur pied un organisme assez souple pour pouvoir s'adapter aux différentes contraintes imposées par le Gouvernement, avec une autonomie quasi totale, sans contrôle financier d'assemblées parlementaires qui n'existaient pas encore à l'époque, sans contrôle technique dont les responsables ne pouvaient être désignés, faute de cadres suffisants, que parmi quelques physiciens déjà rompus à ces recherches.

Nous rappelons pour mémoire que les objectifs, s'ils étaient très vaguement définis, n'en comportaient pas moins des limites étroites et que, par conséquent, il adviendrait un jour où le Commissariat à l'énergie atomique serait amené à déborder du cadre qui lui avait été fixé ou au contraire à décliner faute de pouvoir élargir ses moyens d'action et ses résultats.

C'est sous l'impulsion de M. et Mme Joliot-Curie, puis de M. Francis Perrin, que la première dimension, au début bien modeste, devait être donnée à un centre dont le siège se situait au fort de Fontenay-aux-Roses.

Très vite les limites de cette ordonnance apparurent. Il est difficile en effet, sinon impossible, de fixer des frontières étroites à la recherche fondamentale et cette recherche risquait ainsi d'être remise en question alors que le Parlement, entre-temps, s'était constitué et que l'on envisageait d'aborder des applications civiles issues des premiers résultats.

A notre avis, une erreur initiale fut commise par l'ordonnance de 1945. En effet, les termes en étaient trop vagues pour que les facilités souhaitées par le Gouvernement de l'époque puissent être utilisées de façon satisfaisante soit en deçà, soit au-delà de leurs limites.

De plus, toujours à notre avis, il eût mieux valu, mais les réticences psychologiques de l'opinion publique ne s'étaient pas encore manifestées avec éclat, éviter le terme de nucléaire. Cette opinion publique traumatisée par les effets des bombes d'Hiroshima et de Nagasaki réagissait en effet de façon épidermique mais avec de plus en plus de brutalité chaque fois que le terme nucléaire était prononcé et qu'apparaissait en filigrane le spectre d'Hiroshima.

Si, dès l'origine, le mot recherche avait été substitué au mot nucléaire, probablement certaines des réactions que nous enregistrons aujourd'hui eussent été moins vives.

Quoi qu'il en soit, la période que nous dirons politique qui avait débuté en 1945 fit place à la nécessité, en 1970, de recourir à un décret qui étendait de façon très exhaustive les prérogatives du Commissariat à l'énergie atomique.

Le texte qui le régit lui permet maintenant non seulement de poursuivre des recherches appliquées, mais également de se livrer à des études n'ayant avec l'atome ou le nucléaire qu'une parenté peu évidente.

Nous placerons ici une première observation. *Depuis vingt-deux ans, les effectifs du Commissariat à l'énergie atomique n'ont cessé de décroître légèrement mais également de vieillir.* Or la recherche fondamentale comme la recherche appliquée exigent des éléments jeunes, créateurs et simplement guidés et encadrés par des éléments ayant acquis au cours des années une expérience suffisante.

Le Commissariat à l'énergie atomique, en admettant dans son sein des stagiaires dont une partie des frais seulement est assumée par le Commissariat, tente de pallier ce défaut et y réussit quelquefois avec bonheur. C'est une tentative qui, alliée avec les relations qu'entretient le Commissariat à l'énergie atomique avec l'Université et parmi les disciplines universitaires en particulier avec la médecine, lui permet de satisfaire à une certaine demande que l'industrie privée, faute de rentabilité, serait incapable de fournir.

Elle peut, dans certains cas, intéresser même les industries de pointe telle que l'informatique avec sa branche des composants dont nous n'avons pas encore en France la production capable de satisfaire à nos besoins. Nous avons jadis posé la question de savoir s'il était sage, avec nos moyens limités de nous engager dans le cycle très lourd de l'informatique. La question n'est plus d'actualité mais tend à le redevenir quand on apprécie les décisions récemment prises pour la commande d'ordinateurs par les Postes et Télécommunications pour la tenue des comptes de chèques postaux.

Nous aurons l'occasion de revenir sur les imbrications des différents organismes de recherche en France avec les inconvénients que cette prolifération peut entraîner et les avantages que l'on peut dans certains cas en retirer.

Et, à ce sujet, nous voudrions évoquer un livre fort intéressant et d'une grande diffusion. Nous voulons parler du *Mal français* de M. Alain Peyrefitte qui consacre un passage au C. E. A., passage qui nous a paru mériter une attention soutenue.

L'évocation du Commissariat à l'énergie atomique et de ses résultats nous semble à la fois incomplète et peut-être injuste. Incomplète car si elle souligne avec raison les lacunes et les défauts de la recherche en France, elle n'en souligne pas assez à nos yeux les aspects positifs qu'elle peut avoir. Injuste quant aux reproches qui sont faits au Commissariat à l'énergie atomique pour le retard apporté à la réalisation dans le domaine militaire de la bombe thermonucléaire.

En effet, il s'est écoulé sept ans entre le lancement, le 16 juillet 1945, de la première bombe au plutonium 239 à Alamogordo par les Etats-Unis et le lancement de la première bombe thermonucléaire de 14 mégatonnes à uranium 235 sur l'atoll de Bikini.

Et si l'Union des Républiques socialistes soviétiques n'a mis que quatre ans pour arriver aux mêmes résultats et pour lancer une bombe de 300 à 500 kilotonnes au deutériure de lithium et trois ans à la Chine pour lancer sa première bombe thermonucléaire à uranium 235, il faut noter que ces deux dernières puissances ont bénéficié soit des fuites qui sont parfaitement analysées dans le livre de M. Goldschmit et cela est vrai pour l'U. R. S. S., soit de la formation de savants par l'U. R. S. S. et surtout par les U. S. A. pour la Chine ce dont notre pays n'a pas bénéficié (voir tableau ci-après).

| PAYS             | PREMIERE BOMBE « A »   | PREMIERE BOMBE « H »   |
|------------------|--|--|
| France .....     | 13 février 1960 au Pu 239.   | 24 août 1968,<br>puissance 1 MGT à l'U 235.                        |
| U. S. A. ....    | 16 juillet 1945 au Pu 239,<br>à Alamogordo.<br>6 août 1945 à l'U 235<br>sur Hiroshima.<br>8 août 1945 au Pu 239<br>sur Nagasaki. | 1 <sup>er</sup> novembre 1952,<br>puissance 14 MGT à l'U 235.      |
| U. R. S. S. .... | 29 août 1949.  | 12 mars 1953, puissance 3<br>à 500 kt au deutereure de<br>lithium. |
| Chine .....      | 16 octobre 1964 à l'U 235.   | 17 juin 1967, puissance<br>indéterminée à l'U 235.                 |

Enfin, il s'agirait de s'entendre sur ce que l'on entend par bombe thermonucléaire. Ces engins comportent tous un certain pourcentage de fusion et un certain pourcentage de fission et il faudrait définir la proportion de fusion minimum admise pour justifier le qualificatif de thermonucléaire.

Des bombes dopées au tritium peuvent donner l'impression parfois d'être thermonucléaires alors que la proportion de fusion n'est pas encore dominante.

Cette parenthèse n'a pour but que de montrer combien il faut être prudent pour porter un jugement sur les résultats obtenus par des équipes dont le mérite subsiste d'avoir réussi à réinventer ce que nos alliés américains avaient déjà trouvé mais avaient refusé de nous en communiquer les données.

Nous sommes de ceux qui ont rencontré M. Dautray dont fait état M. Alain Peyrefitte dans *Le Mal français*. Nous avons été séduit nous aussi par la clarté des exposés et l'étendue des connaissances de ce savant, nouvel académicien des sciences, mais cela n'enlève rien au mérite des équipes qui ont travaillé avec lui.

## II. — La politique suivie en matière de diversification et de création de filiales.

Depuis le décret du 29 septembre 1970 et à la date du 1<sup>er</sup> septembre 1976, 71 participations ont été prises par le Commissariat à l'énergie atomique ou par ses filiales :

- 29 directement par le C. E. A. (rang 1) ;
- 42 soit par le C. E. A., soit par les sociétés dont il est lui-même actionnaire (rang 2).

Ces prises de participation peuvent se situer dans la proportion de 100 %, par exemple pour la COGEMA et la C. I. S. I., ou de 2,3 % (GEDIM) (1) d'une société de documentation sans capital et dont les 2,3 % détenus par le Commissariat à l'énergie atomique ne représentent que la part des droits.

En valeur absolue, les participations de 100 % dans le capital de COGEMA représentent 4 750 millions de francs actuels, dans le capital de C. I. S. I. 27 500 000 F, dans le capital de la S. E. R. U. (2) 5 000 dollars canadiens, et dans le capital de la SOVAKLE (3) 5 millions de francs français.

En revanche, les participations du Commissariat à l'énergie atomique directes dans le G. E. D. E. S. (4) représentent 14,53 % de 1 170 000 F, soit 70 000 F.

On voit donc quelle est l'ampleur des différences qui peuvent exister en valeur relative comme en valeur absolue. Mais la diversification n'est pas que financière. Il peut s'agir de recherche fondamentale, d'applications industrielles nucléaires, de matières nucléaires, depuis la mine jusqu'au retraitement, en passant par l'enrichissement (en particulier la COGEMA), des recherches ou des objectifs divers qui n'excluent pas l'immobilier et parmi lesquels nous trouvons, sans vouloir les citer toutes, des études sur le dessalement, sur les neutrons rapides, l'écologie et la pollution, sur l'informatique, etc.

---

(1) COGEMA : Compagnie générale des matières nucléaires.

C. I. S. I. : Compagnie internationale de service en informatique.

GEDIM : Groupement d'action et de documentation de l'industrie minière.

(2) S. E. R. U. : Société d'études et de recherches d'uranium.

(3) SOVAKLE : Société immobilière Varenne-Klébert.

(4) G. E. D. E. S. : Groupement d'études pour le dessalement des eaux salées et saumâtres.

Mais il est une autre source de diversifications que nous voudrions souligner, c'est que certaines de ces sociétés sont à participation minoritaire ou majoritaire privée française ou en association avec des sociétés étrangères. Par exemple la C. I. S. Radiopharmaceuticals, au capital de 10 000 dollars, dans laquelle le C. E. A. détient une majorité de blocage de 36 %, est associée à une société italienne, à une société belge et une participation anglaise. Elle s'occupe de la fabrication et de la vente de produits radiopharmaceutiques et radio-éléments artificiels.

La COMINAD, Compagnie minière d'Akouta, au capital de 3 milliards 500 millions de francs C. F. A., société de droit nigérien, associe la COGEMA, qui détient une minorité de 34 %, à une société japonaise, une société nigérienne et une société espagnole. En revanche, le C. E. A. n'a qu'une participation minoritaire, comme nous l'avons déjà signalé plus haut, dans le G. E. D. E. S., Alsthom et Rhône-Poulenc, qui s'occupent avec le C. E. A. des études sur le dessalement des eaux saumâtres, en détenant la majorité. S. F. E. C., Société de fabrication d'éléments catalytiques, groupe le S. E. R. U., lui-même filiale du C. E. A., qui détient 54,9 % du capital avec le groupe Pechiney - Ugine-Kuhlmann, 19,6 %, le Comptoir Lyon Alemand et Renault Industrie.

La SOFIDIF, Société franco-iranienne pour l'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse, groupe la COGEMA, qui détient 60 % d'un capital de 137 500 000 F, et l'organisation de l'énergie atomique de l'Iran qui détient 40 %. Il s'agit d'une participation à l'étude, à la réalisation et à l'exploitation d'usine d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse et qui, pour l'instant, nous paraît être du domaine utopique.

Nous trouvons même une société I. D. W., société de droit allemand, créée en 1970, pour la vente en République fédérale allemande de radio-éléments pharmaceutiques et molécules marqués produits par le C. E. A. qui détient une minorité de blocage.

Nous arrêtons là cette énumération incomplète pour souligner que nous comprenons bien les raisons qui ont amené le Commissariat à l'énergie atomique à créer un certain nombre de sociétés s'occupant de problèmes bien particuliers, à l'exception toutefois de la COGEMA qui embrasse un champ d'application extrêmement important. Ces annexes, si l'on peut dire, ou ces filiales ou sous-



filiales sont appelées parfois à discuter avec des entreprises privées situées à l'étranger et qui n'admettent que difficilement d'avoir affaire à des entreprises étatisées ou nationalisées.

Mais nous aurons l'occasion, dans notre conclusion, de parler des précautions qu'il convient de prendre dans un domaine dans lequel des abus peuvent toujours être, un jour ou l'autre, constatés quand les personnes qui ont pris l'initiative de ces créations ou de ces prises de participation seront remplacées par d'autres qui n'auront peut-être pas les mêmes vues.

Cependant une conséquence imprévue de ces filiations est de soumettre au contrôle d'Etat et à celui de la Cour des Comptes, certaines des activités du C. E. A. telles que le cycle de combustible attribué à la COGEMA.

Une documentation très complète et très lisible nous a été fournie sur la structure de ces filiales ou sous-filiales et sur leur financement.

### III. — La Compagnie générale des matières nucléaires (COGEMA), l'usine de retraitement de La Hague et le problème des déchets radio-actifs.

Partant du décret du 29 septembre 1970 permettant la diversification, un décret du 26 décembre 1975, pris après avis du Conseil d'Etat, a autorisé le Commissariat à l'énergie atomique à créer la COGEMA. Le rôle de cette filiale est d'embrasser la totalité du cycle du combustible depuis son extraction jusqu'au retraitement des combustibles irradiés en passant par l'enrichissement.

Aux termes du décret, les statuts de la société sont approuvés également par décret. Ils ne pourront donc être modifiés que par décision du Gouvernement. Le Commissariat à l'énergie atomique est tenu de conserver la majorité. Il est en fait actionnaire à 100 % et une première observation s'impose à nous qui est d'exiger que la proportion d'actions détenues par le Commissariat à l'énergie atomique ne soit jamais inférieure à 51 %.

Les douze sièges du conseil d'administration sont occupés à raison de huit pour le C. E. A. et quatre par des fonctionnaires ayant eu l'agrément des quatre principaux ministères concernés.

La COGEMA est soumise au contrôle de l'Etat applicable aux entreprises publiques nationales et le transfert du contrôle *a posteriori* à la Cour des Comptes, tel qu'il a été décidé l'an dernier, nous donne à ce sujet quelque sentiment de sécurité.

Le contrôle gouvernemental est exercé au sein du conseil d'administration par un commissaire du Gouvernement qui relève du Ministre de l'Industrie, et par un contrôleur d'Etat qui relève du Ministre des Finances. Mais encore une fois ce contrôle nous paraît devoir être complété par celui de la Cour des Comptes.

Les dispositions que nous venons d'évoquer ne peuvent être modifiées que par un décret en Conseil d'Etat.

Le personnel de la COGEMA émanait bien entendu, pour sa quasi-totalité tout au moins au début, du Commissariat à l'énergie atomique. Il a la possibilité de rester pendant trois ans en position d'affectation auprès de la COGEMA, l'employeur restant le Com-

missariat à l'énergie atomique et le contrat de travail ne se trouvant pas modifié. Le personnel peut également choisir un recrutement par COGEMA mais conserve jusqu'au 31 mai 1979 une possibilité de retour au Commissariat à l'énergie atomique.

La convention de travail qui régit les relations du C.E.A. et de son personnel n'est pas applicable telle quelle aux salariés de la COGEMA.

En effet, le droit commun se substitue à la situation juridique propre au C. E. A., organisme public, et certaines dispositions doivent purement et simplement disparaître, notamment celles qui concernent les instances de représentation du personnel, pour être remplacées par des comités d'entreprises.

Il faut noter que cette situation n'a pas été sans amener certaines difficultés en voie d'apaisement semble-t-il avec le personnel du C. E. A.

Le contrat de travail proposé au personnel de la COGEMA est globalement équivalent à la convention de travail du C.E.A. En fait, il se réfère à la convention collective de la métallurgie complétée par un accord d'entreprise discuté avec les organisations syndicales du C. E. A.

Le C. E. A. étant actuellement le seul actionnaire de la COGEMA, celle-ci est donc une société d'Etat et son domaine d'activités n'étant pas soustrait au secteur public, l'article 34, onzième alinéa, de la Constitution ne peut donc pas être invoqué. Mais il ne saurait en être de même bien entendu si le C.E.A. décidait de céder une partie de sa participation à des entreprises échappant au domaine public.

C'est la raison pour laquelle il nous faut faire certaines réserves quant à l'octroi de ces participations et en particulier à leur ampleur.

Nous n'avons pas suivi bien entendu le cycle du combustible depuis son extraction de la mine jusqu'à la fabrication des combustibles destinés aux centrales nucléaires de différents types et au retraitement des combustibles irradiés. Mais, en revanche, nous voulons insister davantage sur nos visites. En particulier celle que nous avons effectuée à La Hague, centre de retraitement des combustibles irradiés qui semble nous placer en tête des nations industria-

lisées faisant partie du club atomique. Cette avance contribue très probablement à nous amener les réactions enregistrées du côté de puissances moins avancées dans ce domaine et qui, sous des prétextes humanitaires ou écologistes, voudraient bien nous voir interdire la pratique du retraitement et ont tenté d'éviter que nos ventes au Pakistan et celles de la R. F. A. au Brésil s'étendent à d'autres pays.

Nous allons donc évoquer plus spécialement nos entretiens à La Hague avec les différents responsables des services de ce centre.

Cette visite a été effectuée les 17 et 18 février. Nous avons entendu des exposés de M. Delange, directeur de l'établissement COGEMA de La Hague, sur les missions principales de ce centre, un exposé de M. Capart, chargé des questions administratives et financières auprès du délégué aux matières nucléaires, un exposé de M. Sornein, directeur à la direction générale de la Compagnie sur les activités de la COGEMA, une visite de l'usine du plutonium, un exposé de M. Scheidhauer, chef du service de protection contre les radiations sur le stock du plutonium, des produits de fission et des déchets, une visite du Laboratoire H.A.O. (Haute Activité Oxyde) un nouvel exposé de M. Scheidhauer sur la sécurité du transport des matières radio-actives et enfin, après une visite très rapide du Laboratoire de radio-écologie marine, le départ pour Paris.

Et à ce propos, nous voudrions dans une première introduction, indiquer que les écologistes qui mettent volontiers l'accent sur l'élimination des déchets dont les dangers leur paraissent d'autant plus considérables qu'ils sont mystérieux, ignorent qu'une centrale au fuel de 1 000 mégawatts électriques rejette annuellement dans l'atmosphère 75 000 tonnes de déchets incontrôlés dont un pourcentage important d'anhydride sulfureux qu'une centrale au charbon de même puissance déverse dans l'atmosphère 400 fois plus de radioactivité qu'une centrale nucléaire également de même puissance et qu'une centrale nucléaire de 1 000 mégawatts électriques produit annuellement une tonne de produits de fission non rejetés, dûment contrôlés et stockés et 10 tonnes de matériaux de structure non rejetés confinés et stockés, tels que les coques, les gaines, etc.

Ces réflexions ne nous amènent pas à dire qu'il n'y aucune précaution à prendre ni aucun risque dans l'œuvre de retraitement ou d'utilisation des déchets provenant des centrales atomiques.

Toute œuvre humaine, avons-nous dit, comporte des risques et vouloir les supprimer nous conduirait à un retour vers une civilisation abandonnée depuis longtemps et qui n'est plus compatible avec l'option psychologique qu'a faite la planète entière.

Notre but est simplement de montrer que ces risques sont parfaitement connus, qu'ils sont étudiés et que si l'homme est naturellement autodestructeur, il périra à notre avis plus vite par l'extension d'une chimie galopante. Les usines qui en traitent sont tentées si on n'y prend garde de déverser dans les fleuves, dans la mer et sur terre si ce n'est dans les airs comme à Seveso en Italie, des produits d'une haute toxicité qui mettront en péril beaucoup plus rapidement que les centrales nucléaires ou que le retraitement des déchets, la vie de la population entière de la planète sans parler du couvercle de gaz carbonique qui, par sa formation continue, modifie les climats et entraîne les fontes des calottes glaciaires polaires.

Le retraitement à l'usine de La Hague comme ailleurs consiste à isoler chimiquement et à conditionner séparément les produits de fission, les isotopes du plutonium et les isotopes de l'uranium et les éléments dangereux de radioactivité artificielle.

Nous rappelons pour mémoire que les combustibles ayant fourni des déchets émanent de trois sortes de centrales électriques : les centrales à uranium naturel graphite-gaz, les centrales à eau légère et les surrégénérateurs à neutrons rapides.

Les déchets des combustibles de la filière graphite-gaz représentent environ 800 tonnes/an. Nous pouvons admettre en première approximation et en envisageant le fonctionnement actuel des centrales à eau légère qu'elles atteindront le même tonnage en 1981. Mais les capacités graphite gaz et eau légère ne sont cumulables qu'à concurrence de 800 tonnes/an.

Les déchets des combustibles de la filière surrégénérateurs tels que ceux du réacteur Rapsodie puis bientôt ceux du réacteur Phénix et dans un avenir plus lointain ceux du réacteur Super Phénix représenteront un tonnage relativement plus important. Mais pour l'instant, limités au seul réacteur Rapsodie, ils représentent 200 kilogrammes par an.

Des précautions spéciales sont prises pour le transport des déchets radioactifs depuis les usines de production jusqu'à l'usine de retraitement de La Hague. Ils peuvent être effectués en contai-

ners, soit par camions, soit ce qui est préférable par chemin de fer. Mais comme malheureusement l'usine de retraitement de La Hague n'est pas raccordée, une rupture de charge intervient à Cherbourg et un transport par camion est toujours indispensable entre Cherbourg et La Hague.

Ce qu'il est curieux de constater c'est que les populations ont d'abord demandé que le chemin de fer puisse accéder à La Hague pour éviter cette rupture de charge mais lorsqu'il s'est agi de procéder à l'achat des terrains nécessaires à ce raccordement, l'ensemble de la population a demandé d'y surseoir préférant encore le transport par camions depuis Cherbourg.

Nous ne rentrerons évidemment pas dans le détail des opérations qui sont exécutées à La Hague. Disons simplement qu'elles obligent à un traitement mécanique pour dégainer les combustibles graphite-gaz en particulier, qu'elles exigent une cellule de cisailage pour les combustibles à eau légère et neutrons rapides, un traitement chimique dont fait partie un atelier de traitement des produits de fission.

En projet, doit être étendu à La Hague le système de vitrification des produits de fission mis au point en ce moment à Marcoule que nous avons eu l'occasion de visiter et qui fait l'objet d'un chapitre spécial.

En fait, cette affaire revêt maintenant un caractère hautement politisé. Les Américains, à l'initiative d'un certain nombre de leurs conseillers politiques, ont pris la décision annoncée par M. le Président Jimmy Carter de procéder au stockage des produits à fission sans retraitement. Il nous semble qu'il y a là à la fois un non-sens technique car le volume à stocker devient considérable alors que la séparation de l'uranium 235, et du plutonium en particulier, permet soit de recycler dans des réacteurs, soit le stockage en volumes réduits des déchets les plus importants et de longue durée, soit enfin une transmutation.

Le stockage sous la forme de vitrification permet de réduire à un dixième le volume à stocker par rapport aux cuves à double paroi et à refroidissement sophistiqué utilisées sans beaucoup de précautions aux U. S. A. où n'existe pas la double paroi que nous exigeons et dont l'investissement et la surveillance entraînent des frais considérables.

De même, n'est-il pas utopique de penser que plus tard nos enfants ou petits-enfants seront bien aises, quand les sources d'uranium naturel commenceront à s'épuiser, de retrouver des éléments de radioactivité notables que l'on saura à ce moment-là, peut-être, mieux utiliser que maintenant.

Nous voudrions insister sur les précautions qui sont prises à La Hague.

Outre la détermination du point « 0 » effectuée après des relèvements minutieux tenant compte à la fois de l'environnement, des vents dominants et des phénomènes imprévus, l'usine de La Hague comporte : un atelier de retraitement des effluents radioactifs, un atelier de conditionnement des déchets solides, un atelier de décontamination du matériel et un service de prévention et de radioprotection comprenant :

- 5 ingénieurs en radioprotection ;
- 1 ingénieur de sécurité du travail ;
- 1 ingénieur de sécurité criticité ;
- des équipes de spécialistes de la radioprotection ;
- un laboratoire de dosimétrie ;
- un atelier de contrôle et d'entretien des appareils respiratoires ;
- un laboratoire d'analyses de contrôle de l'environnement ;
- deux médecins du travail ;
- une infirmerie ;
- une pharmacie ;
- et enfin une force locale de sécurité pour le gardiennage de l'établissement.

Figurent également à l'inventaire des moyens d'intervention pour lutter contre l'incendie les inondations et des systèmes de centralisation des alarmes.

Un laboratoire de radio-écologie marine mesure la répartition des radionucléïdes dans le milieu marin, leur influence sur la faune et sur la flore et l'étude de la sédimentation.

La répartition des rejets de l'usine de La Hague en mer fait également l'objet de surveillance constante. Ce rejet s'effectue aux heures de pleine mer par une tuyauterie sous-marine de

5 kilomètres de long. Quant aux rejets gazeux, le piégeage s'effectue par lavage en colonnes de radioéléments des événements du procédé.

Les principaux bâtiments contenant ou susceptibles de contenir des radionucléides sont en dépression dynamique par rapport à l'environnement. Des filtres à haut rendement sont placés sur les circuits de l'air extrait des bâtiments. Le rejet s'effectue par une cheminée de 100 mètres, soit, étant donnée la hauteur du site lui-même, une dénivellation de 284 mètres par rapport au niveau de la mer. Enfin, un contrôle permanent s'effectue au point de rejet pour le respect des normes imposées par le Ministère de la Santé publique.

Le stockage des déchets solides n'est effectué sur le site qu'à titre provisoire et ils seront par la suite transférés dans d'autres sites choisis pour le stockage définitif.

Les déchets de moyenne activité tels que les boues issues du traitement de la décontamination des effluents liquides sont stockés en silos de béton étanche. Quant aux déchets de haute activité tels que les coques restant après dissolution des éléments combustibles cisailés de la filière à eau légère et neutrons rapides, ils sont stockés sous eau en silos étanches.

Les déchets solides divers sont coulés dans le béton pour obtenir des blocs monolithiques stockés sur aire bétonnée.

Les solutions des produits de fission stockées dans des cuves spéciales refroidies en permanence sont placées dans des casemates en béton. Les contrôles sont multiples : atmosphère, milieu hydrologique, milieu terrestre tels que herbe de pâturage et lait, milieu marin ; ils donnent lieu à des prélèvements et à des analyses de haute fréquence. Le personnel permanent employé à ces tâches est de 1 000 dont 70 cadres et le personnel d'entreprise compte 500 à 800 personnes compte tenu des chantiers. Le coût de l'investissement a été de 400 millions de francs en 1966 et depuis 1966, 400 millions de francs également en francs courants.

L'annexe n° 11 indique quel est le rôle du centre de La Hague dans le cycle des combustibles qu'assure la COGEMA depuis la mine jusqu'au retraitement.

Les annexes n°s 9, 12 et 13 précisent la manière dont les combustibles irradiés sont traités. Nous pouvons à titre d'exemple



indiquer que le nombre de curies pour une tonne de combustibles pour des produits de fission dont la durée peut aller depuis quelques heures jusqu'à trente ans représente 4,35 millions de curies pour une tonne de combustible.

Un réacteur à eau légère de 1 000 mégawatts électriques qui correspond à la consommation de 900 000 habitants, donnerait 1 gramme par an et par habitant de produits de fission dans lesquels une très haute activité représente 450 mètres cubes qui, ramenés dans le verre par les procédés mis au point par Marcoule représentent 45 mètres cubes en puits, les déchets de haute activité 40 mètres cubes en blocs, les coques 400 mètres cubes en silos, les boues 400 mètres cubes en silos et les déchets de faible activité 900 mètres cubes en tranchées.

A vrai dire, les trois premiers éléments sont seuls à prendre en compte car il s'agit de produits qui sont soit de très haute activité, soit de haute activité.

La France possède trois usines de retraitement, une à Marcoule (UP 1) et deux à La Hague (UP 2 et UP 3), tandis que le Royaume-Uni en possède deux et la République fédérale allemande, une à Karlsruhe et probablement une autre, dont on ne connaît pas très exactement l'emplacement. Aux U. S. A., cinq usines de retraitement existent, et au Japon, une et probablement deux. Pratiquement, la France, après fermeture des usines étrangères est la seule à pouvoir retraiter des combustibles irradiés venant de pays les plus divers (Japon compris), ce qui nous assure une avance appréciable, surtout en H. A. O. (Haute Activité Oxyde).

Encore une fois, nous n'avons garde de croire à l'impossibilité d'incidents dans une usine de retraitement; encore faut-il savoir que des précautions spéciales sont prises pour éviter que ces incidents, si incidents il y a, puissent avoir des conséquences dramatiques.

A ce sujet, nous voudrions faire litière de ceux de ces renseignements qui donnent volontiers des versions erronées de certains de ces incidents. Ainsi par exemple, à La Hague, une fissure dans des boîtes à gants a entraîné une légère augmentation de la radioactivité qui a amené immédiatement le personnel se trouvant dans les parages à recevoir des soins médicaux et surtout à faire l'objet d'une surveillance attentive pendant plusieurs jours.

On a pu constater que les précautions prises avaient été telles que les personnes ainsi soumises à radiation n'avaient été atteintes

que dans une proportion infime par rapport à la radioactivité naturelle et qu'aucun inconvénient majeur, ni même notable, n'avait été enregistré. Il n'en est pas moins vrai que cet incident a été monté en épingle par la plupart des quotidiens qui se gardent bien de parler des accidents parfois graves, souvent mortels qui se produisent dans des centrales classiques qu'elles soient au fuel ou au charbon et même parfois dans les centrales hydroélectriques.

N'oublions pas que malgré des déclarations fracassantes, une usine de retraitement est un élément clé dans le cycle du combustible et les nations qui ont acheté clé en mains des usines de production d'électricité, que ce soit par le procédé à eau légère et eau bouillante ou eau sous pression, se sont immédiatement inquiétées de savoir quelle serait leur sécurité en matière d'approvisionnement de combustible et en matière de retraitement du combustible irradié.

En fait, une usine de retraitement pour un pays comme la France qui a une certaine avance dans le domaine des surrégénérateurs est une mine de nouveaux combustibles. Le plutonium est le combustible des réacteurs de la deuxième génération et la quantité produite au cours de l'irradiation des barreaux d'uranium dans les centrales de la première génération ne peut être dilapidée sous peine de voir notre indépendance énergétique remise totalement en question.

Nous rappellerons enfin que la sécurité nucléaire en France sous ses aspects civils est organisée par un Comité interministériel de sécurité nucléaire qui regroupe autour du Premier Ministre tous les Ministères et Secrétariats d'Etat intéressés, c'est-à-dire l'Intérieur, l'Economie et les Finances, la Défense, l'Equipement, l'Agriculture, la Qualité de la Vie, le Travail, la Santé, l'Industrie et la Recherche, les Transports. Ce Comité doit coordonner les actions destinées à assurer la protection des personnes et des biens contre les dangers, nuisances ou gênes de toutes natures résultant des installations nucléaires fixes ou mobiles de quelque sorte qu'elles soient.

La sûreté des installations nucléaires a été définie par un décret du 13 mars 1973 qui avait créé un Conseil supérieur de la sûreté nucléaire et un Service central de sûreté des installations nucléaires.

Les effluents, qu'ils soient gazeux ou liquides quand ils sont radioactifs, ont une sûreté réglementée par les décrets du 6 novembre 1974 et du 31 décembre 1974 complétés par des arrêtés d'application.

La protection contre les actes de malveillance est assurée en vertu de l'ordonnance du 29 décembre 1958.

Au niveau du Commissariat à l'énergie atomique, la responsabilité est confiée au Haut-Commissaire par délégation de l'administrateur général. Le Haut-Commissaire est lui-même assisté dans cette tâche par le Délégué central sécurité. Tout cela bien entendu dans le domaine civil.

Dans le domaine militaire, au niveau gouvernemental, la coordination est assurée par deux commissions, une Commission mixte de sécurité qui comprend les représentants du Ministère de l'Industrie, du Ministère de la Défense et du Ministère de l'Intérieur et une Commission consultative de sécurité des expérimentations nucléaires qui comprend des représentants du Ministère de l'Intérieur et du Ministère de la Défense. D'autre part, diverses instructions ministérielles précisent les mesures de sécurité nucléaire à prendre dans la manipulation et le transport des fissiles.

Au niveau du Commissariat à l'énergie atomique une Commission de sûreté des charges atomiques militaires est présidée par le Délégué central sécurité et a pour mission de vérifier les aspects de sécurité des fournitures du Commissariat à l'énergie atomique aux armées.

Dans le domaine de la sûreté des tirs nucléaires expérimentaux, le Haut-Commissaire préside la commission consultative citée plus haut. La sûreté des engins expérimentaux est de la compétence du Délégué central sécurité qui préside la Commission de sûreté des essais nucléaires.

Nous ne pouvons terminer cet exposé sur le fonctionnement de l'usine de retraitement de La Hague sans parler de la vitrification mise au point à Marcoule et du procédé par résines thermodurcissables.

En ce qui concerne la vitrification, on peut dire que les combustibles irradiés lorsqu'ils ont atteint leur taux de combustion nominale sont déchargés des réacteurs nucléaires et, après un temps de stockage permettant une décroissance radio-active, sont expédiés dans des containers par des moyens de transport qui ont été énumérés vers l'usine chimique de retraitement.

Trois produits sont issus de cette usine, le plutonium et l'uranium qui sont réinjectés totalement ou partiellement dans le cycle

électrogène, les produits de fission : déchets gênants dont certains sont très fortement radioactifs et à décroissance très lente, qui se présentent sous forme liquide et qui sont stockés.

Jusqu'à présent, partout dans le monde et même à La Hague, ces produits étaient stockés dans des cuves refroidies, très sophistiquées, coûtant très cher et présentant le maximum de sécurité possible au niveau actuel de nos connaissances. Nous nous sommes rapidement orientés vers une forme solide, autant que possible chimiquement inerte, peu sensible aux rayonnements et proche de corps naturels stables depuis des millénaires. C'est ainsi qu'est née la vitrification.

Une usine pilote dénommée Piver traite des produits de fission réels issus de l'usine de Marcoule.

La vitrification présente l'avantage de fournir un matériau minéral résistant suffisamment bien à l'action des rayons bêta gamma et en particulier le taux de lixiviation est très voisin de celui du même corps inactif. Une étude a montré la stabilité thermique de cette forme de stockage ; de même, la stabilité chimique a été très largement étudiée.

Une question plus délicate résidait dans le comportement des verres contenant des émetteurs alpha, plutonium, curium, américium, etc. Ces corps dégagent une énergie plus élevée pendant un temps plus long et d'autres phénomènes peuvent intervenir entre-temps tels que la formation et le dégagement d'hélium qui peuvent entraîner des changements de structure des verres et finalement affecter son taux de lixiviation. Des expériences au cours desquelles des quantités importantes de plutonium ont été digérées dans du verre sont en cours et elles ont pour but d'imager, en un an, un vieillissement de 1 000 années. Il est impossible de se prononcer encore sur les résultats mais il y a tout lieu de croire que les garanties de stabilité à long terme seraient très correctes. Si elles étaient insuffisantes, la séparation des corps émetteurs alpha réalisée au cours du traitement des combustibles irradiés permettrait d'adapter un verre spécial riche en silice à leur cas particulier et il serait encore possible, mais sous une contrainte assez onéreuse, de les détruire par transmutation dans d'autres réacteurs.

A Marcoule, plus de 50 mètres cubes de verre ont été ainsi élaborés et ces verres partent de la substance elle-même qui est chargée de la protection. Le procédé consiste à calciner les produits

de fission dans un premier four légèrement incliné sur l'horizontale. On obtient des calcinats de granulométrie convenables et ensuite le calcinat tombe dans un four de fusion avec fritte de verre. 100 à 140 kilogrammes de verre élaborés dans le four de fusion sont coulés toutes les heures dans un container de stockage définitif en acier inoxydable de 6 millimètres d'épaisseur. Lorsque celui-ci est plein, son couvercle est soudé puis une décontamination extérieure très puissante est exercée. Ainsi le verre actif est enfermé dans une épaisse peau d'acier inoxydable débarrassée de toute salissure extérieure et qui éventuellement pourrait être également coulés dans le béton. Les containers une fois pleins sont stockés dans des puits verticaux et refroidis par soufflage d'air ce qui est possible pour les produits de fission de Marcoule mais ce qui devrait être évidemment réétudié pour d'autres produits de fission. Ces puits construits actuellement permettent environ dix années de stockage. En cas de panne d'électricité, la convection naturelle est suffisante pour rester dans des conditions de sécurité acceptables.

#### IV. — La nécessité du recours à l'énergie nucléaire.

Mis à part le problème des déchets radioactifs qui a été évoqué au chapitre précédent, une autre source de nuisance des centrales électro-nucléaires est le réchauffement des eaux.

Alors qu'il serait possible d'utiliser des eaux de rejet à haute température pour des chauffages urbains par exemple, la qualité de l'eau fournie par les générateurs actuels d'électricité à eau sous pression et à uranium faiblement enrichi, est telle que cette application est difficile. Il n'en est pas moins vrai que l'on peut, dans un rayon acceptable, entretenir des cultures maraîchères et nous en avons vu de particulièrement florissantes dans certains endroits aux environs de Pierrelatte par exemple et de Marcoule.

N'oublions pas que le rendement thermodynamique des centrales nucléaires à uranium enrichi et eau pressurisée dont la température est d'environ 300 degrés est de l'ordre de 30 %. Une usine de 1 GWe restitue à la surface froide que ce soit la mer, la rivière ou l'atmosphère, plus de 500 millions de calories par seconde. Il s'agit certainement d'un gaspillage mais, contrairement à ce que l'on pense, les données de l'écosystème dans lequel nous vivons actuellement ne sont pas modifiées. Notons simplement, en passant, que la faune aquatique semble, pour certaines espèces assez nombreuses d'ailleurs, s'accommoder parfaitement d'un tel état de choses et il n'est que de voir la théorie des pêcheurs qui, à la sortie des eaux émanant de Saint-Laurent-des-Eaux ou de Chinon, se pressent pour pêcher un poisson particulièrement abondant. Une solution intéressante consisterait à utiliser des pompes à chaleur pour élever la température de l'eau. Cette solution exige malgré tout une fourniture d'énergie qui, sans être considérable, n'est pas négligeable et c'est la raison pour laquelle jusqu'à présent il n'a pas encore été possible de lui donner une forme industrielle suffisante. De même, peut-on perfectionner les turbines à contrepression ou à soutirage permettant d'utiliser à la fois la vapeur et la production d'électricité.

Enfin, pour compléter nos informations, indiquons que les effluents gazeux des centrales nucléaires sont composés de gaz rares radio-actifs dont certains à période longue, tels que le xenon 133 et surtout le krypton 85 qui a une période de dix ans.

Devant les réactions entraînées par les mouvements écologistes, appuyés parfois par des savants qui s'aventurent dans des branches qu'ils connaissent peu ou mal, on peut et on doit se demander si la production d'énergie civile par le moyen nucléaire est absolument indispensable en France.

Rappelons également que le charbon plafonne actuellement aux environs de 30 millions de T. E. P. (tonnes d'équivalent pétrole) et ne peut que diminuer au fur et à mesure que des gisements sont rendus à peu près inexploitable par leur contexture même. Le pétrole est alors appelé à jouer un rôle qui serait sans cesse grandissant si son prix et nos disponibilités en monnaie forte ne rendaient difficile pour notre pays le complément de dépenses qu'il amène et insupportable le déficit de notre balance des comptes. Le gaz naturel est un peu plus prometteur, encore que nous n'en produisons pas sur notre territoire, le gisement de Lacq étant en voie d'épuisement et que nous soyons obligés d'en importer, sauf nouvelles découvertes encore mal évaluées à Lannemezan.

L'électricité hydraulique, même en épuisant les rares sites sur lesquels pourraient s'implanter soit des barrages, soit des constructions au fil de l'eau, ne pourrait guère augmenter dans des proportions suffisantes.

Les énergies nouvelles sont encore marginales, quoi qu'on en dise, et par conséquent nous ne pouvons compter que sur l'énergie nucléaire pour compenser notre déficit en matière énergétique fossile.

Nous ne pouvons donc tabler que sur les économies réalisables sans atteinte grave à notre production industrielle et sans inconvénient majeur pour la population ou alors sur cette énergie de substitution qu'est l'énergie nucléaire en attendant des réalisations qui sont encore lointaines et que nous évoquons avec la fusion thermonucléaire contrôlée.

N'oublions pas de plus que nous sommes à la merci de hausses pratiquées par les pays producteurs de pétrole. Si, depuis quelques semaines, l'influence de l'Arabie Saoudite et maintenant même celle de l'Iran, semblent déterminantes pour amener un plafonnement ou tout au moins une pause relative dans le développement du prix du pétrole, les incidents qui viennent de se produire sur l'un des oléoducs principaux de l'Arabie Saoudite laissent à penser

que dans des pays dont la stabilité politique n'est pas la vertu principale, bien des aléas semblent encore à craindre. Les recherches *off shore* pour diversifier nos sources d'alimentation en pétrole brut, présentent à la fois des aléas en ce qui concerne les résultats et les dangers dont nous avons mesuré récemment l'importance en ce qui concerne les explosions incontrôlables et rendent singulièrement précaires nos approvisionnements en cette matière.

Dans un document concernant le cycle du combustible nucléaire, avec ses ombres et ses lumières, M. Giraud, administrateur général délégué du Commissariat à l'énergie atomique, souligne ce qui a été déjà révélé dans des rapports O.C.D.E. que si l'Américain moyen consomme actuellement plus de 8 T.E.P. annuellement, la moyenne des pays industrialisés est aux environs de 3,5 T.E.P. alors que la moyenne mondiale n'est que de 1,6 T.E.P. Il est vraisemblable qu'à la fois sous l'influence démographique des pays les moins industrialisés et sous l'influence de l'accroissement de leur niveau de vie, nous serons amenés à enregistrer d'ici à 1985 et *a fortiori* d'ici à la fin du siècle, des augmentations substantielles de la moyenne mondiale de consommation pétrolière.

Ouvrant ici une parenthèse, nous rappellerons que les réserves connues de pétrole, c'est-à-dire 100 000 millions de T.E.P., en admettant une croissance modérée de 8,7 % de la consommation moyenne telle que nous l'avons enregistrée depuis 1945, ne laisseraient que vingt ans de réserves pétrolières ce qui, à l'échelle de nos préoccupations, est extrêmement mince. On peut évidemment corriger quelque peu cette situation en rappelant que jusqu'à présent on n'a réussi à extraire de chaque puits de pétrole que 30 % environ de sa contenance et que les progrès que l'on compte réaliser dans cette exploitation permettront peut-être un jour d'atteindre 35 à 40 % ce qui accroît d'autant les réserves.

Enfin, sont encore hypothétiques les réserves *off shore* dont nous avons fait mention mais qui ont conduit notre pays en particulier à bien des déceptions, que ce soit dans le golfe de Gascogne, que ce soit dans la mer d'Iroise. Jusqu'à présent, il n'y a qu'en mer du Nord que nous avons pu réussir à nous assurer quelques bribes de la manne pétrolière qui va bientôt alléger les charges de la Grande-Bretagne, de la Norvège et par son gaz naturel, des Pays-Bas. Les pays producteurs de pétrole eux-mêmes sont si bien conscients de cette situation que l'Iran, qui est l'un des plus gros producteurs, se préoccupe d'acquérir des centrales nucléaires en



vue de pallier l'épuisement du brut qu'il produit actuellement et la tentation peut être grande pour ce pays de limiter sa production pour la faire durer un peu plus longtemps.

L'Union soviétique dans un document publié par le « Petroleum economist » et qui émane en fait des statistiques fournies par l'O.C.D.E. prévoit que la Russie soviétique elle-même, tout en ayant des ressources pétrolières dont nous ne connaissons pas exactement l'importance et des ressources en gaz qui sont beaucoup plus considérables, se tourne résolument vers l'énergie nucléaire et qu'elle est certainement elle aussi dans le peloton de tête concernant les surrégénérateurs et surtout les études sur la fusion thermonucléaire contrôlée.

La production de pétrole en 1976 en U.R.S.S. a été de 520 millions de tonnes accusant une augmentation de 6 % seulement par rapport à 1975, ses réserves se trouvant surtout situées en Sibérie occidentale. Quant au gaz naturel, elle a produit en 1976, 321 milliards de mètres cubes soit plus de 11 %, la plus grande partie provenant de la Sibérie occidentale pour 34 % et du district d'Orenbourg pour 59 %.

Dans un tableau émanant de l'O.C.D.E. sur les perspectives de l'énergie mondiale, plusieurs cas sont envisagés sans que le distinguo soit effectué entre les pays industrialisés et les pays en voie de développement.

Parmi les pays industrialisés, aucune affectation à chacun d'entre eux n'a été faite sur une perspective de consommation encore très aléatoire. Pour la production, des cas différents ont été envisagés selon que l'on a plus ou moins recours à l'énergie nucléaire. Pour 1985, selon que l'on parle du cas de référence, et nous indiquons dès maintenant que le scénario de référence ne suppose pas d'autre politique de l'énergie que celle existante, les combustibles solides représenteraient 864,7, le pétrole 887,2, le gaz naturel 773,2, l'énergie nucléaire 464,3 et l'énergie hydro-électrique et autres marginales 307,2, soit un total de 3 295,1. Dans les cas accélérés, ces chiffres seraient respectivement portés à : combustibles solides 870,7, pétrole 1 007,7, gaz naturel 671,1, énergie nucléaire 522,3 et énergie hydro-électrique et autres 307,2. Total pour le cas de référence 3 295,1 et pour le cas accéléré 3 579.

Bien entendu, tous les chiffres sont évalués en tonnes d'équivalent pétrole. Les besoins totaux en énergie dans le cas de référence

pour 1985 s'établiraient ainsi : combustibles solides 923,4, pétrole et gaz naturel 885,4, énergie nucléaire 464,3, énergie hydroélectrique et autres 307,2, soit au total 5 094,1. En cas accéléré, dans les mêmes conditions que nous avons définies précédemment : combustibles solides 925,1, pétrole 2 137,4, gaz naturel 993,9, énergie nucléaire 522,3, énergie hydroélectrique et autres 307,2, soit un total de 4 885,4. Nous voyons immédiatement que la différence entre le cas accéléré et le cas de référence résulte avant tout d'une augmentation substantielle de l'énergie nucléaire par rapport à une réduction de la consommation de pétrole.

Dans un document établi en novembre-décembre 1976 par le Commissariat à l'énergie atomique sur l'essor économique et la géographie nucléaire, deux hypothèses sont envisagées pour la structure de la consommation énergétique annuelle du monde non communiste, une hypothèse de base et une hypothèse haute. Ces hypothèses vont beaucoup plus loin que celles énoncées dans la revue que nous venons de citer puisqu'elles envisagent la prospective jusqu'à l'année 2030. Nous retiendrons que même avec l'hypothèse basse, la pénétration du nucléaire nécessaire serait de l'ordre de 30 %. Elle atteindrait 38 % dans le cas de l'hypothèse haute.

Premier cas, la consommation énergétique annuelle (hypothèse de base) se situerait aux environs de 28 milliards de tonnes d'équivalent pétrole et dans l'hypothèse haute avoisinerait les 50 milliards de tonnes d'équivalent pétrole. Il est vraisemblable que lorsque l'on fait des prévisions à aussi longue échéance, la vérité se situe dans une certaine moyenne mais pour ne pas compliquer le débat, il est préférable de se référer à l'hypothèse basse.

Malheureusement, même avec cette hypothèse, nous sommes dans la cruelle nécessité d'avoir recours obligatoirement à l'énergie nucléaire si nous voulons satisfaire à nos besoins les plus immédiats. En partant toujours de l'hypothèse basse, nous pourrions admettre que, en l'an 2 030, la part des U.S.A. représenterait 17 %, la part des pays industrialisés 21 %, la part des pays dont le développement est en cours représenterait 48 % et la part des pays les moins développés 14 %.

Ce qui nous paraît le plus intéressant, c'est de nous référer à ce que serait la contribution de l'énergie nucléaire alors que l'accroissement de la part d'électricité dans la production totale d'énergie croîtrait de 1 % par an avec un maximum de 50 %. Dans

ce cas, la croissance de l'énergie nucléaire se justifierait à partir de 6 000 mégawatts électriques, la part de la puissance nucléaire dans les nouvelles installations se situerait entre 50 et 80 % et la part maximale du nucléaire à 60 % de la puissance maximale totale installée.

Toujours aux alentours des années 2025 à 2030 la puissance nucléaire installée en convertisseurs serait rapidement déclinante et avoisinerait 2 gigawattheures (GWe) en 2025 et la part des surrégénérateurs qui prendraient le relais à partir de 2025 porterait cette puissance nucléaire installée à environ 5 gigawattheures, la consommation annuelle d'uranium naturel plafonnant alors aux environs de 400 000 tonnes et cette production relativement considérable pourrait se trouver non seulement dans les mines actuelles reconnues mais également dans les efforts de prospection en voie de développement dans le monde et qui, actuellement, sont encore prometteuses d'une certaine diversification. Elles nous obligent malgré tout, par précaution, à avoir recours à la surrégénération qui multiplie les rendements par 50 au moins et plus tard, car le relais devrait être pris aux environs de l'année 2030 par la fusion thermonucléaire contrôlée.

Parallèlement, les besoins d'enrichissement iront en décroissant aux Etats-Unis à partir de l'an 2000 mais croîtront d'une façon spectaculaire pour les pays dont le développement est en cours.

Et pour terminer ce rapide tour d'horizon, émanant de la même source, nous pouvons préciser que les besoins des pays disposant d'une usine de retraitement se situeraient aux environs de 72 % en 2025 et ceux des autres pays (marché accessible) à 28 % ; quinze pays seulement disposant de centrales nucléaires verraient à la même date se justifier la possession d'usines de retraitement (huit seulement en l'an 2000).

On pourrait nous dire et on ne manquera pas de nous dire que le document que nous venons de citer est à la fois juge et partie puisqu'il émane du Commissariat à l'énergie atomique qui a par conséquent intérêt à faire ressortir combien les usines nucléaires sont nécessaires à la satisfaction des besoins essentiels de notre humanité. Il faut procéder à une modulation des différentes statistiques qui nous ont été fournies. Nous ne pouvons à ce sujet-là qu'émettre des hypothèses, hypothèses qui viennent tout naturellement à l'esprit quand on fait un peu de psychologie. Que serait la réaction d'une opinion publique qui se verrait un jour ou l'autre

privée de ses moyens essentiels de production et de la satisfaction de besoins ménagers ou de loisirs qui se manifestent de plus en plus dans le monde ?

Il n'est que de se référer aux conséquences des grèves totales ou partielles d'Electricité de France pour se faire une idée de ce que pourrait entraîner comme désordres dans le monde entier l'absence d'une énergie aussi vitale que l'énergie électrique ou que l'absence dans les pompes à essence d'une énergie indispensable à nos déplacements. Or, il est probable, sinon certain, que pour ces déplacements en particulier l'avènement de l'hydrogène dont nous évoquons sommairement la production sera l'un des moyens les plus vraisemblables de leur maintien dans une époque où chacun aspire à voir de temps à autre des horizons nouveaux lui permettant de s'évader de l'univers concentrationnaire que notre civilisation actuelle lui a ménagé dans la plupart des grandes villes.

Dans un excellent livre intitulé *L'Energie nucléaire*, de Lucien Thiriet, paru aux éditions Dunod, il est rappelé que si les objectifs du Conseil de planification sur l'énergie de février 1975 évaluaient à 240 millions de T. E. P., les perspectives pour 1985, l'évolution actuelle de l'économie du monde industrialisé, l'influence de certaines économies d'énergie pouvait amener à envisager des développements moins spectaculaires.

Partant d'une production de 180 TW h correspondant à 40 millions de T. E. P. dans lequel le combustible fossile, pétrole, charbon, gaz représentant 60,8 %, l'hydraulique 30,9 %, le nucléaire ne représentait que 8,3 %. Si nous passons à un horizon 1980 avec 205 millions de tonnes d'équivalent pétrole, nous trouvons que la proportion de combustible fossile descendrait à 47,7 %, l'hydraulique à 23,3 %, et le nucléaire à 29 %, ce qui correspond à une puissance totale de 265 TW h et à 58,9 millions de tonnes d'équivalent pétrole.

Pour 1985, deux hypothèses, celle d'une consommation française d'énergie primaire de 240 millions de tonnes d'équivalent pétrole sur laquelle la consommation d'énergie électrique représenterait 85,5 millions de tonnes d'équivalent pétrole et une puissance installée de 385 TW h. A ce moment, les combustibles fossiles représenteraient 70,2 %, l'énergie hydraulique 16,4 % et l'énergie nucléaire 13,4 %.

Si au contraire nous adoptons les conclusions de la Commission de l'énergie du VI<sup>e</sup> Plan de mars 1976 qui plafonnent la consommation française d'énergie primaire à 232 millions de T. E. P., la répartition devient : pour l'énergie électrique 81,1 millions de tonnes d'équivalent pétrole soit une puissance installée de 365 TW h, les combustibles fossiles ne représentent plus alors que 68 %, l'énergie hydraulique 17,1 %, et le nucléaire 14,9 %.

Dans le même livre, les réserves mondiales prouvées de pétrole sont évaluées à 100 milliards de tonnes au maximum, y compris l'*off shore* jusqu'à 200 mètres de profondeur et nous rappellerons pour mémoire à ce sujet que des forages à plus de 1 000 mètres ont déjà commencé sous l'égide de sociétés françaises ou étrangères. Tout cela pour un taux de récupération moyen que nous avons déjà cité, d'environ 30 %. Si nous estimons à environ 100 milliards de tonnes les réserves probables et si l'on admet que d'ici à une quinzaine d'années le taux de récupération pourrait atteindre 45 % avec une récupération artificielle, ce chiffre de 100 milliards de tonnes de réserves probables pourrait être atteint. Les réserves ultimes se situeraient entre 500 et 600 millions de tonnes récupérables si l'on admet les risques et les difficultés entraînés par les gisements *off shore* profonds.

Les schistes bitumineux et les sables asphaltiques n'ont pas été jusqu'ici étudiés de façon suffisante pour nous permettre des appréciations valablement chiffrées. Il faudrait en effet que le prix du pétrole brut soit supérieur à 12 dollars le baril pour que ces réserves puissent être valablement utilisées. En première analyse on pourrait évaluer à 500 milliards de tonnes d'équivalent pétrole ce que l'on pourrait retirer de ces gisements. En gaz naturel, les réserves prouvées seraient de 50 milliards de tonnes d'équivalent pétrole et les réserves probables seraient certainement du même ordre. Mais, les réserves ultimes de charbon, contrairement à une idée trop largement répandue, sont beaucoup plus importantes que celles du pétrole. Un ordre de grandeur de 4 000 à 8 000 milliards de tonnes d'équivalent pétrole semble en ressortir.

Mais là aussi nous devons faire les plus expresses réserves car les gisements sont de natures très différentes et parfois extrêmement difficiles à exploiter. Une estimation considérée par l'auteur comme sérieuse indique la valeur relativement basse de 1 600 milliards de tonnes d'équivalent pétrole dont 600 pour la Chine,

l'U. R. S. S. et les pays de l'Est, ces réserves étant considérables aux Etats-Unis. Compte tenu des difficultés, il ne faudrait peut-être pas compter sur beaucoup plus de 1 500 milliards de tonnes d'équivalent pétrole.

Quelles sont, en regard, les réserves prouvées d'uranium ?

Pour toutes les catégories d'énergie et en particulier pour l'uranium, tout dépend du prix comparé à celui du pétrole brut actuellement acheté dans les producteurs. Pour les prix en dollars, par livre d'oxyde d'uranium ( $U_3 O_8$ ) inférieur à 15 dollars la livre, les ressources raisonnablement assurées seraient de 1 080 000 tonnes d'uranium et les ressources estimées supplémentaires de 1 million de tonnes, soit un total de 2 080 000 tonnes.

Pour un prix se situant entre 15 et 30 dollars la livre, les ressources raisonnablement assurées seraient de 1 410 000 tonnes, soit pour un prix inférieur à 30 dollars la livre, 3 490 000 tonnes.

Si nous nous référons à un tableau retraçant le potentiel énergétique uranifère du monde occidental, on peut admettre que les ressources raisonnablement assurées à moins de 15 dollars la livre d' $U_3 O_8$  seraient en millions de tonnes d'uranium 1,08 ce qui correspond dans les centrales à eau ordinaire à 16 milliards de tonnes d'équivalent pétrole et à 1 080 milliards dans les surrégénérateurs. Les précédentes ressources supplémentaires estimées à moins de 15 dollars la livre se situeraient en millions de tonnes d'uranium à 2,08 et en milliards de tonnes d'équivalent pétrole, 31 milliards dans les centrales à eau ordinaire et 2 080 milliards dans les surrégénérateurs.

Enfin, le niveau des ressources totales raisonnablement assurées et supplémentaires estimées à moins de 30 dollars la tonne équivaldrait pour l'uranium à 3 500 000 tonnes et en milliards de tonnes d'équivalent pétrole dans les centrales ordinaires à 52 milliards et dans les surrégénérateurs à 3 500 milliards. Ces chiffres montrent que les réserves d'uranium sont relativement limitées si l'uranium est utilisé dans des centrales à eau ordinaire.

Elles sont beaucoup plus considérables quand on les utilise dans des surrégénérateurs mais un chiffre plus significatif encore est celui qui permet d'ajouter toujours selon le même auteur aux ressources précédentes, les ressources probables, les ressources vraisemblables et les ressources pauvres recensées. Nous arrivons

alors à un chiffre de 32,5 millions de tonnes d'uranium et en milliards de tonnes d'équivalent pétrole : 490 milliards pour les centrales à eau ordinaire et 32 500 milliards pour les surrégénérateurs.

Bien entendu, ces chiffres sont à manipuler avec beaucoup de précautions car il est exclu que l'on puisse exploiter toutes les ressources d'uranium connues et, dans tous les cas, il faudra apporter un coefficient correcteur en fonction du prix développé par les autres sources d'énergies, soit déjà connues, soit que l'on viendrait à mettre en exploitation dans les recherches qui sont faites actuellement.

## V. — Le phénomène écologiste et le problème de la prolifération.

Au moment où une série de réactions se développent dans le monde entier, pour ou contre l'énergie nucléaire mais souvent contre, il est bon de faire le point sur certaines de ces réactions.

Parmi elles, le phénomène écologiste récent, les chocs psychologiques créés par certaines déclarations émanant des Etats-Unis d'Amérique pour les utilisations civiles de l'énergie nucléaire, la révélation que ce grand pays qui possède encore des ressources naturelles considérables s'inquiète brutalement de son avenir énergétique.

En même temps, il réagit avec une candeur que nous voudrions croire uniquement dictée par une certaine naïveté contre les projets susceptibles de fournir une énergie abondante comme les surrégénérateurs et les usines de retraitement des combustibles irradiés qui, sous la garantie de contrôles très stricts peuvent seuls assurer la transition en attendant l'avènement de la fusion thermonucléaire contrôlée qui en est encore à ses balbutiements. Or, nous pourrions aisément démontrer que la prolifération que redoutent tous les membres du club atomique est malheureusement inévitable avec des moyens de plus en plus rustiques.

### 1° LE PHÉNOMÈNE ÉCOLOGISTE

Nous ne répéterons pas, ici, ce que nous avons déjà dit dans notre première partie sous le titre : «  
Pouvons-nous nous passer du nucléaire civil ? »

Nous avons entendu avec une certaine surprise certains écologistes et non des moindres, parler de croissance « 0 ». Cela porterait à sourire si le cheminement de cette idée ne risquait de gagner une opinion publique, qui, heureusement pour elle, quand elle est consultée par référendum ne se laisse que difficilement abuser.

La croissance « 0 » ne peut exister. Que nous puissions nous maintenir à notre niveau actuel exigerait que nous soyons maîtres des divers paramètres qui contribuent à ce maintien. Or la France



est tributaire de l'étranger pour 70 % de ses matières premières, pétrole compris, mais matières premières indispensables à notre industrie également et quand nous entendons réclamer notre indépendance, nous sommes confondus de cette inconscience qui nous pousse à en refuser les moyens.

Ce n'est pas nous qui fixons les prix des matières premières ; mieux encore, la plupart d'entre elles et c'est surtout vrai pour le pétrole, sont payables en dollars. Voilà donc deux paramètres essentiels qui nous échappent, c'est-à-dire le prix et la parité monétaire. De plus, ce n'est pas nous qui fixons les charges salariales souvent ridiculement dérisoires qui pèsent sur les prix de nos fournisseurs du Tiers Monde. Et c'est très récemment qu'un chef africain que nous estimons tous, M. Senghor, indiquait que sauf inflexion de la politique des pays industrialisés, les producteurs de matières premières seraient amenés à prendre des mesures de rétorsion.

Dans ces conditions et compte tenu de la conjoncture actuelle et de l'évolution que nous venons de signaler des esprits dans les pays producteurs de ces mêmes matières premières, la croissance « 0 » ne peut se traduire que par une croissance négative et nous ne pensons pas que l'opinion publique française soit disposée à accepter cette éventualité.

Cela ne veut pas dire et nous insistons bien sur ce point, que ne doivent pas être recherchées toutes les énergies de substitution, fussent-elles marginales et d'un accès industriel à longue échéance et nous voulons évoquer à ce sujet les énergies solaires, éolienne, géothermique et marémotrice.

La France malheureusement n'est pas spécialement favorisée sur le chapitre de la géothermie non plus que sur le chapitre des vents à part quelques régions privilégiées. L'énergie solaire en est encore à une production artisanale et sporadique. Pour en donner une simple idée : *pour l'équivalent d'une centrale nucléaire de 1 000 mégawatts électriques, il faudrait dans l'état actuel des techniques employées prévoir d'immobiliser par des panneaux capteurs près de 30 kilomètres carrés à la latitude du Sahara, et près de 60 kilomètres carrés à la latitude de l'Ile-de-France.* Pour produire autant d'énergie qu'un parc nucléaire de 5 000 mégawatts électriques qui occupe une surface de 1 à 2 kilomètres carrés, il conviendrait de disposer d'environ 300 kilomètres carrés ce qui représente à peu près 18 kilomètres de côté.

Nous voyons donc que dans l'état de la technique actuelle, les utilisations de l'énergie solaire ne peuvent être que ponctuelles et malheureusement marginales par rapport à nos besoins.

Les recherches s'orientent actuellement dans divers sens déjà cités.

Notre civilisation, quoi que nous en fassions, est basée pour une grande part sur l'emploi de l'énergie électrique. Force nous est de rechercher les moyens de produire cette énergie avec le minimum de nuisances, le maximum d'indépendance et au prix le moins élevé possible, ce qui n'exclut en aucune manière les recherches entreprises actuellement pour éviter les gaspillages ; recherches qui ont déjà permis de substantielles économies au cours des deux années précédentes.

Nous avons déjà dit que les écologistes ne devaient pas se tromper de combat et il est assez curieux de constater qu'ils ne protestent pas contre la prolifération de centrales de production d'électricité au charbon ou au fuel. Dans l'analyse de notre visite à l'usine de retraitement de La Hague, nous mettons en relief les différentes nuisances comparées des diverses méthodes de production d'énergie électrique.

Il en est de même de la prolifération pouvant conduire à l'arme atomique.

## 2° PROLIFÉRATION ET POSITIONS RESPECTIVES DES DIFFÉRENTS ÉTATS AYANT ACCÉDÉ A LA PUISSANCE ATOMIQUE ET SURTOUT A SA TECHNOLOGIE

Comme nous avons eu l'occasion de le dire, le plutonium n'est pas seul en cause dans la fabrication d'engins nucléaires et les bombes à uranium 235 fortement enrichi ont été couramment utilisées.

Nous rappelons pour mémoire qu'il existe d'innombrables procédés d'enrichissement de l'uranium.

L'uranium naturel, U 238 qui n'est pas fissile, contient 0,7 % d'uranium fissile et ces deux isotopes ne sont séparés que par des différences de masse assez peu sensibles.

La première méthode qui est également la plus coûteuse et la plus grosse consommatrice d'énergie est celle qui a été le plus

abondamment utilisée aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne et en France. Il s'agit du procédé d'enrichissement par diffusion gazeuse. L'hexafluorure d'uranium est pulsé par des pompes puissantes à travers des barrières poreuses qui laissent passer plus aisément les éléments légers que les éléments lourds. En répétant cette manœuvre, un très grand nombre de fois, des enrichissements progressifs sont obtenus et c'est ainsi que l'usine de Pierrelatte, la première construite en France, comprend en fait quatre étages. La première usine, dite usine basse qui enrichit à un degré très faible, puis une usine moyenne qui enrichit aux environs de 5 %, une usine haute et enfin une usine très haute procurant l'uranium 235 à plus de 90 % nécessaire à la fabrication des engins militaires et également à la propulsion navale.

C'est ainsi que cette usine construite à peu près uniquement pour des fins militaires et dont les deux premiers étages sont insuffisants pour alimenter des centrales nucléaires à uranium enrichi et eau légère dans les programmes définis par le Gouvernement doit être doublée par une usine beaucoup plus importante mais produisant uniquement de l'uranium 235 à faible enrichissement de l'ordre de 3 %. Sur le site de Tricastin, se construit maintenant l'usine d'Eurodif dans laquelle étaient associés au départ l'Allemagne et l'Angleterre qui se sont rapidement éloignées de ce procédé peut-être en le regrettant à l'heure actuelle et que nous avons assisté à des prises de participation de l'Iran, de l'Espagne et même de l'Italie et de la Belgique (voir détails dans l'exposé particulier sur Eurodif).

Eurodif produira 11 millions d'unités de travail de séparation. Cette unité est en réalité assez difficile à définir. Elle dépend à la fois de la teneur recherchée pour l'uranium 235 enrichi, de la teneur du rejet car il n'est pas possible d'utiliser tout l'uranium 235 inclus dans l'uranium 238 et par conséquent les différences en quantités d'unités de transformation de travail de séparation peuvent être assez importantes.

Pour fixer un ordre de grandeur et nous nous référons, pour ce faire, à l'excellent ouvrage de M. Lucien Thiriet : il faut environ 4 U. T. S. pour produire un kilogramme d'uranium à 3 % avec un taux de rejet de l'ordre de 0,25 %. Par conséquent, l'usine de Tricastin dont la capacité sera de l'ordre de 11 millions d'U. T. S. par an pourra fournir, toujours par année, quelques milliers de tonnes d'uranium enrichi à quelques pour cent et elle consommera environ 15 000 tonnes d'uranium naturel par an.

Compte tenu des projets en cours, compte tenu même de la modération relative qui a été apportée aux prévisions concernant ces projets, l'usine d'Eurodif elle-même deviendra insuffisante et c'est la raison pour laquelle a été décidée la construction d'une troisième usine d'enrichissement par diffusion gazeuse Coredif dont la capacité sera d'environ 5 à 6 millions d'U. T. S. et dont le site n'est pas encore défini. Ces usines d'enrichissement par diffusion gazeuse sont malheureusement grosses consommatrices d'énergie électrique et des centrales nucléaires sont nécessaires pour alimenter le site de Tricastin.

Mais d'autres procédés d'enrichissement peuvent être également utilisés. Nous rappellerons pour mémoire que la première bombe qui a explosé dans le désert du Nevada était probablement une bombe fabriquée à partir d'un procédé électromagnétique de peu d'avenir.

Un autre procédé, beaucoup plus prometteur et beaucoup plus avancé, est celui par ultracentrifugation. Ce procédé qui a, et ce n'est pas le moindre des paradoxes, rencontré l'adhésion des Américains, a fait l'objet d'un accord entre les Pays-Bas, la République fédérale allemande et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne, utilise en fait ce que nous pourrions appeler des écrémeuses tournant à très grande vitesse, plus de 40 000 tours à la minute, et par conséquent expulsant plus rapidement vers la périphérie les éléments les plus lourds de l'uranium 238 et laissant au centre les éléments de l'uranium 235.

Ce procédé, en multipliant par plusieurs centaines, quelquefois plusieurs milliers le nombre des centrifugeuses peut permettre d'arriver très rapidement à des enrichissements en uranium 235 suffisants pour fournir à un engin militaire la charge critique suffisante.

Aucun procédé ne peut être plus propice à la prolifération que celui-ci. En effet, n'importe quel Etat même de dimensions modestes peut, avec l'aide de quelques techniciens grassement payés et l'achat de quelques centrifugeuses, fabriquer de l'uranium 235 suffisamment enrichi pour construire un ou deux engins militaires ayant des effets au moins analogues à ceux de la bombe d'Hiroshima.

Bien entendu, il ne serait pas à leur portée de fabriquer suffisamment d'uranium enrichi, même à faible enrichissement, pour alimenter des centrales nucléaires qui exigent des tonnages importants. Mais l'avantage de ce procédé est de consommer peu d'éner-

gie et s'il est encore peu fiable en raison de la très grande vitesse de rotation et des complications du système, il est bien évident que les progrès rapides seront enregistrés dans cet ordre d'idées et qu'il est curieux de constater que les Américains qui sont si hostiles à la prolifération ne semblent pas émus par ce problème.

D'autres procédés existent. L'Afrique du Sud et l'Allemagne fédérale, chacune de leur côté peut-être avec des moyens légèrement différents, ont étudié un procédé par tuyères qui n'exige cette fois-ci aucune pièce tournante et par conséquent supprime les inconvénients signalés pour les centrifugeuses. Nous en reparlerons plus loin quand nous allons évoquer les procédés chimiques.

En effet, la France a indiqué à Salzbourg qu'elle avait étudié depuis 1970 un procédé de séparation isotopique qui éviterait la prolifération. D'après elle, il faudrait une trentaine d'années pour parvenir, par opérations successives fatalement très coûteuses, à obtenir l'uranium fortement enrichi nécessaire à la fabrication d'une bombe. De plus, les phénomènes de criticité exigeraient des précautions hors de portée de nations peu industrialisées.

Parallèlement, la République fédérale allemande a précisé qu'elle pouvait arriver aux mêmes résultats avec le procédé par tuyères.

Alors qu'avec l'ultracentrifugation un an suffit pour obtenir de l'uranium 235 en quantité utilisable, avec le procédé par diffusion gazeuse deux ans sont nécessaires et trente ans seraient indispensables avec le procédé français évoqué à Salzbourg. Ces différents procédés demandent évidemment à être mis parfaitement au point et c'est la raison pour laquelle la France a proposé une coopération internationale et nous pensons que dans ce domaine elle a parfaitement raison.

Mais d'autres procédés sont actuellement envisagés dont il ne faut pas négliger complètement les aboutissements. Tout d'abord le laser, ensuite les procédés par échanges d'ions. Tout cela encore à l'état de pré-étude pourrait peut-être un jour déboucher sur des réalisations concrètes.

On voit par cette énumération rapide que l'utopie de la non-prolifération demeure une utopie, que cela peut peut-être retarder de quelques années la mise au point par un certain nombre de puissances plus ou moins politiquement majeures d'une arme atomique, mais cela ne saurait être valable pour un temps relativement long.

Dans un article du *Monde* du 27 avril 1977, paraissait dans la rubrique des sciences et des techniques sous le titre *Super Phénix : un Concorde nucléaire* une sorte de parallèle entre l'échec commercial de Concorde aux U. S. A. et celui probable selon l'auteur du Super Phénix surrégénérateur de 1 200 MWa. Il est évident qu'aucune ressemblance ne saurait être imaginée entre ces deux créations.

Nous n'avons pas la prétention de vendre aux U. S. A. des surrégénérateurs mais, en revanche, la renonciation provisoire des U. S. A. à la surrégénération paraît bien être une manœuvre destinée à permettre aux sociétés atomistes américaines de combler un retard pris — une fois n'est pas coutume — sur la France.

Nous ne voyons pas en quoi cette mesure pourrait — sauf pressions diplomatiques toujours possibles et déjà enregistrées dans d'autres domaines de la part des U. S. A. — nous empêcher de vendre à l'étranger des surrégénérateurs. S'il nous en fallait une preuve supplémentaire, nous la trouverions dans l'interdiction du Président des U. S. A. à l'encontre du retraitement des déchets ; outre que cette mesure apparaît comme un non-sens technique, le volume de ces déchets contenant du plutonium 239 et de l'uranium 235 parmi d'autres transuraniens étant infiniment plus important et plus difficile à stocker qu'après traitement et cependant la France et la République fédérale allemande viennent de renoncer, sauf pour les contrats en cours, aux ventes à l'étranger.

Il faut noter et ce n'est pas là aussi le moindre paradoxe que la principale société ayant prévu de construire une usine en 1979 a indiqué, il y a quelques semaines, qu'elle poursuivrait ses études, comme si rien ne devait se passer de contraire à ses projets et il est vraisemblable que cette société américaine était parfaitement bien renseignée.

Il semble que l'opposition aux surrégénérateurs fasse partie de la campagne systématique de dénigrement contre tout ce qui pourrait contribuer à améliorer notre situation économique et notre balance des comptes tout en apportant dans le domaine de nos relations avec les pays étrangers une concurrence que les sociétés américaines semblent de moins en moins sujettes à supporter.

Nous voulons espérer que si malheureusement pour le Concorde nous dépendons du bon vouloir des Etats-Unis, il n'en sera pas de même pour le Super Phénix. Et, puisque nous en arrivons à citer les manœuvres qui se développent malheureusement sur notre ter-

ritoire même contre l'emploi de l'énergie nucléaire et *a fortiori* de la surrégénération, comment ne pas regretter la publicité excessive qui est donnée à des incidents jusqu'à présent heureusement mineurs enregistrés dans des centrales nucléaires et qui, comme nous l'avons dit plus haut, sont inhérents à toute œuvre humaine. Récemment encore en Espagne, une radioactivité ayant été immédiatement décelée, une centaine d'ouvriers ont été mis sous surveillance médicale et on a pu constater que les taux de radioactivité dont ils avaient été victimes sont de l'ordre du tiers des doses tolérées normalement dans l'organisme.

En revanche, les mêmes accepteraient volontiers de voir construire sur leur territoire communal des centrales thermiques au fuel alors que nous avons vu se développer dans la mer du Nord, ce qui aurait pu être l'une des plus grandes catastrophes écologiques de l'histoire et que les dangers des forages off shore ne pourront que croître avec l'accès aux grandes profondeurs.

## VI. — Les activités des différents centres relevant du Commissariat à l'énergie atomique.

### A. — LE CENTRE DE SACLAY

La visite du Centre de Saclay s'est située le 15 février 1977. Elle n'a pu être que superficielle faute de connaissances techniques suffisantes de l'enquêteur ; elle fut riche en exposés effectués soit dans certaines des parties de Saclay proprement dites, soit dans la salle de l'Orme des Merisiers.

Le site avait été choisi dès 1946 par Frédéric Joliot sur le plateau de Saclay de façon à pouvoir y transférer aisément, le cas échéant, étant donné leur proximité, les installations existant au fort de Châtillon ou des éléments de recherche importants trouvent difficilement leur place.

C'est le 11 décembre 1946 qu'un arrêté paraissant au *Journal officiel* déclarait d'utilité publique et urgente l'acquisition de deux terrains situés en bordure de la route nationale 306 et empiétant sur les communes de Saclay-Villiers-le-Bacle, Saint-Aubin et Gif-sur-Yvette.

Depuis, ce centre situé à l'origine en pleine nature a trouvé dans son environnement immédiat des installations soit du domaine universitaire ou grandes écoles, soit du domaine purement civil.

Ce centre occupe actuellement une superficie de 150 hectares avec une annexe de 50 hectares « l'Orme des Merisiers » situé à 2 kilomètres et qui abrite la majeure partie de la division de physique.

L'effectif y est d'environ 4 800 agents du C. E. A. dont 300 à l'Orme des Merisiers auxquels il convient d'ajouter 700 chercheurs, stagiaires et collaborateurs divers, selon un principe qui nous paraît sage d'ailleurs et qui consiste à associer des stagiaires qui, par la suite, pourront assurer la relève d'un certain nombre de chercheurs.

A Saclay, se trouve également une école délivrant des diplômes permettant aux intéressés de trouver plus aisément à se caser dans l'industrie ou dans les centres dépendant du Commissariat



à leur sortie de cette école. Nous souhaitons que leur nombre soit le plus élevé possible et la plus grande partie des frais entraînés par ces stagiaires est supportée par leur organisme d'origine. A ce personnel, il faut ajouter environ 1 500 personnes qui viennent y travailler quotidiennement pour l'entretien des installations, la restauration, le nettoyage, etc., et enfin les filiales implantées à Saclay y emploient environ 500 agents.

Ce centre comprend sept unités opérationnelles :

- Division de la physique ;
- Département de biologie ;
- Département de sûreté nucléaire ;
- Division d'études et de développement des réacteurs ;
- Division de métallurgie et d'études des combustibles nucléaires ;
- Département d'exploitation des réacteurs ;
- Institut des sciences et techniques nucléaires.

Trois autres unités y sont partiellement implantées, une partie de la Division de la chimie :

- Départements de transfert ;
- Conversion de l'énergie ;
- Département de protection.

Quant aux filiales, Technicatome, C. I. S. I., Inter Contrôle, elles sont au nombre de trois et y cohabitent des organismes qui travaillent en collaboration avec le C. E. A., c'est-à-dire :

- le C. N. R. S. ;
- le Laboratoire Piersu ;
- et le Laboratoire Brioux.

La répartition entre les différentes unités est évidemment très variable. Pour en donner un exemple, la recherche fondamentale représente 39,7 %, la protection et la sûreté nucléaire 6,4 %, les applications industrielles nucléaires 36,4 %, la coopération industrielle non nucléaire hors radioéléments 3,5 %, la coopération industrielle nucléaire radioéléments seuls 9,7 %, les programmes d'intérêt général pour 3,2 % et les programmes d'intérêt commun et divers 1,1 %.

Cela posé, Saclay est un organisme d'études et de recherches qui ne produit pas à proprement parler d'énergie civile puisque les réacteurs que ce soit EL 2 maintenant arrêté, EL 3, Osiris et maintenant Orphée en construction, sont des réacteurs de recherche de puissance thermique allant de 25 à 70 mégawatts thermiques.

Les chiffres que nous possédons en ce qui concerne les dépenses remontent malheureusement à 1975. Pour le Centre d'études nucléaires de Saclay, elles se situent à 1 086 millions sur un total de 2 214 millions pour le C. E. A. soit 49 %.

Les prévisions pour 1976, dont nous n'avons pas les résultats définitifs, montrent que les dépenses du centre doivent avoisiner 1 219 millions, soit une augmentation de 12 % qui est à rapprocher de l'augmentation générale du coût de la vie.

Nous n'avons visité que le réacteur de recherche Osiris et d'ailleurs notre but n'était pas de rentrer dans le détail de fonctionnement des nombreux outils dont dispose le Commissariat à l'énergie atomique.

Ce qui nous intéressait plus spécialement était d'approfondir la vocation de recherche fondamentale et de recherche appliquée du Centre de Saclay.

Il a été souvent épilogué au Parlement sur la nécessité de la recherche fondamentale. Nous avons connu le temps de sa mise en relief par rapport à la recherche appliquée : ces dernières années, un certain revirement s'était fait jour et inversait les priorités.

Comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire bien souvent, les bouleversements actuels du monde et les transferts d'activités sans cesse croissants entre les nations industrialisées et les nations en voie de développement, rendent indispensables, pour un pays comme le nôtre dépourvu de matières premières essentielles, l'accroissement des moyens intellectuels qui trouvent leur épanouissement dans la recherche fondamentale. Ils nous permettent de trouver dans ces découvertes de nouvelles applications à apporter à certains principes déjà connus. De là dérivent les moyens d'exporter une matière grise dont le prix est sans commune mesure avec les produits que nous pourrions exporter et pour lesquels nous nous trouvons en concurrence avec des pays ayant soit une main-d'œuvre sous-payée, soit des facultés de dumping que des dernières conférences internationales n'ont pas réussi à museler.

La recherche fondamentale à Saclay est axée sur les activités suivantes :

- physique nucléaire et physique des particules élémentaires ;
- physique des plasmas et fusion contrôlée.

Ce dernier point est extrêmement important au moment où l'on envisage dans un avenir que nous pouvons évaluer à trente ou quarante ans cette solution idéale comme énergie de substitution.

Les recherches concernent aussi l'astrophysique des rayonnements ionisants, la physique des solides et la métallurgie physique, la physico-chimie des rayonnements ionisants (ce domaine touche à la fois à la protection, à la meilleure connaissance des moyens d'assurer cette protection et aussi à des applications militaires auxquelles nous ferons allusion dans la partie militaire), la chimie (dont les secteurs liés au contexte nucléaire sont surtout les composés fluorés et les transuraniens), la biologie en particulier dans les domaines bénéficiant des compétences des centres d'études nucléaires, méthode isotopique, action des rayonnements, etc.

La recherche fondamentale occupe 1 897 collaborateurs du C. E. A. et 835 collaborateurs non C. E. A. Il ne s'agit bien entendu pas des personnels du siège et des centres travaillant pour la recherche fondamentale. Il faut également noter que ces chiffres ne comprennent pas le personnel des entreprises extérieures dont les filiales du C. E. A., telles que C. I. S. I. ou Techicatome.

Notons également la collaboration du Centre de Saclay au programme d'astrophysique nucléaire qui s'est poursuivi autour de deux grands axes de recherche, l'astronomie X et Gamma et la composition du rayonnement cosmique d'origine galactique. Les études sont effectuées en collaboration étroite avec le Centre national d'études spatiales.

Nous n'aborderons qu'avec timidité un autre problème qui est celui du rattrapage du retard que nous avons pu enregistrer dans certaines parties de notre recherche fondamentale par rapport aux grandes puissances qui voudraient bien conserver leur avance initiale. Nous voulons parler des Etats-Unis et de l'U. R. S. S.

Il nous faudrait alors axer nos recherches sur la solution de problèmes qui n'ont pas trouvé encore de solution par exemple dans l'examen plus approfondi, voire la fission d'éléments lourds tels que les protons.

En conclusion, de cette approche très superficielle de Saclay, nous pouvons affirmer qu'il s'agit là d'un outil remarquablement mis au point et qui a associé à ses recherches le C. N. R. S., des stagiaires émanant de l'Université ou de grandes écoles et que, par conséquent, il mérite sous les quelques réserves que nous formulerons en matière de conclusion générale, de retenir à la fois notre attention et de provoquer de notre part des réactions favorables. Il est certain que sa contribution à la construction de centrales nucléaires civiles et surtout à l'étude de la fusion contrôlée — qui encore une fois nous paraît être l'énergie de l'avenir pour un pays comme le nôtre — à eux seuls suffiraient à justifier les moyens considérables employés par Saclay.

Mais notre exposé ne serait pas complet si nous ne soulignons à nouveau la collaboration et les coordinations entre la recherche fondamentale au C. E. A. et celle d'autres organismes de recherches.

Pour la recherche fondamentale et indépendamment des instances de coordination au niveau national, tels que les ministères, la D. G. R. S. T., la C. C. R. S. T., la D. G. E. et les commissions du Plan, tout un réseau de collaboration propre à la recherche fondamentale existe.

Pour la recherche fondamentale en général, le Conseil scientifique de l'Institut de recherche fondamentale du C. E. A. avec une participation de représentants du C. E. A. aux commissions du C. N. R. S., de l'I. N. S. E. R. N., au conseil d'administration de l'I. N. 2 P. 3 et à divers conseils et comités du C. E. R. N. et de l'Euratom.

Le Comité de coordination de la physique nucléaire et de la physique des particules créé en 1972 a notamment pour tâche d'harmoniser les programmes de l'I. N. 2 P. 3 du C. E. A. et de l'action française au Conseil du C. E. R. N. Deux sous-comités, l'un pour la physique nucléaire, l'autre pour la physique des particules assurent la préparation des travaux du comité.

Le C. E. A. et l'I. N. 2 P. 3 exploitent en commun le laboratoire Saturne II. De même, ils sont associés pour la construction et pour l'exploitation de l'accélérateur national à ions lourds à Caen.

Des échanges de renseignements ont lieu avec d'autres Etats, dont l'U. R. S. S., pour la physique des particules élémentaires.

Pour la fusion contrôlée des études s'effectuent dans le cadre d'une association avec Euratom gérée par un comité de gestion. Là aussi, un accord de collaboration C. E. A.-Comité d'Etat sovié-

tique et un accord C. E. A.-R. D. A. existent pour la fusion contrôlée. Pour la physique du solide, le C. E. A. et le C. N. R. S. sont associés au sein de l'Institut Laue-Langevin à Grenoble pour le réacteur à haut flux dont nous vous évoquons la consistance par ailleurs.

L'université Paris VI est associée au C. E. A. au Laboratoire de biologie marine de Villefranche-sur-Mer. L'université d'Orsay collabore avec le C. E. A. ainsi qu'avec l'université d'Orléans sur la fabrication et l'étude des molécules marquées au carbone 13.

Nous avons évoqué la collaboration avec le C. N. E. S. mais de même, le C. E. A. et le C. N. R. S. sont associés dans le laboratoire des faibles radio-activités de Gif-sur-Yvette.

Pour répondre à l'une des préoccupations qui se sont manifestées sur la productivité bien entendu relative des grands appareils d'un prix très élevé, signalons que les programmes de ces appareils sont établis en accord avec les utilisateurs scientifiques intéressés.

Il s'agit là du Comité Saturne qui concerne le Saturne actuel, du Comité de l'accélérateur linéaire de Saclay, du Comité d'utilisateurs de Mirabelle que nous avons fourni à l'Union soviétique, du Comité du microscope d'un million d'électrovolts (MeV) de Grenoble. Enfin, signalons une collaboration avec le Laboratoire de métrologie qui, à des titres personnels, nous intéresse particulièrement.

Dans le domaine des isotopes et en particulier dans celui des traceurs, signalons que devant la concurrence privée, le Commissariat à l'énergie atomique et en particulier le Centre de Saclay ont dû renoncer totalement ou partiellement aux applications industrielles.

En revanche, les progrès sont toujours très importants dans le domaine de la biologie médicale mais, malheureusement, la rentabilité de cette action est encore assez mince avec cependant quelques progrès. Néanmoins, il serait à notre avis malheureux de l'abandonner, ce qui fournirait aux Etats étrangers un quasi monopole pour les études entreprises par nos chercheurs médicaux des divers centres hospitaliers et constituerait à la fois un handicap pour notre recherche fondamentale et également pour la Santé publique.

## B. — LE CENTRE DE GRENOBLE

La visite à Grenoble s'est située le 22 février. Arrivé la veille, nous avons été hébergé à la maison d'hôtes du centre.

Il nous a été donné d'entendre un exposé de M. Gerbier, directeur du centre sur les missions principales du Centre d'études nucléaires de Grenoble, un exposé de M. Mondin, chef du Département de transfert et de conversion d'énergie sur les activités du département et, après la visite des installations, un exposé de présentation sur l'Institut Laüe-Langevin avec le réacteur à haut flux. Cette présentation nous a été effectuée par MM. Joffrin et Jacquemain.

Enfin, une présentation du Laboratoire d'électronique et de technologie de l'informatique par M. Cordel, directeur du laboratoire, ainsi que la visite de l'atelier-pilote dans lequel sont traitées par injection de matière plastique et traitement sous rayonnement gamma les œuvres d'art qui, par suite de leur vieillissement naturel, sont en voie de dépérissement.

Rappelons que c'est par un procédé analogue mais qui ne faisait intervenir que les rayons gamma que la momie de Ramsès II a été traitée avant son retour au Caire.

Le Centre d'études nucléaires de Grenoble a été créé en 1956 comme premier centre civil en province. Le souci affiché à l'époque était de décentraliser les activités de recherche et de faire passer dans les faits une collaboration entre la recherche publique et l'activité industrielle. Ajoutons que cet objectif semble avoir été parfaitement obtenu et que même il a été étendu dans un domaine international puisque nous avons pu enregistrer pour l'exploitation du réacteur à haut flux en particulier la participation de l'Angleterre et de l'Allemagne.

Depuis le décret du 29 septembre 1970, la structure du centre a été profondément modifiée. Le directeur du centre n'exerce plus d'autorité directe sur le déroulement du programme de recherches qui sont conduites dans des unités opérationnelles dont les responsables appliquent la politique définie par les délégués de mission. Ainsi, de nombreux laboratoires sont regroupés en trois grandes unités opérationnelles basées à Grenoble, la D.R.F., la D.T.C.E.

et le L.E.T.I. tandis que d'autres laboratoires sont attachés à de grandes unités opérationnelles créées sur le plan national telles que D.C.H., P.P.H., D.M.E.C.N.

La mise en place progressive du groupe du Commissariat a d'ailleurs conduit à une évolution de ces structures nouvelles avec la création de l'I.R.F. et de filiales, en particulier à Grenoble des éléments de C.I.S.I. et de COGEMA. Le personnel a atteint son effectif actuel en 1969-1970 avec environ 1 500 personnes.

La direction du Centre d'essais nucléaires de Grenoble comprenant 301 personnes à l'administration et à la gestion générale et la technique dont 40 ingénieurs ou cadres, 351 unités scientifiques et techniques de support dont 85 ingénieurs ou cadres.

La moyenne d'âge se situe à quarante-deux ans environ, 72 % du personnel est d'âge compris entre trente-cinq et cinquante ans, 13 % au moins de trente-cinq ans et 15 % plus de cinquante ans mais seulement 0,5 % a soixante ans ou plus. Nous rencontrons à Grenoble les mêmes difficultés que l'on rencontre à Saclay quant au renouvellement et au rajeunissement du personnel.

Le budget pour 1977 s'élève à un total de 462 223 000 F pour lesquels la main-d'œuvre ressort à 184 688 000 F, soit 40 %. La recherche fondamentale représente 105 millions de francs, la recherche appliquée nucléaire 105 millions et la recherche appliquée non nucléaire 114 millions de francs.

Nous passerons rapidement en revue les différents départements constituant le Centre d'essais nucléaires de Grenoble.

Tout d'abord le Département de transfert et de conversion d'énergie qui comporte un effectif de 204 personnes dont 73 ingénieurs appartenant au C.E.A. et des effectifs non C.E.A. de 101 comprenant des boursiers de thèses, des stagiaires en complément de formation, des stagiaires étrangers, des stagiaires militaires et du personnel d'assistance technique.

Quant au budget de fonctionnement pour 1977, il s'élève à 73 millions de francs dont 18 millions de francs pour les études fondamentales et le support, 38 millions de francs pour les études nucléaires et 17 millions de francs pour les études de diversification. Le dernier chapitre comporte des recettes extérieures de l'ordre de 6 millions de francs provenant de l'industrie et d'organismes publics. En outre, environ 15 % du budget est récupéré par des recettes différées sous forme de redevances.

Les études de support de recherche fondamentale et nucléaire donnent lieu à 7 millions de francs de recettes en provenance d'E. D. F., de Technicatome, de Framatome et d'autres unités du C.E.A.

Le service des basses températures a pour but de mettre au point les dispositifs criogéniques permettant les applications aux réacteurs de recherche du centre de Grenoble et aux accélérateurs de particules sous irradiation aux très basses températures. Un rôle important dans le piégeage criogénique servant à l'élimination des gaz de fission des réacteurs électronucléaires est assuré par 60 collaborateurs du C. E. A. dont 18 ingénieurs. Ce service s'occupe également de recherche fondamentale en créant des défauts par irradiation en basse température. Dans le domaine des supraconducteurs, il étudie la transition vitreuse dans les solides amorphes et l'interaction des photons et des défauts, en particulier magnétiques, dans les monocristaux isolants. Enfin, le service des basses températures s'occupe de l'étude et de la réalisation d'équipements et d'appareils criogéniques pour les physiciens et de la liquéfaction et la vente de fluide criogénique. En diversification, il étudie la liophilisation et la métrologie à basse température.

Le service des transferts techniques (S. T. T.) a été créé pour étudier les problèmes posés par les réacteurs nucléaires tant en régime normal qu'en cas d'accident. Il s'agit là d'analyses de sûreté qui nous paraissent essentielles. Il occupe 111 collaborateurs du C.E.A. dont 40 ingénieurs.

Il joue un rôle important dans l'étude de francisation de la filière des réacteurs à eau légère pressurisée Westinghouse qui sont actuellement les plus répandus dans le monde. De même, il procède à l'évaluation des risques et mesures de préventions concernant certains accidents types.

Il poursuit des études liées au projet de réacteur Super Phénix et au réacteur commercial suivant. Enfin, des études de sûreté concernant la filière à neutrons rapides avec la même philosophie que pour les réacteurs à eau.

Mais là ne s'arrêtent pas les problèmes de diversification. Nous citerons pour mémoire le dessalement de l'eau de mer par distillation avec exploitation d'une station d'essai dans l'arsenal de Toulon. La France est le quatrième fournisseur mondial de ce genre d'installation.



Le Centre de Grenoble travaille aussi sur la récupération des calories à faible niveau pour le chauffage des serres, l'utilisation de pompes à chaleur, problèmes qui se posent de façon aiguë dans les centrales nucléaires qui rejettent des eaux à basse température, 30°, dont l'utilisation est malaisée. Ces recherches intéressent les points suivants :

— récupération de 10 % d'énergie dans les usines d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse, ce qui procurerait des économies importantes ;

— étude de cycles thermodynamiques d'échangeurs et de moteurs pour faire avancer l'utilisation de l'énergie solaire ;

— étude des écoulements liquides vapeur dans des roches fissurées pour utiliser au mieux l'énergie géothermique ;

— enfin, transfert de chaleur industrielle, refroidissement de moules de fonderies, de laminoirs continus, de plate-forme d'exploitation de pétrole *off shore*, etc.

Un problème important qui est encore à l'état embryonnaire est l'étude de la conversion directe de chaleur en électricité. Ce programme a été provisoirement arrêté et le service consacre actuellement la majeure partie de son activité à l'énergie solaire dont on sait combien elle est à l'ordre du jour.

La répartition des effectifs comprend 29 collaborateurs dont 19 ingénieurs.

Les études du Service d'études énergétiques comprennent d'une part :

— des études nucléaires avec le refroidissement de secours des réacteurs à eau et les transferts de chaleur dans les réacteurs à sel fondu (surrégénérateurs en particulier pour le refroidissement par sodium fondu) ;

— des études d'énergie solaire avec la métrologie du rayonnement solaire et l'étude de systèmes divers, pompage, chauffage, dessalement solaire ;

— l'exploitation de bancs d'essais de collecteurs en soleil artificiel à Saclay et réels à Cadarache et les essais de systèmes thermodynamiques ;

— recherches solaires avancées avec l'amélioration des capteurs solaires plans ;

— l'étude de capteur à faible et moyenne concentration ;

— production de froid solaire et production d'hydrogène solaire.

— d'autres études de diversification telles que la propulsion dyphasique ;

— le stockage à basse et moyenne température et le système de pompage *air lift* pour l'exploitation du fond des océans. Le Département de transfert et de conversion d'énergie (D. T. C. E.) effectue également des études pour Tecnicatome qui sont payées à 100 %, pour Framatome qui sont financées partiellement par cette société, le reste étant pris sur la subvention C.E.A.

En diversification, le service a des rapports avec des filiales spécialisées dans le dessalement de l'eau de mer et de l'énergie solaire, avec le G. E. D. E. S., Groupe d'études de dessalement des eaux salées, dans lequel jusqu'en 1975 la Société Alsthom était leader technique. Le D. T. C. E. retirait de cette collaboration environ 400 000 F d'études par an. Depuis 1975, la Compagnie générale d'automatisme a remplacé Alsthom ; elle appartient au groupe C. G. E. qui n'a encore obtenu aucun marché de dessalement. Actuellement, la situation est au point mort. En ce qui concerne le dessalement, le groupement Hydes formé par la Société centrale pour l'équipement du territoire international et le Bureau d'études techniques pour l'urbanisme et l'équipement a pour but de fournir des conseils pour l'approvisionnement en eau et le dessalement. Depuis l'agrément officiel de l'Hydes dans les pays du Moyen-Orient, ce groupement a pris un essor prometteur.

En fait, ce département de transfert et de conversion d'énergie est une unité opérationnelle de petite taille et son activité n'est pas centrée sur un programme unique mais autour de spécialisations assez étroites utilisées dans plusieurs programmes très différents, réacteurs nucléaires en priorité mais aussi physique du solide, équipement criogénique, énergie solaire, économies d'énergie, transfert thermique industriel. C'est une unité prestataire d'études avancées.

Nous ne voudrions pas terminer ce chapitre sans souligner combien ce département entretient des relations internationales qui sont précieuses : pour l'étude de sûreté des réacteurs à eau et des réacteurs rapides avec la R. F. A., Euratom, l'Italie et la Belgique ; pour le dessalement de l'eau de mer avec l'U. R. S. S., le Brésil et l'Égypte ; pour les études criogéniques avec le

C. E. R. N. et l'université de Nottingham. Son Laboratoire d'électronique et de technologie de l'informatique est lié à des opérations commerciales car ses recherches fournissent des licences et des relations existent pour la micro-électronique avec le Viet-Nam, le Brésil et pour le développement d'un appareil de diffraction X avec l'Union soviétique.

Le Département de recherche fondamentale coopère avec l'Euratom (le Centre de Karlsruhe) sur les actinides et le laboratoire de physique du solide et chimie physique nucléaire. De nombreux contacts avec les différents laboratoires étrangers, Etats-Unis, Allemagne, Angleterre, Amérique du Sud sont entretenus par des missions ou l'accueil des collaborateurs.

Le Département de métallurgie coopère avec la Gulf Atomic Energy sur les combustibles des réacteurs à haute température.

Enfin, la fusion contrôlée fait appel à un contrat passé dans ce domaine avec Euratom et à la coopération avec l'Union soviétique.

Nous voudrions en terminant, évoquer les difficultés rencontrées par le fonctionnement du réacteur à haut flux de Grenoble, réacteur permettant la simultanéité de recherches programmées à l'avance et affectant des pays tels que l'Allemagne, l'Angleterre et la France y associant l'université et même l'industrie. Ces programmes sont commandés à l'avance et par conséquent, peuvent être programmés mais l'utilisation du réacteur à haut flux exige de l'uranium fortement enrichi à 93 % d'uranium 235.

Comme l'usine de Pierrelatte est seule capable à très haut prix à l'heure actuelle en France de fournir de l'uranium enrichi à un tel degré, le Centre d'essais nucléaires de Grenoble a eu recours à des contrats avec des Américains soit en envoyant en Amérique pour enrichissement à 93 % de l'uranium faiblement enrichi, soit en envoyant au contraire de l'uranium déjà assez fortement enrichi dépassant 50 % et destiné à être porté à 93 % d'uranium 235.

L'embargo mis pendant un temps après l'avènement du nouveau Président de la République sur les livraisons d'uranium fortement enrichi a amené le Centre d'essais nucléaires de Grenoble à se demander s'il n'allait pas être forcé d'arrêter le réacteur à haut flux ou à utiliser de l'uranium émanant de Pierrelatte et dont le prix serait d'environ quatre fois supérieur à celui de l'uranium

fourni par les Etats-Unis. Il semble que depuis quelques jours ou depuis quelques semaines un certain virage ait été pris par l'administration américaine et qu'à nouveau des livraisons d'uranium fortement enrichi pour des recherches scientifiques avec, il faut bien le dire, un contrôle assez strict, a été envisagé. Nous espérons que de cette manière, nous ne serons pas obligés d'arrêter un outil dont le fonctionnement est indispensable à un certain nombre de recherches qui nous apparaissent comme fondamentales dans le domaine des techniques civiles et militaires.

### C. — LE CENTRE DE CADARACHE

La visite des établissements de Cadarache s'est effectuée le 23 février. C'était la troisième fois que nous nous rendions à Cadarache, ce qui nous a permis de constater l'évolution du centre et également de s'apercevoir que l'accueil est toujours aussi sympathique.

Notre accompagnateur habituel, M. Bruneau, chargé précisément par le Commissariat à l'énergie atomique des relations avec le Parlement et qui nous avait accompagné jusque-là, a cédé à Cadarache la place à M. Pelletier.

Nous avons entendu successivement un exposé de M. Delayre, chef du Département des réacteurs à eau sur le programme français eau légère, un exposé de M. Andrieux, directeur général de Technicatome et chef du Département de propulsion nucléaire sur le développement des systèmes à eau légère des petites et moyennes puissances. Puis nous avons visité les installations du C. A. P. (Chaudière avancée prototype) et du P. A. T. (prototype à terre) ainsi que le hall d'essai de Rhapsodie avant d'entendre un exposé de M. Stoskopf, chef du Département des réacteurs à neutrons rapides. Notre programme comportait encore la visite des halls d'essai de technologie du sodium, un exposé de M. Mustellier, chef du Département du développement des éléments combustibles à la Division de métallurgie et d'études des combustibles nucléaires sur le cycle du combustible de la filière des réacteurs rapides, un exposé de M. Bâilly, chef du Service d'essai de sûreté, Département de sûreté nucléaire à l'Institut de protection et de sûreté nucléaires (I. P. S. N.), sur les programmes d'essai de sûreté (Sura et Phébus). Pendant le parcours de la zone, il

nous a été également donné de visiter les cultures sous serres avec différents procédés pour utiliser la chaleur résiduelle des réacteurs.

Nous évoquerons rapidement l'évolution de l'histoire de ce centre que nous avons déjà eu l'occasion de souligner dans des rapports précédents. Les critères qui ont présidé à son installation sur 1 600 hectares dont 900 à l'intérieur de la clôture étaient les suivants : faible densité de population autour du centre, bonne alimentation en eau et en électricité aux confluent de la Durance et du Verdon et la présence d'une ville universitaire à moins de 40 kilomètres.

Le centre a connu des fortunes diverses en ce sens qu'il a dû s'adapter assez rapidement à une évolution des techniques concernant la production d'énergie électrique.

L'abandon en 1970 de la filière Graphite-Gaz a amené la fermeture du réacteur Pégase qui était voué à l'étude des combustibles à uranium naturel et qui a vu sa fin se produire en 1975.

Le Département des réacteurs à eau a été créé au milieu de 1975 et a groupé l'ancien service de la pile Pégase ainsi que quelques unités de physiciens dont les programmes rétrécissaient. L'unité se situe actuellement entre E. D. F. et Framatome d'une part et le Commissariat à l'énergie atomique d'autre part : elle est chargée d'en valoriser la compétence en matière de réacteur à eau ordinaire pressurisée.

La compétence de Cadarache dans ce domaine ne peut être mise en cause car elle a bénéficié au sein du Département de propulsion nucléaire des agents qui, en gardant le statut du C. E. A., ont été rangés sous la raison sociale de Technicatome. C'est ainsi que le prototype à terre de la chaufferie nucléaire des sous-marins de la force nucléaire stratégique sert actuellement d'école aux équipages de la Marine nationale et permet des irradiations expérimentales. Son extrapolation civile, la chaudière avancée prototype a divergé fin novembre 1975 et devrait trouver des applications commerciales pour la propulsion navale civile et les centrales de petite puissance pour lesquelles un marché de très grande importance semble actuellement pouvoir être envisagé dans les pays en voie de développement.

En ce qui concerne la surrégénération, nous avons eu l'avantage d'examiner les pièces qui venaient d'être démontées du réac-

teur expérimental Rhapsodie qui avait fêté ses dix ans d'exercice. Nous avons pu constater que certains des reproches que l'on faisait au refroidissement par sodium liquide étaient nettement exagérés. Les surfaces des pièces démontées et en particulier de la calotte nous ont montré que l'érosion était pratiquement nulle et qu'au contraire, tout paraissait s'être passé d'une façon absolument normale pendant les dix ans d'existence de Rhapsodie. Cette approche a été complétée par la visite que nous avons ensuite effectuée à Marcoule où nous avons pu examiner le réacteur Phénix après deux incidents sur lesquels nous reviendrons et qui ont démontré que ce que l'on craignait avec le sodium liquide ne paraissait pas se confirmer dans la pratique d'une façon dangereuse.

Le Centre de Cadarache effectue des recherches sur le développement en matière de combustibles au plutonium et quelques 25 000 aiguilles combustibles ont été fabriquées dans ce centre pour Rhapsodie et 40 000 aiguilles pour Phénix. Un atelier est en cours d'extension pour la fabrication du premier cœur de Super-Phénix.

Les études de sûreté nucléaire sont étroitement poussées avec la refonte du réacteur Cabri qui permet des simulations d'incidents et en particulier la simulation de l'emballement accidentel d'un sur-régénérateur à neutrons rapides. De même, une expérience Scarabée remodelée va recommencer l'étude de la tenue des combustibles au plutonium dans des conditions accidentelles de défaut de régénération.

Enfin, le nouveau réacteur Phébus va permettre l'étude de la dépressurisation accidentelle d'un réacteur P. W. R.

Un point qui nous apparaît comme important et qui dépend du Département de protection est la Section de radio-écologie continentale qui étudie les mécanismes de transfert, de migration et de concentration des radio-nucléides émis en faible quantité par le sol, l'eau, l'air, la flore, la faune et la chaîne alimentaire. Ces essais nous paraissent de première importance dans une période où les critiques ne manquent pas de se faire jour contre la prolifération des centrales productrices d'énergie et, *a fortiori*, les centrales productrices d'éléments issus du retraitement des combustibles irradiés.

Il existe également à Cadarache un service de chimie appliquée qui s'occupe du traitement, dans une usine pilote, de l'uranium enrichi pour la transformation de l'hexafluorure d'uranium en poudre d' $\text{UO}_2$  propre à être frittée en éléments combustibles.

La radio-agronomie dont nous avons signalé plus haut que nous avons eu l'occasion de la visiter utilise les rayons gamma pour améliorer les plantes et conserver les denrées alimentaires ; elle utilise également les neutrons pour développer les instruments de mesure de l'humidité des sols et les traceurs radioactifs pour faire avancer les connaissances dans tous les mécanismes fondamentaux de l'agronomie.

Le centre occupe 3 400 personnes dont 2 300 agents du Commissariat à l'énergie atomique.

Le S. P. R. exerce une mission de conseil, de surveillance, de contrôle et d'intervention en cas d'incidents radioactifs. Il prend en charge les effluents et les déchets radioactifs et procède à leur décontamination par distillation, ce qui est la garantie de leur décontamination quasi totale.

Les prélèvements effectués dans la Durance indiquent que les rejets qui sont effectués par le Centre de Cadarache n'entraînent aucune variation significative en ce qui concerne la radioactivité de ce fleuve.

Les déchets radioactifs sont bloqués dans un mélange de ciment plus bitume, coulés dans des containers en acier stockés sous des hangars et peuvent être transportés vers un centre de stockage définitif. Le stockage des déchets fait l'objet de contrôles, notamment de la nappe phréatique et jusqu'à présent, heureusement, aucune contamination de celle-ci n'est à signaler.

Mais, comme nous avons pu le constater au cours de nos voyages successifs, ce centre dont l'étendue est extrêmement importante nous paraîtrait devoir être mieux utilisé. Il avait posé sa candidature pour l'implantation du J. E. T. Cette candidature a peu de chance d'être acceptée : en revanche, le transfert du Tokomak de Fontenay-aux-Roses à Cadarache serait certainement à sa place et permettrait des développements plus importants.

Nous avons profité de notre visite à Cadarache pour obtenir un certain nombre de renseignements qui nous ont été aimablement fournis sur le cycle du combustible de la filière des réacteurs à neutrons rapides qui met en œuvre du plutonium.

La concentration de la matière fissile, le plutonium, atteint dans ces filières 15 à 25 %, soit environ supérieur d'un facteur 10 à la concentration normale dans les réacteurs thermiques à eau ordinaire.

Pour situer les masses mises en jeu, on peut dire qu'un réacteur thermique à eau ordinaire de 1 000 mégawatts électriques produit par an environ 200 kilogrammes de plutonium alors qu'un réacteur du type Creys-Malville de 1 200 mégawatts électriques fonctionne avec près de 5 tonnes de plutonium.

Un réacteur rapide permet en quelque sorte de concentrer géographiquement l'utilisation du plutonium. Le surrégénérateur produit par définition plus de plutonium qu'il en consomme. Il suffit d'alimenter son cycle de combustible d'une quantité de plutonium suffisante, le plutonium d'autonomie, pour que l'ensemble fonctionne avec seulement un apport d'uranium appauvri.

La quantité de plutonium d'autonomie dépend du temps de séjour du plutonium en réacteur et hors réacteur et de la masse du plutonium composant le cœur du réacteur. Cette quantité de plutonium d'autonomie est importante car à court terme c'est d'elle que dépend la rapidité de pénétration des réacteurs rapides et à plus long terme elle influe sur nos réserves en uranium.

Le retraitement des combustibles irradiés des filières à neutrons rapides doit donc être conçu en conséquence. Ils sont beaucoup plus irradiés (100 000 MWj-t) que les combustibles de la filière thermique (30 000 MW-t). Ils contiennent environ 10 % de plutonium contre 0,8 %, 10 % de produits de fission contre 1 % et présentent une puissance résiduelle cinq fois plus forte de l'ordre de 8 kilowatts. Ces caractéristiques font que ce combustible n'est pas retraitable tel quel dans les usines existantes. Il est donc nécessaire de les diluer dans l'uranium naturel ou faiblement irradié comme celui issu des réacteurs gaz-graphite.

C'est ainsi qu'on s'oriente vers la construction d'unités de retraitement secondaire spécifique des combustibles irradiés de la filière des réacteurs à neutrons rapides. De même, la présence de plutonium qui est l'élément essentiel exige des précautions particulières pour la fabrication des combustibles du cycle de neutrons rapides.

La fabrication des assemblages combustibles au plutonium s'effectue à Cadarache dans des bâtiments qui lui sont réservés. Cette installation a assuré les fabrications des assemblages combustibles de Rhapsodie et de Phenix et fonctionne depuis 1962 en mettant en œuvre environ 4 tonnes de plutonium. Cet atelier est



en cours d'extension pour fournir le combustible destiné à Creys-Malville et est prévu pour fabriquer environ 25 tonnes d'oxyde mixte par an.

La livraison du premier cœur devait être réalisée pour le 1<sup>er</sup> mars 1982 en admettant qu'il n'y ait pas de retard. Or les dernières déclarations d'Electricité de France nous laissent à ce sujet quelque inquiétude puisque son président vient de déclarer qu'il serait probablement dans l'obligation de construire deux centrales classiques thermiques situées dans les environs du Havre, précisément en raison des retards apportés dans la construction des centrales nucléaires et nous pensons qu'à la fois le Gouvernement et les opposants à ce système ont pris une très grave responsabilité en entraînant ces retards.

Si nous voulions faire une comparaison sur les conditions économiques ramenées à 1975 entre la production d'électricité par filière nucléaire à neutrons rapides, à eau ordinaire et réacteurs thermiques au fuel, nous pourrions indiquer qu'une usine comme Creys-Malville aurait un prix de revient de l'électricité qui serait de l'ordre de 10 à 11,90 F le kilowattheure mais que, ensuite, ce prix pourrait être abaissé pour les unités suivantes de 6,6 à 7,1 F au kilowattheure, alors que pour les réacteurs à eau ordinaire il se situe de 6,2 à 6,9 F par kilowattheure et les réacteurs thermiques au fuel atteignent 10,50 F au kilowattheure avec un prix de fuel à 3,1 centimes la thermie, un prix d'uranium à 190 F le kilogramme et un prix de plutonium à 40 F le gramme. Le tout avec un taux d'actualisation de 10 %.

Il est bien évident que les augmentations successives du prix du brut ont quelque peu modifié les proportions que nous venons d'évoquer et nous tenons à souligner, ce que ne font pas les adversaires de l'énergie nucléaire, que la partie principale réside dans les investissements qui représentent environ 60 % et quelquefois plus.

Ils sont pour la plupart payables en monnaie française mais en revanche l'exploitation n'entraîne que des frais relativement modestes puisque nous pourrions admettre par exemple pour Creys-Malville, dans l'état actuel des choses, en 1975, que les investissements représentaient 6 F à 6,70 F, l'exploitation 1,50 F et le cycle du combustible 2,5 à 3,7 F. En revanche, dans un réacteur thermique au fuel, les investissements ne représentent que 1,80 F, l'explo-

tation 1,30 F et le cycle du combustible 7,40 F, mais le cycle du combustible est malheureusement payable pour la plus grande part en dollars.

Signalons pour mémoire que les études poursuivies par Technicatome, soit dans le domaine de la propulsion navale avec le P. A. T. dans le domaine de la propulsion des sous-marins nucléaires de force stratégique nucléaire, soit dans le domaine du C. A. P. qui sont constitués par des chaufferies avancées prototypes et produisent évidemment de l'électricité mais qui n'est pas directement couplée sur le réseau E. D. F. car une partie fonctionne à 60 hertz (Hz) et la seconde partie qui fonctionne à la fréquence de 50 Hz peut être couplée au réseau électrique du centre mais n'envoie pas de courant sur le réseau d'E. D. F.

Les deux réacteurs sont adaptés à la production de vapeur pour alimenter des installations expérimentales, notamment la boucle E. V. A. qui peut consommer jusqu'à 100 tonnes/heure de vapeur saturée ainsi que les réseaux de chauffage de zones.

#### D. — LE CENTRE DE MARCOULE

Cette visite s'est située le 25 février et nous avons été accompagné par M. Pelletier. Nous avons assisté à un exposé de M. Bellet, directeur de Marcoule, sur les missions principales de l'établissement, un exposé de M. Rastoin, chef du Département des études mécaniques et de thermique à la Division d'étude et de développement des réacteurs sur la filière des réacteurs à haute température HTR, dont nous n'avons pas eu l'occasion de parler jusqu'à présent, à l'accueil et à la présentation de Phénix par M. Mégie, chef du Département d'exploitation des réacteurs, et un exposé sur le Super Phénix, enfin une visite de l'atelier de vitrification de Marcoule qui est une antenne de la COGEMA.

Nous rappelons pour mémoire que c'est en 1952 que le Parlement a adopté le premier plan quinquennal du Commissariat à l'énergie atomique dont la première création devait être le Centre atomique de Marcoule.

Trois grands réacteurs plutonigènes à uranium naturel modérés au graphite ainsi qu'une usine chimique d'extraction du plutonium étaient envisagés par ce même plan quinquennal dans le but de se

procurer le plutonium nécessaire à la fabrication des bombes destinées à notre force de dissuasion nucléaire stratégique. C'est en 1963 que Marcoule reçut également la mission de produire du tritium.

Trois réacteurs étaient prévus, G 1 qui a divergé en 1956 et qui a été arrêté en octobre 1968 après douze ans d'excellent fonctionnement, G 2 qui a divergé en 1958 et qui a coïncidé avec l'entrée en fonctionnement de l'usine d'extraction de plutonium, en 1959 a été mise en service la centrale associée à G 2 et la divergence du réacteur G 3, en 1960 a été mise en service la centrale associée G 3, enfin vint en 1967 la mise en service du réacteur Célestin destiné à l'irradiation industrielle et à la production d'isotopes radioactifs, en 1968 la mise en service de l'atelier d'extraction du tritium et de Célestin 2 et le début de la construction de la centrale surrégénératrice Phénix, en 1973 la mise en service de Phénix.

Nous voudrions nous attarder quelque peu sur la centrale Phénix. Quand, lors de notre passage elle était momentanément arrêtée à la suite de deux incidents qui ont démontré que, en fait, l'utilisation du sodium liquide comme élément caloporteur ne présentait pas toujours les dangers qui ont été signalés. En effet, successivement deux fuites ont été décelées. Or le sodium liquide au contact de l'atmosphère s'enflamme ou émet des vapeurs extrêmement abondantes mais dont l'extinction s'est révélée comme particulièrement aisée.

Nous avons examiné les éléments démontés du réacteur Phénix et nous avons été surpris de constater comme nous l'avions fait à Cadarache pour Rapsodie quel était l'état parfait des structures métalliques et mécaniques qui n'avaient pas souffert le moins du monde du contact prolongé avec le sodium liquide. Il serait vain de dire que l'extrapolation vers Superphénix pose d'autres problèmes et exige d'autres précautions.

#### E. — LES USINES DE PIERRELATTE ET DU TRICASTIN (EURODIF).

Cette visite s'est située les 23 et 24 février. Nous rappelons pour mémoire que la première usine d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse a été construite à Pierrelatte pour des besoins strictement militaires.

Il s'agissait de produire de l'uranium enrichi à plus de 90 %. Cette usine comprenait quatre étages de tailles très différentes.

Pour Eurodif, il s'agit de produire l'uranium enrichi à 3,5 % environ nécessaire pour les usines produisant de l'énergie électrique à partir des procédés mis au point par les sociétés Westinghouse à eau pressurisée ou les usines General Electric Company à eau bouillante.

Nous rappellerons également pour mémoire que la France a opté pour les centrales à eau pressurisée lui paraissant offrir plus de sécurité que les usines à eau bouillante et évitant de multiplier des usines de conceptions très différentes.

L'usine est prévue pour une alimentation de 18 000 tonnes par an d'uranium naturel sous forme d'hexafluorure d'uranium. Elle doit produire 10,8 millions d'unités de traitement de séparation, soit 2 670 tonnes/an d'uranium enrichi à 3,15 %, la teneur de rejet étant de 0,25 %.

La puissance électrique moyenne nécessaire pour l'alimentation de l'usine est de 3 100 mégawatts. Elle est fournie à la fois par quatre réacteurs à eau légère et uranium enrichi, construits sur le site même et qui font chacun 930 mégawatts électriques et par un secours fourni par E. D. F. à 400 kilovolts.

Les travaux sur le site ont débuté dans l'été 1974 ; les travaux du génie civil en mars 1975 et la production d'uranium enrichi sous forme d'hexafluorure est prévue pour décembre 1978 avec une pleine production atteinte à la fin de 1981.

La société Eurodif est une société anonyme régie par la loi française du 24 juillet 1966. Elle a pour objet social les études, recherches et développement de la séparation isotopique ainsi que la réalisation et l'exploitation des usines de diffusion gazeuse et la commercialisation d'uranium enrichi. Elle a également pour but la participation sous quelque forme que ce soit dans toutes sociétés, affaires ou opérations pouvant se rattacher à l'objet social ou de nature à favoriser le développement ou l'extension de la société et généralement toutes opérations de quelque nature qu'elles soient se rapportant directement ou indirectement audit objet ou pouvant en faciliter la réalisation ou l'extension.

Le capital initial était de 100 000 F. Le capital total de la société est prévu à 1 milliard de francs comme convenu entre les actionnaires lors de la création de la société.

A l'heure actuelle et après trois augmentations de capital, celui-ci a été porté à 1 milliard au 21 mars 1977.

Cette société, dès le départ a connu des fortunes diverses en ce sens que sur trois participants, la Grande-Bretagne, l'Allemagne et la France, la France est restée provisoirement seule après le retrait des deux autres puissances qui, avec les Pays-Bas avaient décidé de constituer une société spéciale Urenco pour l'enrichissement par le procédé d'ultracentrifugation.

Ce procédé jusqu'à présent en est toujours au stade expérimental et n'a pas donné lieu à des applications industrielles suffisamment élaborées, mais, de toute manière, il comporte des dangers de prolifération considérables.

Le capital d'Eurodif est réparti maintenant de la manière suivante : Agip Nuclear 12,5 %, le Comitato nazionale per l'energia nucleare 12,5 %, l'Empresa nacional de Uranio s. a. (E. N. U. S. A.) 11,1 %, la Société d'études et de recherches d'enrichissement (S. E. R. U.) dans laquelle le C. E. A. a des participations 27,8 %, la Société belge pour l'enrichissement de l'uranium 11,1 %, enfin la Société franco-iranienne de diffusion gazeuse filiale à 60 % de S. E. R. U. et à 40 % de l'Organisation de l'énergie atomique de l'Iran 25 %.

L'usine comprend trois étages. Premier palier prévu au niveau de 3 millions d'unités de travail de séparation (U. T. S.) par an, le second palier portera la production à 7 millions d'U. T. S./an et le dernier palier correspond à une production de 10,7 millions d'U. T. S./an. Le financement est ainsi prévu : capital 1 milliard, avances des actionnaires 0,333, subventions diverses 0,365, crédits à l'exportation 4,360, emprunts de C. E. A. 3,320, intérêts différés sur emprunts C. E. A. 0,171, emprunts à l'Iran 0,943 milliard, acomptes clients 1,456. Le financement se complétera par divers emprunts pour un montant de 3,5 milliards et Eurodif S. A. a demandé à divers Etats des garanties d'emprunts pour un montant de 4,3 milliards.

Signalons en passant que toute la production de l'usine d'Eurodif est actuellement absorbée jusqu'en 1990 et, comme la demande vraisemblablement ne cessera d'augmenter, il a été envisagé la construction d'une seconde usine Coredif dont les statuts sont ceux d'une société anonyme dont les actionnaires seraient pour 51 % Eurodif, pour 29 % la COGEMA et pour 20 % l'Organisation de l'énergie atomique d'Iran.

Cette usine serait prévue pour produire de l'uranium enrichi à environ 3 % en uranium 235 à partir d'uranium naturel contenant

0,7 % d'uranium 235 tout en rejetant un uranium appauvri à 0,25 d'uranium 235. La cascade comprendrait environ 1 200 étages placés en série. Le site de construction de Coredif n'est pas encore choisi. Trois pays sont sur les rangs : la Belgique pour un site, l'Italie pour deux sites et la France pour trois sites. Tous ces sites font l'objet d'études détaillées et les études économiques se poursuivent.

Dans une première approximation, le début de la production devrait se situer aux environs de 1984. Un premier palier de production devrait être atteint en 1985 avec une capacité annuelle de 4 à 5 millions d'unités de travail de séparation et ultérieurement la mise en service échelonnée des unités de production porterait cette capacité globale annuelle à 10 millions d'unités de travail de séparation. Ainsi, avec l'ensemble Eurodif-Coredif, l'Europe disposerait d'un potentiel important pour les services d'enrichissement. Elle assurerait l'alimentation permanente en uranium enrichi de 200 000 mégawatts de puissance électro-nucléaire tout en ne consommant que 3 % de cette puissance pour son fonctionnement propre.

#### F. — LE CENTRE DE FONTENAY-AUX-ROSES

Le Centre d'études nucléaires de Fontenay-aux-Roses est un établissement de recherches. Il est installé depuis 1945 sur le territoire de cette commune et en fait a été le berceau du Commissariat à l'énergie atomique avant même la création de cet organisme.

Il s'y effectue des recherches de laboratoire ne mettant en jeu que des quantités très faibles et très contrôlées de substances radioactives, ce qui est une sécurité supplémentaire pour une zone dont l'urbanisation a été très rapide et a entraîné une densification accélérée de la population.

Les activités principales sont la radiochimie avec un effort important consacré à l'étude des procédés de retraitement des combustibles irradiés ; la radioméallurgie portant sur les propriétés physique et chimiques des combustibles destinés aux réacteurs à neutrons rapides et l'examen des combustibles irradiés appartenant à cette filière ; une petite unité de fabrication de sources scellées d'actinides permettant de produire des générateurs d'énergie destinés à des applications industrielles et médicales.

Des recherches sont également poursuivies en matière de corrosion de divers matériaux de différents milieux actifs ou inactifs et de nombreuses prestations d'analyses chimiques sont effectuées pour le compte d'autres unités du C. E. A. ou de clients extérieurs.

Les études concernant la protection de l'homme et en particulier la protection contre les radiations ionisantes y tiennent une place très importante. L'étude du développement des techniques thérapeutiques et sur la protection du milieu en est évidemment le corollaire ainsi que l'étude des moyens de prévention et de protection des travailleurs et du public contre tout risque radioactif.

L'étude des effets des installations industrielles nucléaires en vue d'assurer la protection des populations et des sites est également menée à Fontenay-aux-Roses mais, de surcroît, une importante activité est déployée conjointement avec Euratom sur les études de faisabilité de la fusion thermonucléaire contrôlée. Le centre dispose enfin des installations logistiques diverses au nombre desquelles figure un réacteur de recherches permettant à la fois des expériences de physique nucléaire et de production de radioéléments artificiels.

La population totale est de 1 500 agents dont 500 ingénieurs ou cadres auxquels s'ajoute un nombre variable de collaborateurs français et étrangers de l'ordre de 300 personnes.

Le siège social de la COGEMA, qui comporte environ 300 personnes, est provisoirement logé à Fontenay-aux-Roses en attendant d'être transféré dans la Région parisienne sur un autre site.

Au cours de notre visite nous avons entendu avec beaucoup d'intérêt les exposés de M. Astie, directeur du Centre d'études nucléaires, et M. Gauvenet, délégué central Sécurité, sur la politique de sûreté nucléaire, ainsi que de M. Goldschmidt dont nous avons déjà cité le livre *Les Rivalités atomiques* et qui nous a longuement parlé des relations internationales ainsi que de la non-prolifération. Enfin, deux exposés, l'un de M. Trocheris, chef du Département de physique de plasma et de la fusion contrôlée sur le Tokomak, et sur le projet J. E. T. (Joint European Torus).

Nous avons également visité le Tokomak en service à Fontenay-aux-Roses mais cet appareil se trouvait en remontage après un examen, à la fois de routine et de complément de moyens d'information.

Signalons également le remarquable exposé de M. Dautray, dont nous avons une fois de plus admiré la maîtrise des problèmes qu'il exposait et la clarté de cette démonstration qui la rendaient accessible au profane que nous sommes.

Nous pensons qu'il est intéressant de s'étendre un peu plus longuement sur le problème posé par le Tokomak et par conséquent sur la fusion contrôlée par confinement magnétique. Nous pensons avec la plupart, sinon la totalité des techniciens de haut niveau que nous avons rencontrés, que la fusion contrôlée pourrait être une source d'énergie pratiquement inépuisable.

Il reste à en démontrer la faisabilité même sur le plan de la physique. Force nous est de constater qu'il n'existe pas encore de dispositif réalisant les conditions nécessaires à l'établissement d'une réaction thermonucléaire contrôlée et à son maintien pendant un temps suffisant pour que l'énergie de fusion produite soit supérieure à celle pourtant considérable qu'il faut mettre en œuvre pour amorcer la réaction. Il est juste d'ajouter que l'énergie ainsi consommée est une énergie pulsée car il n'existe pas à notre connaissance de moyens pratiques d'entretenir de telles densités de courant pendant un temps très long et sans interruption.

Deux filières sont actuellement poursuivies : fusion par confinement magnétique étudiée depuis vingt ans et fusion par laser qui n'a été envisagée que récemment.

Le premier objectif est d'arriver à une compréhension suffisante des phénomènes et par conséquent de démontrer que, quelle que soit la longueur des recherches et leur lenteur, il est possible d'arriver à prouver la faisabilité physique.

L'optimisme qu'avait montré il y a quelques années E. D. F. qui pensait que la fusion pourrait déboucher sur des applications pratiques d'ici quelques années semble avoir fait place à une vue plus réaliste des choses et à l'heure actuelle nous estimons personnellement à trente ou quarante ans la durée nécessaire pour mettre au point des installations, encore que les soviétiques prétendent que d'ici quinze ans ils pourront avoir des réacteurs à fusion contrôlée de taille industrielle permettant d'ores et déjà une production notable d'énergie.

Pour l'instant, les procédés par confinement magnétique qui semblent bien avoir débuté en Union soviétique sont ceux qui rencontrent la plus grande faveur, encore que le procédé par laser



en soit à ses balbutiements. Le Japon lui aussi développe un programme significatif et en croissance rapide et le C. E. A. semble croire que des recherches encore modestes existent en Chine. Aux Etats-Unis les recherches seraient réparties depuis vingt ans entre quatre grands laboratoires : à Princeton, Oak Ridge, Livermore et Los Alamos, la coordination du financement étant assurée par une Division Magnétique Fusion Energy de l'E. R. D. A. et le budget de cette division pour l'année fiscale de 1976 était de 120 millions de dollars et nous voyons ici l'effort considérable qui se déploie dans ce domaine qui est considéré par les chercheurs comme le plus prometteur.

L'effort consenti par l'U. R. S. S., si nous n'en connaissons pas la teneur financière, est également considérable compte tenu du nombre de chercheurs affectés à cette recherche. En Europe Occidentale, les recherches sur la fusion contrôlée par confinement magnétique sont conduites entièrement en association avec Euratom. Même des pays comme la Suisse et la Suède, qui ne font pas partie de la C. E. E., bénéficient maintenant de contrats avec Euratom.

En 1976, les apports financiers ont été les suivants en millions d'unités de compte : pour la France, 17 ; pour l'Allemagne, 25 ; pour l'Angleterre, 17 ; pour l'Italie, 9 ; pour la Hollande, 4 ; pour la Belgique, 1 ; pour le Danemark, 0,4, le total s'élevant à 73,4 millions d'unités de compte et, pour la période quinquennale 1971-1976, le total des budgets s'est élevé à 320 millions d'unités de compte. Le nouveau plan quinquennal Euratom couvrant la période 1976-1980 prévoit un budget de 409 millions d'unités de compte auxquels s'ajoute un crédit de 150 millions d'unités de compte pour le grand projet J. E. T. dont le principe a été adopté mais dont le site n'est pas encore choisi en raison de difficultés qui tiennent à la fois à la politique et à la psychologie.

Le programme établi par le C. E. A. depuis 1971 est concentré sur deux sujets de recherches, confinement dans les dispositifs du type Tokamak et les méthodes de chauffage du plasma. Le Tokamak de Fontenay-aux-Roses ou T. F. R. est le plus important, il a été conçu en 1970 pour être une légère extrapolation du plus grand Tokamak d'alors, le T 4 de l'Institut Kourchatov de Moscou. Depuis, en 1976, en particulier deux appareils plus importants à Princeton et l'autre à l'Institut Kourchatov ont été installés :

Le laboratoire de Grenoble qui comprend un tiers environ de l'effectif consacré à cette recherche poursuit l'étude du chauffage

du plasma au moyen de champs de radiofréquences et il a une vocation privilégiée dans ce domaine qui est reconnu sur le plan européen.

En ce qui concerne l'implantation du J. E. T. (Joint European Torus), la France avait posé sa candidature avec le site de Cadarache, mais c'est là que nous rencontrons une difficulté née de la dispersion de nos moyens de recherches. En effet, Cadarache ne s'est pas inquiété jusqu'ici d'une façon très systématique de la fusion contrôlée et c'est la raison pour laquelle la Grande-Bretagne en particulier s'est opposée à l'installation à Cadarache, prétendant qu'il n'y avait pas dans l'environnement immédiat les moyens techniques et intellectuels nécessaires pour cette installation.

En fait, restent en lice la Grande-Bretagne et l'Allemagne.

Les sites de Gulham, en Allemagne, et Garching, en Grande-Bretagne, sont toujours en compétition.

Les seules indications approximatives que nous pouvons donner concernant le Tokomak installé à Fontenay-aux-Roses sont les suivantes : l'exploitation en régime élargi exige une puissance du bobinage pour une montée en 13 secondes de 380 mégawatts. Le courant du plasma circulaire est de 3,1 millions d'ampères et le plasma en forme de « D » de 4,8 millions d'ampères. Les volts/seconde disponibles pour maintenir le courant du plasma sont de 34 Vs et la puissance de chauffage additionnel est de l'ordre de 25 millions de watts. Au total, 4 000 kilo-ampères sont nécessaires et cela pour l'exploitation en régime élargi.

Deux notions nous paraissent résumer la question à l'heure actuelle : 20 millions de degrés, 20 millisecondes.

Nous rappelons que par des sources évidemment discutables nous avons pu relever la nécessité d'obtenir des températures de l'ordre de 100 millions de degrés pendant des durées excédant les dix secondes, cela bien entendu par impulsion de façon à entretenir la fusion. Précisons enfin qu'avec des températures de cet ordre il n'est évidemment pas question d'avoir recours à des conducteurs normaux et que le confinement magnétique est le seul qui pour l'instant puisse être envisagé.

Il convient de rappeler un certain nombre de notions concernant la fusion contrôlée. La matière étant formée de molécules qui rassemblent un certain nombre d'atomes, nous rappelons que

l'atome comporte un noyau central chargé positivement et les électrons chargés négativement, l'atome étant électriquement neutre, les électrons gravitent sur des orbites déterminées fixés par la mécanique quantique. Le noyau central est formé de protons sur lesquels nous avons eu l'occasion d'épiloguer plus haut et de neutrons que nous appellerons nucléons. Neutrons et protons ont des masses voisines qui sont près de 2 000 fois plus grandes que pour les électrons. La fusion nucléaire consiste à créer des noyaux plus lourds à partir d'éléments légers. Il y a alors dégagement d'énergie car les noyaux formés sont plus stables. Or, comme les noyaux se repoussent, pour fusionner il faut vaincre la barrière de potentiel et les lancer l'un vers l'autre avec une énergie suffisante, donc arriver à des températures qui sont de l'ordre de celles que nous avons déjà citées. Pour les essais effectués jusqu'à présent, on utilise les isotopes de l'hydrogène, le deuterium et le tritium.

Nous avons également parlé d'un procédé utilisant le laser. Nous reppelons que le laser est une source de lumière cohérente, c'est-à-dire équivalent à une source ponctuelle et émettant sur une couleur bien déterminée, la lumière étant formée de photons. Le photon est émis lorsqu'un électron d'un atome transite brusquement d'une orbite de départ vers une orbite plus proche du noyau. En pratique on choisit l'atome de néodyme noyé dans du verre ou la molécule de gaz carbonique. L'émission a lieu dans la zone infrarouge. Le laser donne un faisceau parallèle intense de lumière qu'on peut focaliser. Nous avons pu visiter en particulier le laser XX P 102 de Limeil.

#### G. — LES INSTALLATIONS MILITAIRES

Nous ne nous étendrons pas, pour des raisons évidentes, sur les différentes visites que nous avons effectuées à Limeil et au Ripault.

Nous voulons simplement souligner que les essais et l'utilisation des lasers à Limeil permettent d'opérer des réalisations avec une précision qui n'avait jamais été approchée jusqu'à présent.

Après les visites au Centre militaire de la D. A. M. relevant du Commissariat à l'énergie atomique à Limeil et au Ripault, l'auteur du rapport est parti le 15 mars à bord du D. C. 8 militaire du C. O. T. A. M. pour se rendre en Polynésie.

Arrivé le soir même (heure locale) à Tahiti, il devait repartir ensuite pour Mururoa où il passa quatre jours avant de revenir à Tahiti, où il a eu quelques entretiens politiques. Il a repris le même avion D. C. 8 du C. O. T. A. M. le 23, à 23 heures, heure locale, pour arriver à Paris le 25 mars au matin (heure de Paris).

Nous serons un peu plus explicite sur notre séjour à Mururoa au cours duquel nous avons eu l'avantage d'assister à un tir souterrain Nestor effectué sur l'atoll de Mururoa. Nous rappelons pour mémoire que l'auteur du rapport a déjà participé avec un groupe comprenant en particulier le Secrétaire d'Etat de l'époque à la Défense nationale, M. Fanton et M. Alexandre Sanguinetti, à un tir aérien qui était un des derniers effectués sous ballon et dont nous avons observé les effets à partir du croiseur *De Grasse* qui est maintenant désarmé. Il avait depuis assisté au premier tir souterrain sur l'atoll de Fangatofa.

Pour mémoire également, nous rappelons que les essais effectués depuis le déménagement des bases du Sahara en Polynésie sont passés par quatre phases :

1° Des tirs sur barges dans le lagon de Mururoa. Ces tirs sur barges avaient l'avantage de permettre un meilleur contrôle de l'engin atomique mais également l'inconvénient d'entraîner une pollution plus active ;

2° Des tirs effectués sous ballon aux environs de 600 mètres d'altitude qui présentaient l'avantage très sérieux de ne pas entraîner de pollution du lagon à tel point qu'il a été permis à l'auteur du rapport de se baigner dans les eaux du lagon trois heures seulement après l'explosion.

Mais les tirs aériens exigeaient une logistique extrêmement importante. En effet, en dehors des bâtiments servant à évacuer le personnel se trouvant à Mururoa, il fallait entretenir une flotille d'avions destinée à envoyer des missiles dans le nuage et ensuite à disposer d'hélicoptères pour aller repêcher ces missiles qui, certes, rapportaient des éléments précieux d'information, mais dont un certain nombre disparaissait au fonds de l'océan.

Les avions étaient basés à Hao ce qui accroissait le rayon d'action nécessaire, ils devaient être ensuite décontaminés et les frais entraînés étaient considérables, sans compter la dégradation d'une flotte déjà très fortement affectée par les déplacements nombreux entre la Métropole et l'Océanie ;

3° La troisième phase a été constituée par les essais en puits effectués à Fangatofa. Il s'agit d'un atoll situé à une soixantaine de kilomètres de Mururoa et présentant la particularité à l'origine de ne pas avoir de passe. Il a donc fallu à la fois créer une piste sommaire d'atterrissage pour avions légers et hélicoptères puis un môle d'escale et enfin, la partie la plus délicate fut l'ouverture d'une passe. Cette passe étroite, balayée par des courants assez violents, présentait des risques certains à tel point que nous avons pu nous rendre compte sur place que des navires de la Marine nationale étaient parfois obligés d'attendre 24 ou 48 heures pour pouvoir franchir la passe quand existaient des courants traversiers à l'extérieur côté océan.

Les difficultés de transport de toute nature entre Mururoa et Fangatofa entraînent donc le Centre d'essais du Pacifique à envisager le transfert à Mururoa à la fois des essais et des bases principales ;

4° La technique de forage des puits est toujours la même en ce sens qu'il convient d'atteindre le basalte et que, de toute évidence, le terrain est moins favorable à Mururoa qu'à Fangatofa et qu'au fur et à mesure que les puissances mises en jeu sont plus élevées, il est nécessaire de creuser à plus grande profondeur, le sol de Mururoa comprenant à la fois du corail, puis du corail compacté, du corail feuilleté avant d'atteindre le basalte.

Le tir Nestor s'est effectué à 860 mètres de profondeur et bien entendu, comme pour tous les tirs en puits, les instruments de mesure adjoints à l'engin sont volatilisés au moment de l'explosion mais ont le temps de transmettre un certain nombre de renseignements de même que les traceurs ou les marqueurs installés à proximité. Des caméras de télévision permettent de suivre l'évolution depuis le poste de commandement situé à environ 17 kilomètres du point de l'explosion.

Cette méthode est devenue assez sûre pour qu'il ne soit plus nécessaire d'évacuer les habitants de la base Vie et nous avons pu constater que si, par précaution, les quelques éléments de la flotte encore présents dans le lagon avaient pris le large, ils auraient pu parfaitement y demeurer sans grave inconvénient, les effets les plus spectaculaires ayant été enregistrés non pas dans le lagon mais dans le Pacifique lui-même.

Nous rappelons également que les tirs en puits présentent malgré tout un certain inconvénient. Il est nécessaire après le tir

de poursuivre le creusement d'un puits annexe situé quelquefois à plusieurs centaines de mètres de l'endroit du tir. Cela permet par une voie oblique d'aller recueillir des échantillons qui seront ensuite analysés. Il est certain que cette méthode demande du temps et creuser un puits oblique n'est pas toujours d'une facilité exemplaire, mais les échantillons recueillis et les carottes sont porteurs de renseignements précieux analysés en France.

Sans vouloir bien entendu se substituer aux éminents théoriciens militaires, nous pouvons cependant signaler que dans le monde, et à part peut-être la Chine, l'ère n'est plus aux tirs polymégatoniques et les recherches semblent s'orienter vers des solutions comprenant une miniaturisation beaucoup plus poussée.

En effet, nous avons actuellement quatre systèmes de vecteurs, comme nous l'avons déjà indiqué dans notre résumé introductif :

- les avions Mirage IV armés de bombes stratégiques ;
- les fusées enterrées au plateau d'Albion et dont la concentration en un seul point rend difficile l'aspect dissuasif ;
- et les sous-marins nucléaires porteurs d'engins qui, lorsqu'ils seront munis de têtes nucléaires multiples et de systèmes les rendant moins repérable, seront à notre avis les systèmes les plus sûrs de dissuasion stratégique.

Quant à la tactique nucléaire, elle est entièrement basée sur les fusées Pluton et malgré les déclarations du général Mery et du Premier Ministre qui ont fait récemment état de la nécessité d'utiliser ces engins même pour la protection de territoires voisins amis, il n'en reste pas moins vrai que la puissance de chacune des fusées Pluton, environ 25 kilo-tonne, leur portée relativement réduite et leur nombre insuffisant malgré leur mobilité, ne permet de constituer qu'une ligne de défense s'étalant sur 120 kilomètres environ avec la répartition en cinq régiments.

Il s'agit en quelque sorte d'une ligne Maginot en réduction, aisément franchissable, et, comme l'effet destructeur d'une charge de 25 kilo-tonne est considérable, l'ordre de tir comporte évidemment des risques que les chefs de nos armées hésiteraient peut-être à assumer.

Nous avons déjà dit et nous le répétons que lors de notre visite en Polynésie l'orientation de la recherche semblait s'effectuer vers des charges moins puissantes à effet destructeur très limité mais

ayant l'avantage de pouvoir être multipliées de façon à couvrir toute notre frontière tout en la rendant imperméable aux chars ennemis.

Sans vouloir croire à la sanctuarisation de notre seul territoire, nous pensons qu'il y a là un élément de recherche intéressant et, s'il nous en fallait une preuve, nous la trouverions dans un court extrait de l'*International Herald Tribune* du 7 juin 1977 (pages 1 et 2) et que nous reproduisons ci-dessous :

« U. S. A. : une nouvelle ogive nucléaire meurtrière par radiations massives de neutrons qui attaquent le système nerveux central des individus même à travers le blindage des chars sans faire de dégâts matériels serait sur le point d'être produite par les américains annonce le *Washington Post*. Ce serait la première application du concept de bombe à neutrons sur lequel travaillent depuis plusieurs années déjà les experts du Gouvernement. »

A titre épisodique, nous pouvons indiquer que nous avons rencontré chez le gouverneur de la Polynésie MM. Sanford, député de la Polynésie, et Millaud, sénateur, avec lesquels nous nous étions entretenus des projets de modification du statut et également de la nécessité d'aller très vite dans ce domaine en raison de la détérioration du climat psychologique dans ce territoire.

Le texte concernant l'accélération de la procédure a été voté conforme par les deux Assemblées : l'Assemblée Nationale et le Sénat et nous pensons que rien ne s'opposera désormais à ce que le nouveau statut qui semble donner satisfaction à la plus grande partie sinon à la totalité des élus de cette région puisse être voté avant la fin de la présente session parlementaire.

## CONCLUSION

Notre conclusion sera très courte compte tenu de ce que nous avons déjà évoqué dans la première partie à la fois nos appréciations positives et nos critiques.

Ce que nous pouvons dire, c'est que nous avons tenté l'approche sur le plan de l'action recherche de son impact sur les productions civiles et militaires et sur la coopération avec les autres centres de recherches français et étrangers amis.

Nous ne saurions trop mettre l'accent sur la nécessité absolue, dans un pays comme le nôtre dépourvu des matières premières essentielles et surtout des matières énergétiques, de ne pas abandonner les points sur lesquels notre avance est certaine, que ce soit la surrégénération ou le retraitement qui aboutissent l'un et l'autre à accroître les ressources que nous pouvons dégager en matières énergétiques.

Nous voulons dans cette conclusion insister simplement sur plusieurs points : l'information d'abord qui doit être adaptée à une opinion publique la plus nombreuse et ignorante de ces problèmes et par une autre formulation à une population qui, de mauvaise foi évidente, rejette les exigences de notre société moderne. Cette information doit s'étendre sans réticence à la divulgation des incidents quels qu'ils soient avec une exacte révélation de leurs conséquences.

Nous n'avons pas caché dans notre première partie que l'énergie nucléaire civile présentait comme toute œuvre humaine des risques certains mais que leur parfaite connaissance depuis l'origine avait jusqu'à présent entraîné seulement des conséquences mineures sur ceux qui en avaient été les victimes.

La principale des nuisances nous paraît être l'accoutumance. C'est grâce à elle que des accidents souvent graves sont passés sous silence dans des usines de production classique.



Il ne faudrait pas qu'il en soit ainsi dans l'avenir pour l'énergie nucléaire.

Enfin, nous souhaitons vivement qu'au moment où des articles de plus en plus nombreux semblent vouloir démontrer que des énergies de substitution peuvent être immédiatement mises en jeu, l'information insiste sur l'aspect marginal de ces énergies.

En revanche, nous aimerions que l'outil de recherche magnifique que constitue le Commissariat à l'énergie atomique consacre davantage de ses ressources à l'étude de ces énergies de substitution et en particulier l'énergie solaire et la géothermique.

Telles sont les réflexions qu'un survol fatalement rapide nous a inspirées et nous regrettons de n'avoir eu qu'un temps limité pour présenter un rapport plus exhaustif qui aurait fatalement débordé sur la session d'automne à laquelle l'auteur ne participera pas.

## TABLE DES ANNEXES

---

- ANNEXE N° 1. — Tableau général des dépenses du Commissariat à l'énergie atomique et de leur financement.
- ANNEXE N° 2. — Collaborations et coordinations entre la recherche fondamentale au C. E. A. et celle d'autres organismes de recherche.
- ANNEXE N° 3. — Ordonnance du 30 octobre 1945 instituant un Commissariat à l'énergie atomique.
- ANNEXE N° 4. — Décret du 29 septembre 1970 relatif au Commissariat à l'énergie atomique.
- ANNEXE N° 5. — Organigramme du Commissariat à l'énergie atomique.
- ANNEXE N° 6. — Structure opérationnelle du C. E. A. et de ses principales filiales et participations industrielles.
- ANNEXE N° 7. — Comparaison des normes et des nuisances (radiations et pollutions atmosphériques).
- ANNEXE N° 8. — Exposition moyenne annuelle de la population aux rayonnements ionisants.
- ANNEXE N° 9. — Radiotoxicité des déchets du retraitement du combustible nucléaire.
- ANNEXE N° 10. — Le plutonium est-il dangereux ?
- ANNEXE N° 11. — Le Centre de La Hague dans le cycle des combustibles.
- ANNEXE N° 12. — Composition des produits de fission.
- ANNEXE N° 13. — Circulation des matériaux nucléaires entre les filières.
- ANNEXE N° 14. — Unités de mesure.
- ANNEXE N° 15. — Bibliographie.
-

## ANNEXE N° 1

**TABLEAU GENERAL DES DEPENSES  
DU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
ET DE LEUR FINANCEMENT**

|  | RAPPEL 1976      | 1977             |  |                          |                          |
|--|------------------|------------------|--|--------------------------|--------------------------|
|  | (1)              | Total.           | Subvention<br>ministère<br>de l'industrie. | Recettes<br>extérieures. | Subvention<br>militaire. |
| <i>I. — Programmes.</i>  |                  |                  |  |                          |                          |
| Matières nucléaires .....  | 590 356          | 367 328          | 357 000                                    | 8 728                    | 1 600                    |
| Applications militaires .....  | 2 907 482        | 3 056 800        | »  | 2 500                    | 3 054 300                |
| Recherche fondamentale .....   | 706 795          | 824 875          | 792 980                                    | 31 895                   | »                        |
| Sécurité nucléaire .....   | 249 685          | 330 476          | 296 393                                    | 34 083                   | »                        |
| Applications industrielles<br>nucléaires .....                               | 836 358          | 858 068          | 816 598                                    | 41 470                   | »                        |
| Diversification .....  | 337 527          | 370 709          | 201 110                                    | 169 599                  | »                        |
| Recherches d'intérêt commun<br>et autres activités.....                      | 109 217          | 115 669          | 110 535                                    | 5 134                    | »                        |
| <b>Total I .....</b>   | <b>5 737 420</b> | <b>5 923 925</b> | <b>2 574 616</b>                           | <b>293 409</b>           | <b>3 055 900</b>         |
| <i>II. — Hors programmes.</i>  |                  |                  |  |                          |                          |
| Charges financières .....  | 41 436           | 64 430           | 64 430                                     | »                        | »                        |
| Subvention à la société Eurodif.   | 50 000           | 50 000           | 50 000                                     | »                        | »                        |
| Exploitation du réacteur EL 4.   | 25 635           | 26 646           | — 1 354                                    | 28 000                   | »                        |
| Prestations des unités de ser-<br>vice couvertes par des recet-<br>tes ..... | 166 071          | 158 791          | »  | 158 791                  | »                        |
| Compte de régularisation<br>financière .....                                 | 77 221           | 50 338           | 50 338                                     | »                        | »                        |
| Budget annexe de main-<br>d'œuvre .....                                      | p. m.            | p. m.            | p. m.                                      | p. m.                    | »                        |
| Charge fiscale nette.....  | 296 738          | 360 900          | 98 000                                     | »                        | 262 900                  |
| <b>Total II .....</b>  | <b>657 101</b>   | <b>711 105</b>   | <b>261 414</b>                             | <b>186 791</b>           | <b>262 900</b>           |
| <b>Total général ...</b>   | <b>6 394 521</b> | <b>6 635 030</b> | <b>(2) 2 836 030</b>                       | <b>480 200</b>           | <b>3 318 800</b>         |
| Dotation en capital à la<br>COGEMA .....                                     | (3) 285 400      | (4) 116 000      |  |                          |                          |

(1) Le passage du budget initial au montant révisé de 6 394 MF est indiqué à la page suivante.

(2) La subvention inscrite au budget de l'industrie pour 1977, soit 2 783 030 000 F est majorée du solde de 53 000 000 F dégagé en 1976 lors de la révision du budget consécutive au traité d'apports à la COGEMA.

(3) Montant déjà inscrit dans la dotation du délégué M. N.

(4) Financement éventuel par emprunt.

## ANNEXE N° 2

### COLLABORATIONS ET COORDINATIONS ENTRE LA RECHERCHE FONDAMENTALE AU C. E. A. ET CELLE D'AUTRES ORGANISMES DE RECHERCHE

Indépendamment des instances de coordination au niveau national : Ministères, D. G. R. S. T., C. C. R. S. T., D. G. E. et Commissions du Plan, ainsi que des instances du groupe C. E. A. en général : Comité de l'énergie atomique, Comité financier, Comité de biologie, Conseil scientifique, il existe un réseau de collaborations propres à la recherche fondamentale, réseau que l'on a cherché à accroître et à formaliser ces dernières années.

#### 1° Recherche fondamentale en général :

- le Conseil scientifique de l'Institut de recherche fondamentale du C. E. A. ;
- participation de représentants du C. E. A. aux commissions du C. N. R. S., de l'I. N. S. E. R. M., au conseil d'administration de l'I. N. 2 P. 3, à divers conseils et comités du C. E. R. N. et de l'Euratom.

#### 2° Physique nucléaire et physique des particules élémentaires :

— le Comité de coordination de la physique nucléaire et de la physique des particules, créé en 1972, a notamment pour tâche d'harmoniser les programmes de l'I. N. 2 P. 3, du C. E. A. et l'action française au Conseil du C. E. R. N.

Deux sous-comités, l'un pour la physique nucléaire, l'autre pour la physique des particules, assurent la préparation des travaux du comité ;

— le C. E. A. et l'I. N. 2 P. 3 sont associés dans le Laboratoire Saturne II ; cette association couvre la période de construction de Saturne II et couvrira l'exploitation de cet accélérateur national ;

— le C. E. A. et l'I. N. 2 P. 3 sont associés également dans le cadre d'un G. I. E. pour la construction, puis ultérieurement pour l'exploitation du Ganil (accélérateur national à ions lourds), à Caen ;

— pour mémoire : il existe un accord de collaboration C. E. A.-Comité d'Etat soviétique dans le domaine de la physique des particules élémentaires.

Les propositions d'expériences du C. E. A. au C. E. R. N., où les équipes C. E. A. sont associées à d'autres équipes, sont soumises aux comités compétents du C. E. R. N. et font l'objet, après acceptation par le C. E. R. N., d'accords formels entre les participants et le C. E. R. N.

#### 3° Fusion contrôlée et physique des plasmas :

— les études sur la fusion contrôlée s'effectuent en totalité dans le cadre d'une association avec Euratom gérée par un comité de gestion.

L'harmonisation des programmes pour l'ensemble de la Communauté européenne est réalisée au sein d'un groupe de liaison regroupant les représentants des différentes associations ;

— un Conseil de la fusion au plan européen chargé de conseiller la commission vient d'être créé ;

— pour mémoire : équipe de conception du J. E. T. (Joint European Torus) installé à Culham (Grande-Bretagne) ;

— accord de collaboration C. E. A.-Comité d'Etat soviétique et accord C. E. A.-E. R. D. A. pour la fusion contrôlée.

#### 4° *Physique du solide :*

— le C. E. A. et le C. N. R. S. sont associés au sein de l'Institut Laue-Langevin à Grenoble (réacteur à haut flux) ;

— un laboratoire commun C. E. A.-C. N. R. S. (Laboratoire Léon-Brillouin), à Saclay, est chargé d'accueillir les chercheurs français qui se consacrent à des recherches utilisant la diffraction et la diffusion des neutrons auprès de EL3, puis ultérieurement de EL'3 ;

— un conseil scientifique C. E. A.-C. N. R. S. est chargé d'harmoniser l'utilisation des équipements nationaux (à Saclay et à Grenoble) en spectroscopie et diffraction neutroniques avec les programmes français à l'I. L. L. ;

— un laboratoire de résonance magnétique à haute résolution a été créé à Grenoble ; il est commun au C. E. A. et à l'université de Grenoble.

#### 5° *Biologie :*

— association C. E. A.-Université Paris VI au Laboratoire de biologie marine de Villefranche-sur-Mer ;

— collaboration C. E. A.-Université d'Orsay, Université d'Orléans, sur le projet A. A. P. I. S. (fabrication et étude de molécules marquées au carbone 13) ;

— pour mémoire : Laboratoires du C. E. N.-G., cf. paragraphe 8.

#### 6° *Astrophysique et métallurgie spatiale :*

Ces programmes s'effectuent dans le cadre de conventions et avec participation financière du C. N. E. S. Ils sont soumis pour accord au Conseil scientifique du C. N. E. S.

Pour les actions entreprises en collaboration avec l'étranger (N. A. S. A., Inter-cosmos, Agence européenne de l'espace), le C. N. E. S. est l'interlocuteur français.

#### 7° *Géophysique :*

Le C. E. A. et le C. N. R. S. sont associés dans le Laboratoire des faibles radio-activités de Gif-sur-Yvette.

#### 8° *Collaborations diverses :*

De nombreuses collaborations au niveau des laboratoires existent à Grenoble, Saclay, Cadarache et Fontenay-aux-Roses, notamment en biologie, agronomie et recherche médicale. Des chercheurs, voire des équipes entières non C. E. A., travaillent à temps plein dans ces centres. Des équipes du C. E. A. sont associées à des A. T. P. du C. N. R. S., à des actions concertées de la D. G. R. S. T. ou à des contrats D. R. M. E.

Enfin, le C. E. A. a institué depuis longtemps des commissions d'utilisateurs pour les grands appareils, de façon à ce que les programmes de ces appareils soient établis en accord avec les utilisateurs scientifiques intéressés :

- Comité Saturne (concerne le Saturne actuel) ;
- Comité de l'accélérateur linéaire de Saclay ;
- Comité d'utilisateurs de Mirabelle ;
- Comité du microscope 1 MeV de Grenoble.

Enfin, hors du secteur recherche fondamentale proprement dit mais en relation avec lui, on peut rappeler qu'il existe des accords formels entre le C. E. A. et d'autres organismes dans les secteurs suivants :

- analyse et plus spécifiquement analyse par activation ;
- molécules marquées ;
- métrologie ;
- cristallogénèse.

## ANNEXE N° 3

### ORDONNANCE N° 45-2563 DU 30 OCTOBRE 1945 INSTITUANT UN COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

#### EXPOSE DES MOTIFS

De pressantes nécessités d'ordre national et international obligent à prendre les mesures nécessaires pour que la France puisse tenir sa place dans le domaine des recherches concernant l'énergie atomique.

La création d'un organisme susceptible d'assurer au pays le bénéfice de telles recherches a été mise à l'étude.

Il est apparu que cet organisme devait être à la fois très près du Gouvernement, et pour ainsi dire mêlé à lui, et cependant doté d'une grande liberté d'action.

Il doit être très près du Gouvernement parce que le sort ou le rôle du pays peuvent se trouver affectés par les développements de la branche de la science à laquelle il se consacre, et qu'il est par conséquent indispensable que le Gouvernement l'ait sous son autorité.

Il doit, d'autre part, être doté d'une grande liberté d'action, parce que c'est la condition *sine qua non* de son efficacité.

L'organisme créé sous le nom de Commissariat comprend un comité peu nombreux qui joue le rôle d'un conseil d'administration actif et qui affirme en même temps le caractère de travail d'équipe convenant à la recherche scientifique. L'impulsion scientifique et technique se trouve concentrée dans les mains d'un Haut-Commissaire pris parmi les personnalités scientifiques du comité, cependant qu'un administrateur général reçoit, avec le titre de délégué du Gouvernement, les attributions d'ordre administratif et financier. Cette dualité, exercée dans une étroite collaboration pour la mise en œuvre de la politique définie par le comité, correspond aux différences profondes qui existent entre les deux aspects de l'activité du commissariat. D'une part, pour travailler avec fruit, les savants qui le composent doivent être dégagés des soucis administratifs; d'autre part, l'Etat, qui fournit les fonds, doit conserver la haute main sur leur emploi.

L'autorité de l'Etat sur la marche du Commissariat est d'ailleurs la contrepartie nécessaire de la liberté, tout à fait exceptionnelle dans notre droit public, qui lui est donnée dans sa gestion. Pour assurer une consécration indiscutable à cette autorité, il est prévu que le comité est présidé par le président du Gouvernement provisoire.

Quant à la liberté d'action du Commissariat, elle est garantie par le fait que sa gestion est régie par le droit privé.

Il résulte de ces dispositions une création assurément originale et qui, justifiée par le caractère exceptionnel de la matière à laquelle elle s'applique, ne pourra être invoquée comme un précédent. Cependant, l'on s'est rattaché, dans toute la mesure du possible, à un modèle connu; les textes préparés s'inspirent de ceux qui ont organisé la Régie des usines Renault.

On sait la part importante que la France a prise dans les recherches relatives à l'énergie atomique, soit en 1939-1940, soit, depuis et malgré les difficultés, par le concours que ses savants ont pu apporter aux travaux des nations alliées et par les recherches poursuivies dans la clandestinité. Nul doute que dans sa liberté d'action restaurée, le génie de la France ne puisse se manifester dans une œuvre qui, nous espérons tous, se révélera favorable au progrès humain.

Le Gouvernement provisoire de la République française,  
Sur le rapport du Ministre de l'Education nationale et du Ministre des Finances,  
Vu l'ordonnance du 3 juin 1943 portant institution du Comité français de la Libération nationale, ensemble les ordonnances des 3 juin et 4 septembre 1944 ;  
Le Conseil d'Etat entendu,

Ordonne :

ARTICLE PREMIER. — Il est institué, sous le nom de Commissariat à l'énergie atomique, un établissement de caractère scientifique, technique et industriel, doté de la personnalité civile ainsi que de l'autonomie administrative et financière et placé sous l'autorité et le contrôle du Président du Gouvernement provisoire.

Le Commissariat à l'énergie atomique :

Poursuit les recherches scientifiques et techniques en vue de l'utilisation de l'énergie atomique dans les divers domaines de science, de l'industrie et de la défense nationale ;

Etudie les mesures propres à assurer la protection des personnes et des biens contre les effets destructifs de l'énergie atomique ;

Organise et contrôle, d'accord avec les départements ministériels intéressés, la prospection et l'exploitation des gisements des matières premières nécessaires ;

Réalise à l'échelle industrielle les dispositifs générateurs d'énergie d'origine atomique ;

Fournit au Gouvernement toutes informations concernant l'énergie atomique et ses applications et, notamment, l'éclaire dans la négociation des accords internationaux ;

Et, en général, prend toutes mesures utiles pour mettre la France en état de bénéficier du développement de cette branche de la science.

Il dispose, pour l'exécution de sa mission et selon les règles prévues pour son fonctionnement, des pouvoirs actuellement dévolus aux ministres intéressés.

ARTICLE 2. — Le Commissariat à l'énergie atomique est administré par un comité qui comprend, sous la présidence du président du Gouvernement provisoire :

Un Haut-Commissaire à l'énergie atomique, choisi parmi les personnalités qualifiées par leurs travaux relatifs à l'énergie d'origine atomique ;

Un administrateur général délégué du Gouvernement ;

Trois personnalités qualifiées par leurs travaux relatifs à l'énergie d'origine atomique ;

Le président du Comité de coordination des recherches concernant la défense nationale.

Les membres du comité autres que le membre de droit sont nommés par décret en Conseil des Ministres, sur le rapport du Ministre de l'Education nationale et du Ministre de la Production industrielle et, en ce qui concerne l'administrateur général, avec le contreseing du Ministre des Finances.

**ARTICLE 3.** — Le Haut-Commissaire assure la direction scientifique et technique de l'établissement.

L'administrateur général, délégué du Gouvernement, est chargé de sa direction administrative et financière.

Le Commissariat est représenté sur le plan national et dans les négociations internationales par le Haut-Commissaire et l'administrateur général agissant conjointement ou séparément ; ceux-ci fixent ensemble les conditions des réalisations industrielles du Commissariat ; ils sont les conseillers du Gouvernement pour toutes les questions relatives à l'énergie atomique.

**ARTICLE 4.** — Pour faciliter la solution des questions intéressant le Commissariat, le Président du Gouvernement provisoire réunit, quand il y a lieu, les Ministres intéressés dans chaque cas particulier en un Comité interministériel.

L'administrateur général, délégué du Gouvernement, et le Haut-Commissaire à l'énergie atomique ont accès audit comité.

**ARTICLE 5.** — Le Commissariat à l'énergie atomique est autorisé à assurer sa gestion financière et à présenter sa comptabilité suivant les usages du commerce.

Il est soumis à un contrôle financier dont les règles sont déterminées par le règlement d'Administration publique prévu à l'article 8 ci-dessous.

Il est dispensé du contrôle financier prévu par le décret du 25 octobre 1935 instituant un contrôle financier des établissements publics autonomes de l'Etat, par le décret du 30 octobre 1935 organisant le contrôle de l'Etat sur les sociétés, syndicats et associations ou entreprises de toute nature ayant fait appel au concours financier de l'Etat, ainsi que par l'ordonnance du 13 novembre 1944 portant organisation d'un corps de contrôleurs d'Etat et fixant les modalités d'exercice du contrôle économique et financier.

Le Commissariat ne peut recourir à des emprunts publics sans l'approbation préalable du Ministre des Finances.

**ARTICLE 6.** — Le Haut-Commissaire et l'administrateur général adressent au Président du Gouvernement provisoire et au Ministre des Finances un rapport annuel sur l'activité et la gestion du Commissariat.

L'administrateur général soumet à l'approbation du Président du Gouvernement provisoire et du Ministre des Finances un état indicatif annuel de prévision des recettes et des dépenses et, s'il y a lieu, des états complémentaires en cours d'année ; ces états sont communiqués au Ministre de l'Education nationale et au Ministre de la Production industrielle.

**ARTICLE 7.** — Le Commissariat à l'énergie atomique reçoit, à titre de dotation initiale, une subvention extraordinaire de 500 millions de francs qui sera imputée au débit d'un compte spécial du Trésor.

Les sommes nécessaires à l'accomplissement de sa mission sont inscrites chaque année au budget de l'Etat.

Il est, en outre, habilité à recevoir toutes subventions publiques ainsi que tous dons ou legs en argent ou en nature.

**ARTICLE 8.** — Un règlement d'administration publique pris sur le rapport du Ministre de l'Education nationale et du Ministre des Finances fixera les conditions d'application de la présente ordonnance et déterminera notamment le fonctionnement administratif et financier de l'établissement ainsi que les attributions respectives du Haut-Commissaire, de l'administrateur général et du Comité.



ARTICLE 9. — La présente ordonnance sera publiée au *Journal officiel* de la République française et exécutée comme loi.

Fait à Paris, le 30 octobre 1945.

C. DE GAULLE.

Par le Gouvernement provisoire de la République française :

*Le Ministre d'Etat, Ministre des Affaires étrangères par intérim,*  
JULES JEANNENEY.

*Le Ministre de la Guerre,*  
A. DIETHELM.

*Le Ministre de la Marine,*  
LOUIS JACQUINOT.

*Le Ministre de l'Air,*  
CHARLES TELLON.

*Le Ministre de l'Economie nationale,*  
R. PLEVEN.

*Le Ministre des Finances,*  
R. PLEVEN.

*Le Ministre de la Production industrielle,*  
ROBERT LACOSTE.

*Le Ministre de la Reconstruction et de l'Urbanisme,*  
RAOUL DAUTRY.

*Le Ministre de l'Education nationale,*  
RENÉ CAPITANT.

*Le Ministre des Colonies,*  
P. GIACOBBI.

## ANNEXE N° 4

### DECRET N° 70-878 DU 29 SEPTEMBRE 1970 RELATIF AU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

Le Président de la République,

Sur le rapport du Premier Ministre, du Ministre d'Etat chargé de la Défense nationale, du Ministre des Affaires étrangères, du Ministre de l'Economie et des Finances, du Ministre de l'Education nationale et du Ministre du Développement industriel et scientifique,

Vu la Constitution, et notamment son article 37 ;

Vu l'ordonnance n° 45-2563 du 18 octobre 1945 instituant un Commissariat à l'énergie atomique, ensemble les textes qui l'ont modifiée ;

Vu l'avis du Comité de l'énergie atomique en date du 10 septembre 1970 ;

Le Conseil d'Etat entendu ;

Le Conseil des Ministres entendu,

#### Décrète :

**ARTICLE PREMIER.** — Les alinéas 2 et suivants de l'article 1<sup>er</sup> et les articles 3, 4, 6 (1<sup>er</sup> alinéa) et 8 de l'ordonnance susvisée du 18 octobre 1945 sont abrogés.

**ARTICLE 2.** — Le Commissariat à l'énergie atomique exerce, en se conformant aux directives fixées par le Gouvernement en vue de l'utilisation de l'énergie atomique dans les divers domaines de la science, de l'industrie et de la Défense nationale, les missions suivantes :

Il poursuit les recherches scientifiques et techniques nécessaires ;

Il propose les mesures propres à assurer la protection des personnes et des biens contre les effets de l'énergie atomique et contribue à leur mise en œuvre ;

Il est habilité à poursuivre une action de recherche, de production, de stockage et de transport de matières premières nucléaires soit directement, soit par l'intermédiaire d'entreprises dans lesquelles il détient une participation.

Il peut procéder à la transformation et au commerce de matières premières nucléaires, et généralement à toutes opérations concernant ces activités et s'y rattachant directement ou indirectement ; il veille à ce que soit assuré l'approvisionnement des utilisateurs et propose à cet effet les mesures nécessaires ;

Il coordonne, en ce qui concerne les applications énergétiques, les interventions publiques pour l'étude et la mise au point des techniques en voie de développement ; il participe, en cas d'intervention publique ou à la demande des constructeurs et des utilisateurs, aux programmes d'amélioration des techniques industrielles ;

Il peut, dans les divers domaines relevant de son activité, se livrer ou participer à la construction et à la production de dispositifs, de matériels ou de composants ;

Il prend ou suggère toutes mesures utiles pour mettre la France en état de bénéficier du développement des disciplines nucléaires ;

Il suit l'évolution scientifique, technique et économique à l'étranger se rapportant à ses activités en vue d'éclairer le Gouvernement, notamment dans la négociation des accords internationaux.

Le Commissariat à l'énergie atomique peut également, dans les limites fixées par le Gouvernement, prolonger certaines de ces activités de recherche et de développement dans des domaines non nucléaires soit à des fins économiques, soit en vue de participer à des programmes d'intérêt général.

ARTICLE 3. — Le Commissariat à l'énergie atomique est administré, conformément aux directives générales du Gouvernement qui lui sont données par le Ministre du Développement industriel et scientifique, par un comité qui comprend :

L'administrateur général délégué ;

Le secrétaire général du Ministère des Affaires étrangères ;

Le secrétaire général de l'Energie ;

Le délégué général à la Recherche scientifique et technique ;

Le directeur du Budget ;

Le directeur général du Centre national de la recherche scientifique ;

Une personnalité choisie par le Premier Ministre ;

Trois personnalités choisies par le Ministre chargé de la Défense nationale ;

Cinq personnalités qualifiées en raison de leur compétence dans le domaine scientifique et industriel, dont l'une exercera les fonctions de Haut-Commissaire définies à l'article 5 ci-après.

Le Comité est présidé par le Ministre du Développement industriel et scientifique ou, à défaut, par l'administrateur général délégué.

Les membres du Comité autres que les membres de droit ainsi que le Haut-Commissaire sont nommés pour cinq ans par décret en Conseil des Ministres.

ARTICLE 4. — La direction générale du Commissariat à l'énergie atomique est assurée par un administrateur général délégué, nommé pour cinq ans par décret en Conseil des Ministres.

ARTICLE 5. — Le Haut-Commissaire assume la charge de conseiller scientifique et technique auprès de l'administrateur général délégué.

Il peut saisir directement le Comité de l'énergie atomique et les Ministres intéressés de ses propositions concernant l'orientation générale scientifique et technique qui lui paraît souhaitable.

Il donne son avis en matière nucléaire sur toutes les questions qui intéressent la sécurité des personnes et des biens et nécessitent une décision de l'administrateur général délégué.

Il peut être chargé de diverses missions, notamment dans le domaine de l'enseignement.

Il préside le conseil scientifique prévu à l'article 6 ci-après.

ARTICLE 6. — Le conseil scientifique a pour mission d'assister le Haut-Commissaire dans l'exercice de ses fonctions.

Il se réunit à la demande du Haut-Commissaire et peut émettre des vœux qui sont communiqués au Comité de l'énergie atomique et au Ministre du Développement industriel et scientifique.

Il comprend quinze membres au plus nommés pour trois ans en raison de leur compétence par arrêté du Ministre du Développement industriel et scientifique.

ARTICLE 7. — L'administrateur général délégué adresse au Ministre du Développement industriel et scientifique et au Ministre de l'Economie et des Finances un rapport annuel sur l'activité et la gestion du Commissariat.

ARTICLE 8. — Un décret en Conseil d'Etat pris sur le rapport du Ministre du Développement industriel et scientifique et du Ministre de l'Economie et des Finances fixe les conditions d'application du présent décret ; il détermine notamment le fonctionnement administratif et financier de l'établissement et précise les attributions respectives de l'administrateur général délégué, du Haut-Commissaire et du Comité.

ARTICLE 9. — Sont abrogés le décret n° 51-7 du 3 janvier 1951, le décret n° 56-1281 du 14 décembre 1956 et le décret n° 68-852 du 25 septembre 1968.

ARTICLE 10. — Le présent décret ne pourra être modifié que par un décret en Conseil d'Etat.

ARTICLE 11. — Le Premier Ministre, le Ministre d'Etat chargé de la Défense nationale, le Ministre des Affaires étrangères, le Ministre de l'Economie et des Finances, le Ministre de l'Education nationale et le Ministre du Développement industriel et scientifique sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 29 septembre 1970.

GEORGES POMPIDOU.

Par le Président de la République :

*Le Premier Ministre,*  
JACQUES CHABAN-DELMAS.

*Le Ministre du Développement industriel et scientifique,*  
FRANÇOIS ORTOLI.

*Le Ministre d'Etat chargé de la Défense nationale,*  
MICHEL DEBRÉ.

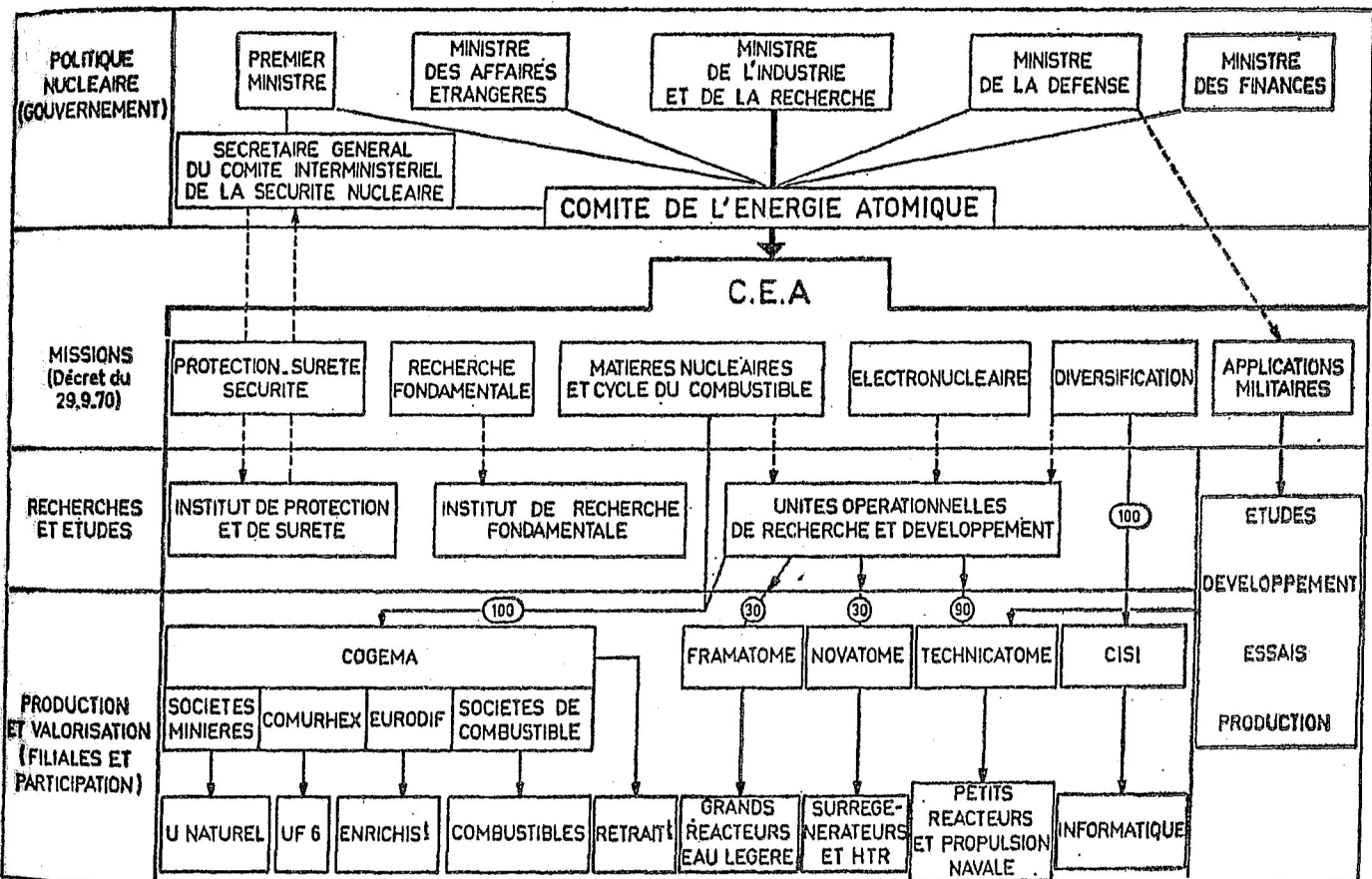
*Le Ministre des Affaires étrangères,*  
MAURICE SCHUMANN.

*Le Ministre de l'Economie et des Finances,*  
VALÉRY GISCARD D'ESTAING.

*Le Ministre de l'Education nationale,*  
OLIVIER GUICHARD.




# ANNEXE N° 5

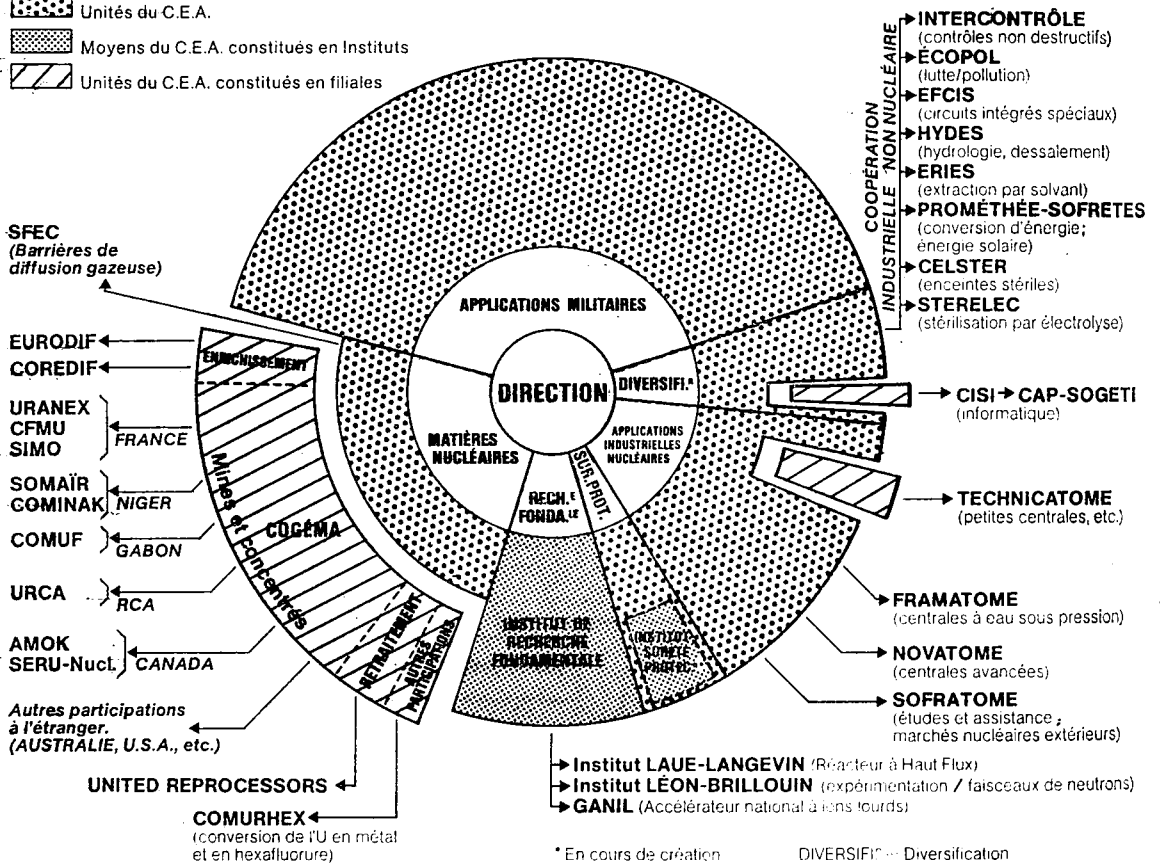
## ORGANIGRAMME DU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE



## ANNEXE N° 6

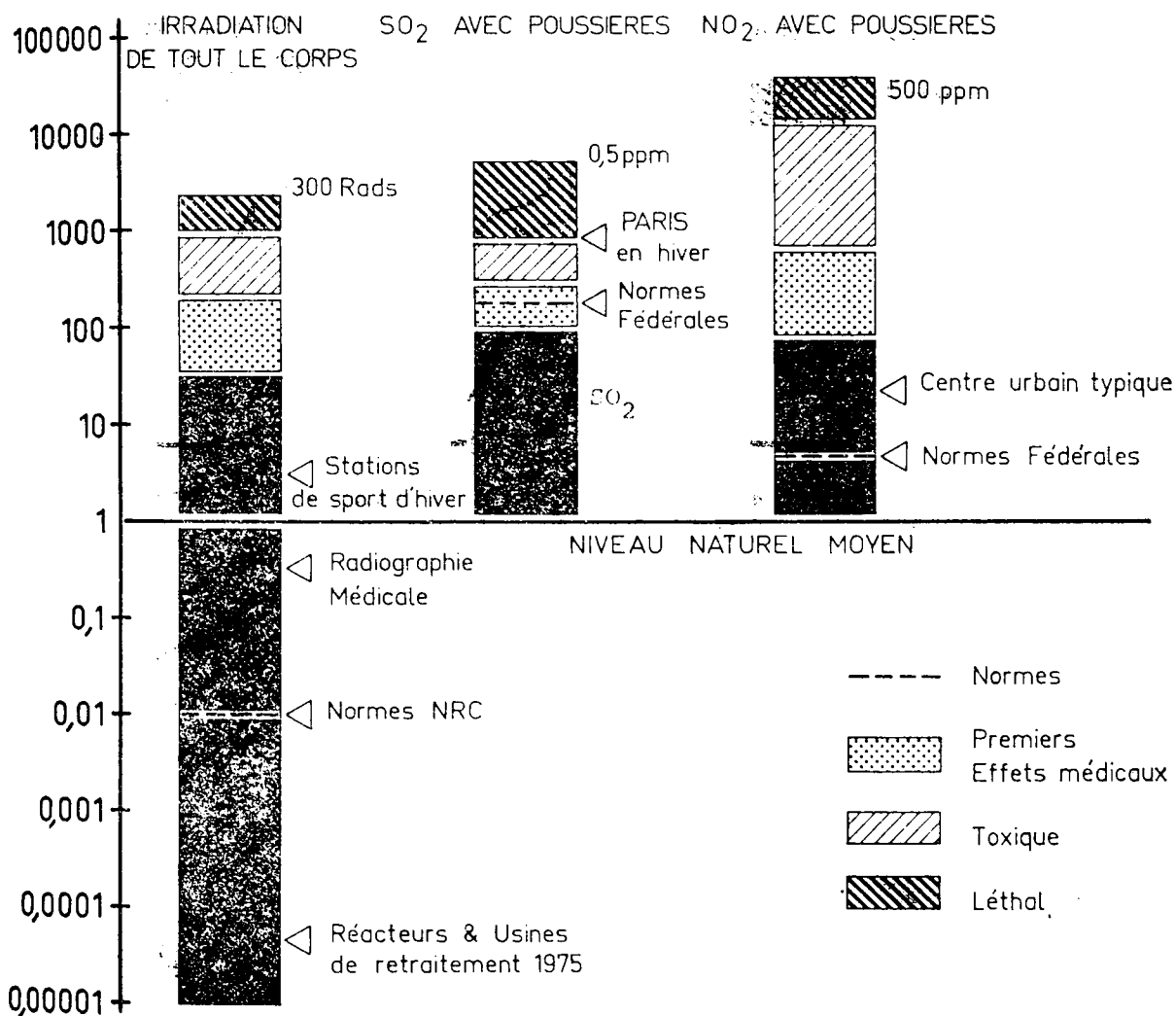
### STRUCTURE OPÉRATIONNELLE DU C.E.A. ET DE SES PRINCIPALES FILIALES ET PARTICIPATIONS INDUSTRIELLES

-  Unités du C.E.A.
-  Moyens du C.E.A. constitués en Instituts
-  Unités du C.E.A. constitués en filiales



## ANNEXE N° 7

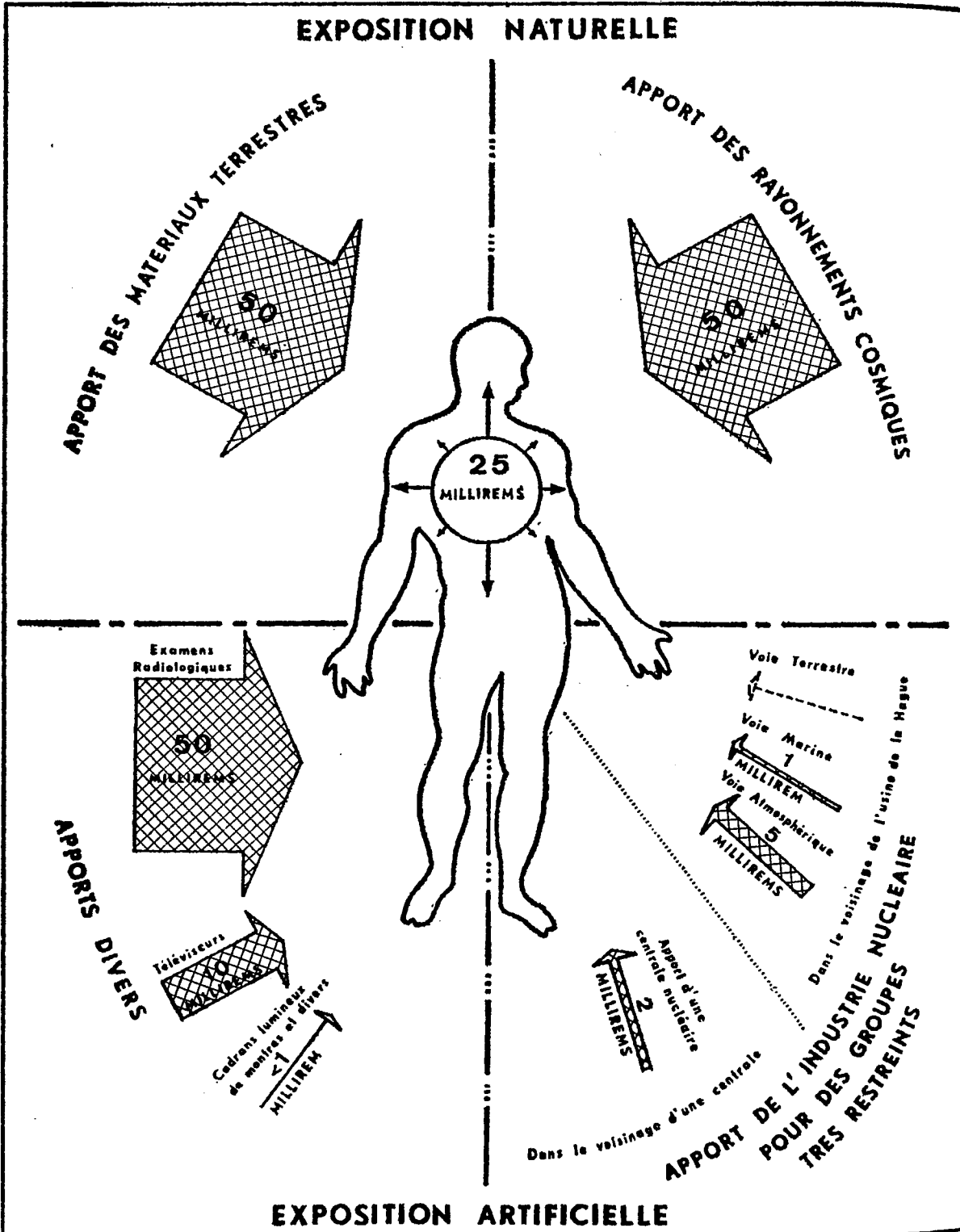
### A) COMPARAISON DES NORMES ET DES NUISANCES (RADIATIONS ET POLLUTION ATMOSPHERIQUE)



ppm = partie pour million

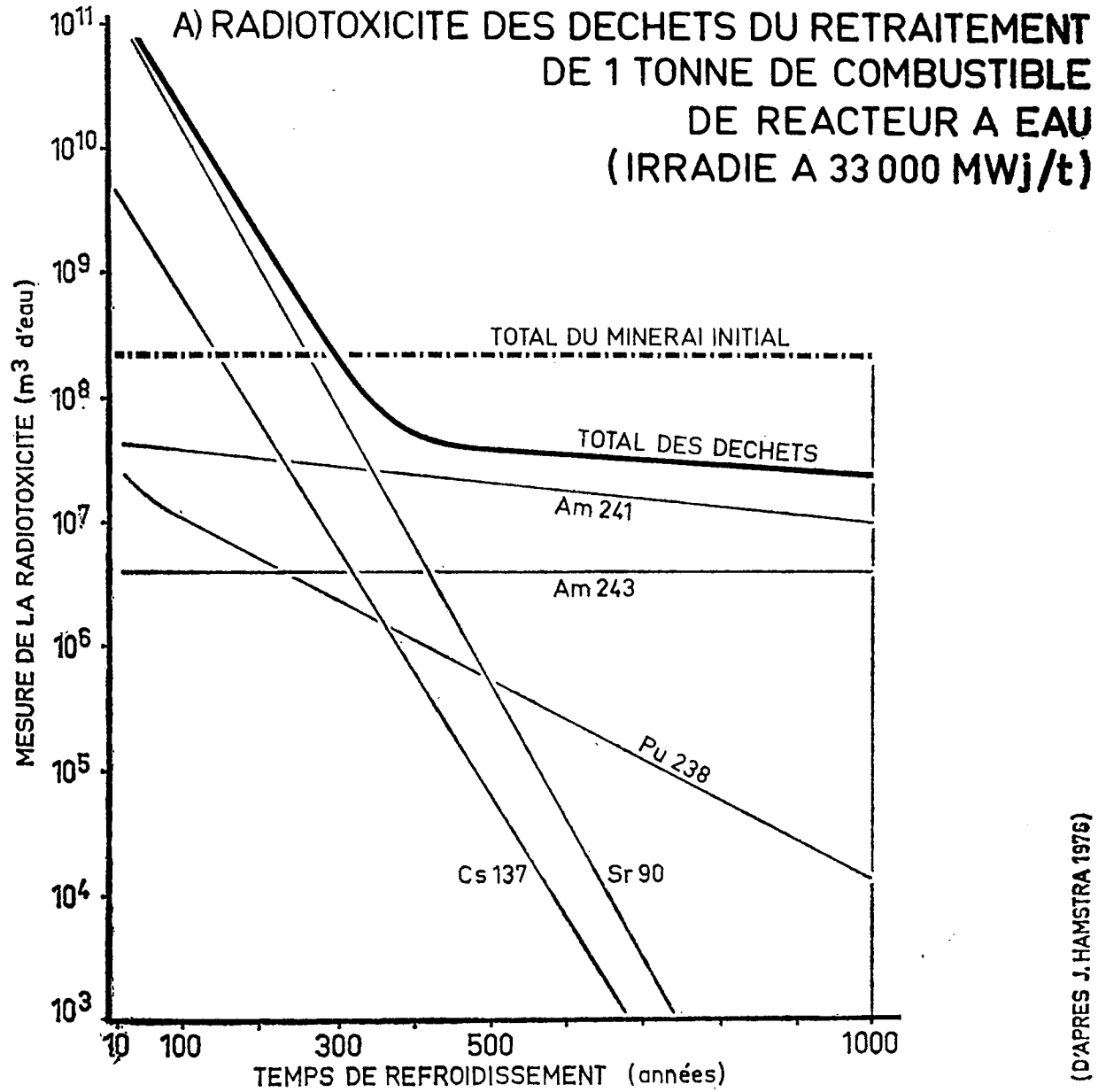
# ANNEXE N° 8

## EXPOSITION MOYENNE ANNUELLE DE LA POPULATION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS





ANNEXE N° 9



## ANNEXE N° 10

---

### LE PLUTONIUM EST-IL DANGEREUX ?

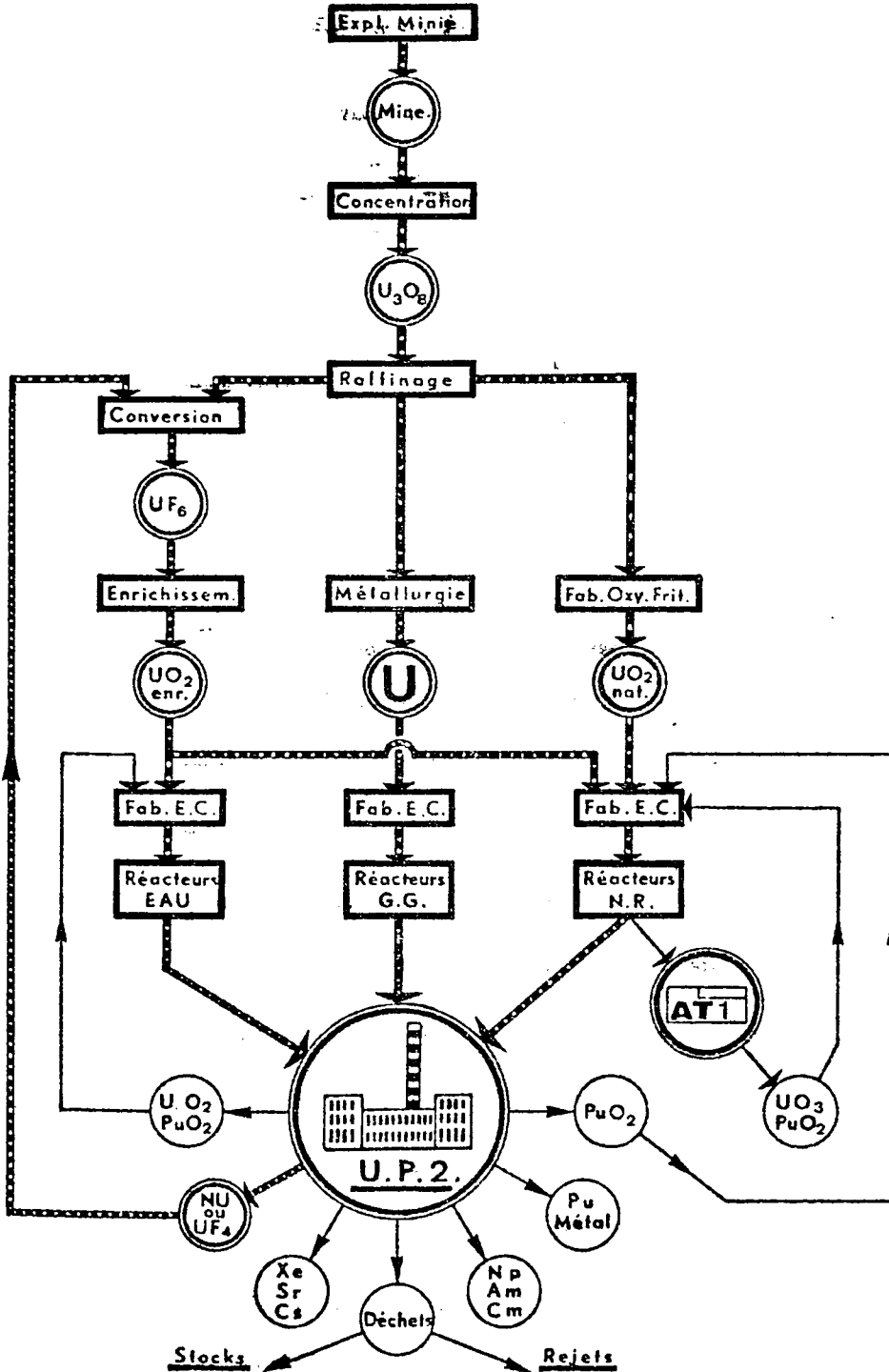
Le plutonium est un émetteur de particules  $\alpha$ , très fortement ionisantes, celles-ci causent des lésions dans les cellules qu'elles atteignent, mais leur rayon d'action est réduit : elles sont arrêtées par une feuille de papier. Le danger résultant de la contamination externe est donc pratiquement nul. En revanche certaines formes de contamination interne peuvent effectivement présenter des risques. Ceux-ci n'ont pu être appréciés que par l'expérimentation animale, les incidents de contamination n'ayant jamais jusqu'à présent entraîné de conséquences imputables au plutonium alors que certains travailleurs contaminés ont reçus, il y a déjà plus de trente ans, des doses de plusieurs dizaines de fois supérieures à la dose autorisée par la réglementation. C'est le souci de limiter les risques de contamination interne qui conduit à ériger des barrières entre le plutonium et le personnel et à en réglementer toute manipulation. On a tenu compte aussi des risques de contamination indirecte de l'homme par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire ; c'est pourquoi les rejets en mer des effluents de l'usine de La Hague, par exemple, sont si strictement réglementés et contrôlés. Pour atteindre la dose maximale admissible, c'est-à-dire sans risque, il faudrait absorber 60 kilogrammes de lichen, ou 4,5 tonnes de homard, ou 55 tonnes de foie de bar en provenance des eaux de La Hague par personne et par jour...

Enfin le plutonium est un matériau fissile : les contraintes de criticité imposent donc de toujours limiter les quantités de plutonium présentes en un même réceptacle. Malgré les précautions prises, la criticité a pu être atteinte accidentellement au cours d'opérations de traitement dans des ateliers à l'étranger. La réaction en chaîne, à peine enclenchée, s'arrête alors d'elle-même. En effet, les conditions nécessaires à son maintien et son emballement ne peuvent exister en dehors d'engins spécialement conçus.

Les dangers de criticité et de contamination en fonctionnement normal concernent exclusivement le personnel et non le public. Ce sont des risques professionnels au même titre que ceux des autres industries, à cette nuance près qu'ils sont plutôt mieux connus et donc plus sévèrement réglementés et contrôlés.

# ANNEXE N° 11

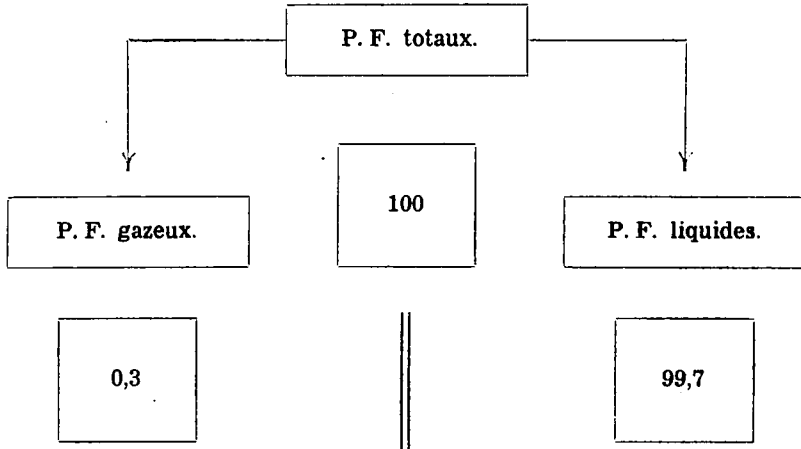
## LE CENTRE DE LA HAGUE DANS LE CYCLE DES COMBUSTIBLES



## ANNEXE N° 12

### COMPOSITION DES PRODUITS DE FISSION (PWR - 33 000 MWJ/T - Refroidis 160 jours.)

1. — *Pourcentage en poids.*



2. — *Curies pour 1 tonne de combustible.*

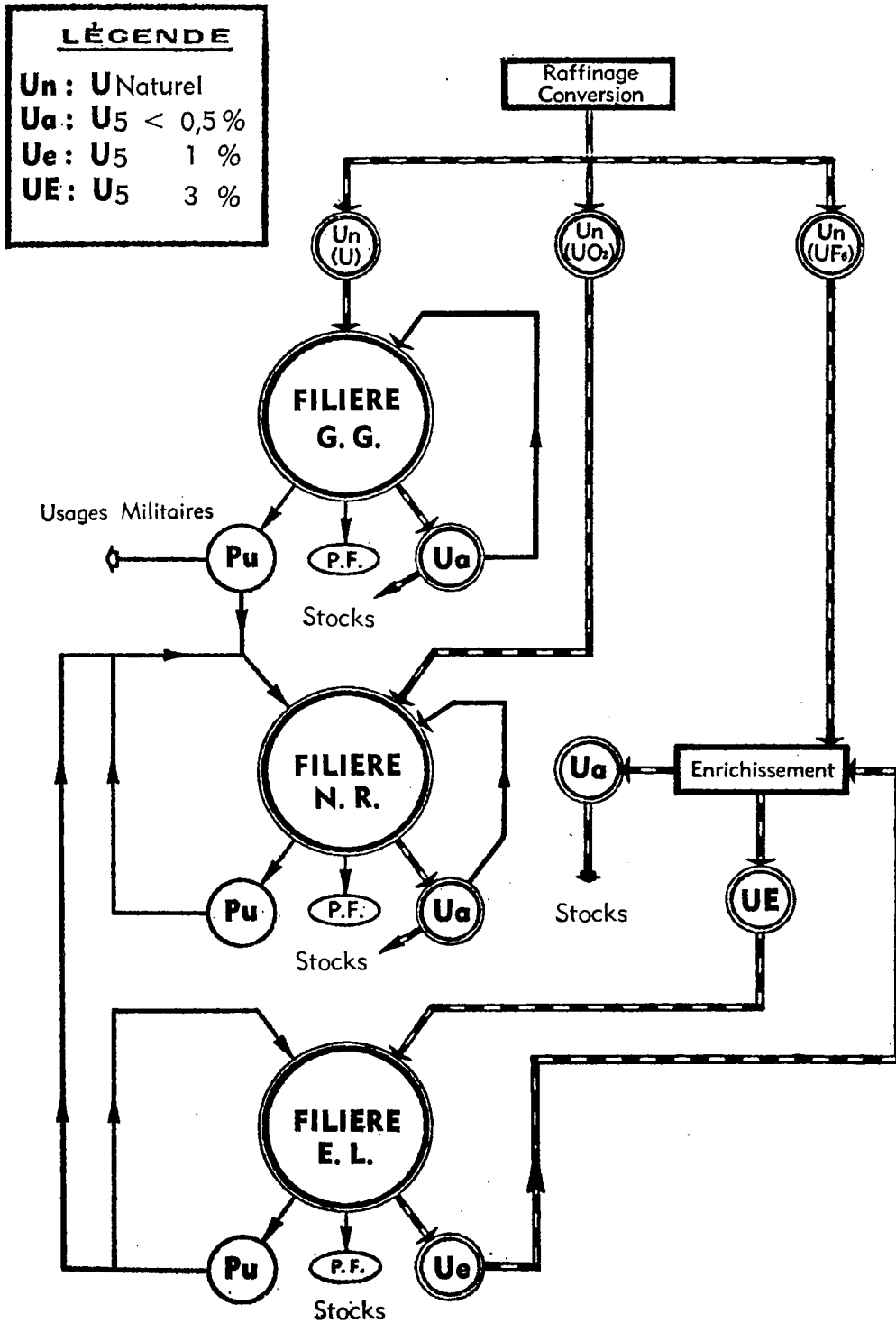
|             |                            |          |              |               |                      |
|-------------|----------------------------|----------|--------------|---------------|----------------------|
| 85 Kr.....  | β 10,6 ans.                | 13 400,0 | 90 Sr.....   | β 28 ans.     | 1,3 10 <sup>5</sup>  |
| 131 Xe..... | Stable.                    | >        | 95 Zr.....   | β 65 jours.   | 2,7 10 <sup>5</sup>  |
| 133 Xe..... | β 5,3 jours.               | 0,01     | 95 Nb.....   | β 35 jours.   | 5,2 10 <sup>5</sup>  |
| 129 I.....  | β 1,6 10 <sup>7</sup> ans. | 0,04     | 106 Ru.....  | β 1 an.       | 6,1 10 <sup>5</sup>  |
| 131 I.....  | β 8 jours.                 | 0,78     | 106 Rh.....  | β 2,2 heures. | 6,1 10 <sup>5</sup>  |
| 3 H.....    | β 12,3 ans.                | 430,0    | 137 Cs.....  | β 30 ans.     | 1,85 10 <sup>5</sup> |
|             |                            |          | 144 Cr.....  | β 284 jours.  | 8 10 <sup>5</sup>    |
|             |                            |          | Divers ..... |               | Solde.               |
| Total ..... |                            | 13 851   | Total .....  |               | 4,35 10 <sup>6</sup> |

3. — *Grammes pour 1 tonne de combustible.*

30 000 environ.

# ANNEXE N° 13

## CIRCULATION DES MATERIAUX NUCLEAIRES ENTRE LES FILIERES



# ANNEXE N° 14

## UNITES DE MESURE

### Quelques mesures courantes

1 tonne métrique de pétrole brut  $\neq$  7 barils  
1 baril/jour  $\neq$  50 tonnes/an  
1 million de pieds cubes/jour (gaz naturel)  $\neq$  10 millions de m<sup>3</sup>/an

Densité du pétrole brut : de 0,80 à 0,97

### Equivalence charbon

(t.e.c. = tonne équivalent charbon)

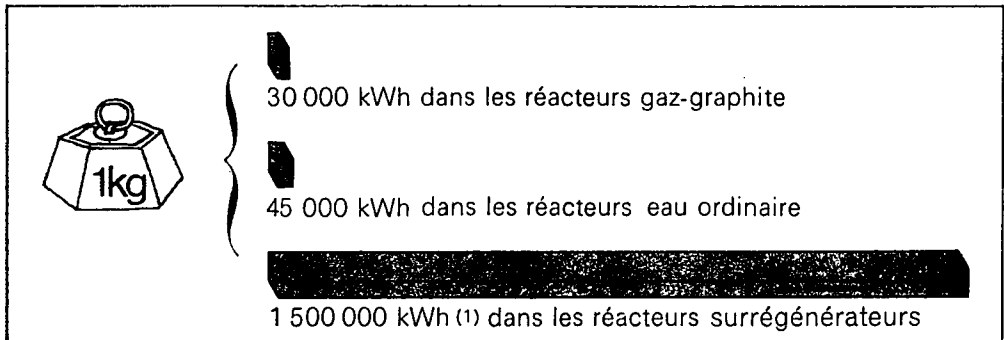
1 tonne métrique de pétrole brut = 1,5 t. e. c.  
1 000 m<sup>3</sup> de gaz naturel = 1,3 t. e. c.  
1 000 kWh d'électricité = 0,125 t. e. c.

(t.e.c. = tonne équivalent pétrole = 1,5 t. e. c.)

### Pouvoir calorifique

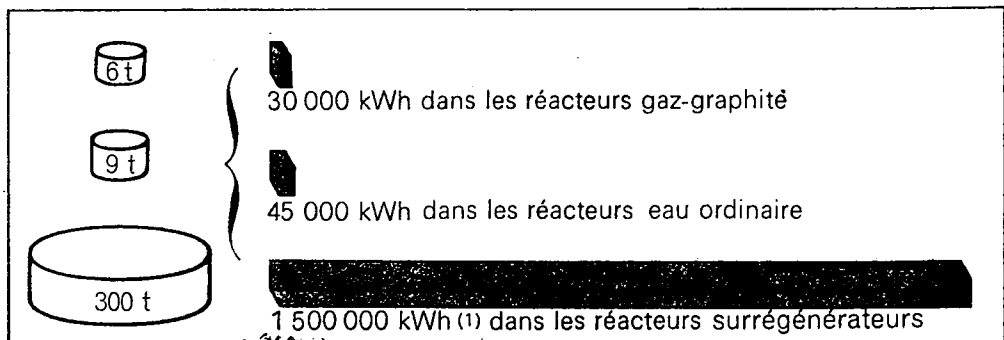
1 tonne métrique de pétrole brut = 10.800.000 kcal  
1 m<sup>3</sup> de gaz naturel = 8.900 kcal  
1 tonne métrique de charbon = 6.900.000 kcal

### Comparaison selon le type de réacteurs de l'énergie produite par 1 kg d'uranium naturel



(1) peut-être même jusqu'à 3 000 000 kWh.

### Comparaison des quantités de fuel nécessaires pour produire cette énergie électrique.



(1) peut-être même jusqu'à 3 000 000 kWh.

## ANNEXE N° 10

---

### BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE ET PERMANENTE

Bertrand Goldschmidt, *Les Rivalités atomiques 1939-1966*.

Lucien Thiriet, *L'Energie nucléaire*.

Michel Grenon, *Ce monde affamé d'énergie*.

Alain Peyrefitte, *Le Mal français*.

Gabriel Taix, *Aux portes de l'enfer atomique*.

Conseil économique et social, *Les Problèmes de l'énergie à moyen et à long terme*.

Préparation du VII<sup>e</sup> Plan, *Rapport de la Commission de l'énergie*.

Projet Rasmussen, *Etude de la sûreté des réacteurs*.

Revue militaire TAM, *Energie solaire*.

Articles des généraux Méry, Jacques Ménard.

Périodiques : *Enerpresse, L'Energie Petroleum Economist*.

Etude du groupe de travail présidé par M. Pintat au Sénat.