

**Tome 58**

**fascicule 7**

**Septembre 1989**

---

Abonnement 140 F — Le numéro 25 F

ISSN 0366-1326

**BULLETIN MENSUEL**  
**DE LA**  
**SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON**

**Siège social : 33 rue Bossuet, F 69006 LYON**

Rédaction : R. ALLEMAND

---

Inscriptions et arrhes (100 francs) à verser au C.C.P. 337-78 N Lyon Sté Linnéenne de Lyon.

*Samedi 23 septembre* : Grande Sûre (Isère).

Rendez-vous à 9 h 30 sur la place de l'église à l'entrée de Saint-Laurent-du-Pont, côté Voiron.

## **GROUPE DE ROANNE :**

### **PROGRAMME**

#### **CONFÉRENCES :**

*Lundi 11 septembre* : Souvenirs de vacances.

*Lundi 16 octobre*, au lieu du 9 (exposition) : La conquête du feu par l'homme préhistorique par le Docteur PERRÈVE.

#### **BIBLIOTHÈQUE :**

Le deuxième lundi de chaque mois à 18 heures, salle n° 27, Centre Mendès France.

Achats de livres : *Dieu des fourmis*, *Dieu des étoiles* de Rémy CHAUVIN. *Des animaux et des hommes* de Rémy CHAUVIN.

#### **SÉANCES MYCOLOGIQUES :**

Chaque lundi à 18 h 30, salle n° 27, Centre Mendès France.

#### **SÉANCES ORNITHOLOGIQUES :**

Le deuxième mercredi de chaque mois à 18 h 30, salle n° 27, Centre Mendès France.

#### **SORTIES MYCOLOGIQUES :**

*Dimanche 3 septembre* : Les Biefs.

*Dimanche 17 septembre* : Montoncel.

#### **EXPOSITION :**

Notre exposition annuelle se tiendra les 7, 8 et 9 octobre au Centre Mendès France à Roanne.

## **Compte rendu de la séance du 9 mai**

### **LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE A PARTIR DE L'URANIUM NATUREL**

par C. GAGNARD, Prospecteur-Géologue au C.E.A.

C'est en 1945 que la France, sous l'impulsion du Général De Gaulle alors Président du Conseil, pressantant le rôle important de l'énergie nucléaire, créait le 18 octobre le Commissariat à l'Energie Atomique (C.E.A.) qui avait un quadruple but :

1) Recherche de minerai d'uranium en France et dans les Colonies et création d'une métallurgie de l'uranium.

2) Applications civiles de l'énergie atomique en mettant au point la construction des centrales nucléaires.

3) Promouvoir la Recherche fondamentale (qui se fait de nos jours dans les Centres d'études nucléaires à Saclay - Fontenay - Cadarache - Grenoble) qui intéresse la Médecine, la Biologie, l'industrie, les pollutions.

4) Applications militaires qui sont du domaine du Département des applications militaires (D.A.M.).

Ainsi, parti de rien ou presque, excepté les laboratoires de Physique de l'Ecole Normale Supérieure et ceux de l'Ecole Polytechnique où avaient œuvré les CURIE, JOLIOT, LANGEVIN, PERRIN, KOWARSKI et d'autres, la France sous la direction du C.E.A., puis de sa filiale la C.O.G.E.M.A., s'est hissée 45 ans plus tard à la troisième place mondiale pour l'utilisation de l'énergie atomique civile, derrière les Etats-Unis et l'U.R.S.S.

Le cycle du combustible nucléaire proprement dit dure près de 7 ans et comprend les phases suivantes :

#### **I — Extraction de l'uranium naturel**

Il existe deux types de minerais :

— les minerais dits primaires à uranium de valence 4 comme la pechblende.

— les minerais dits secondaires à uranium de valence 6 qui dérivent des premiers par oxydation, très colorés, comme l'autunite.

Exploités en carrières ou en mines comme celles de Saint-Priest-la-Prugne dans la région de Roanne, ces minerais sont toujours très pauvres. En moyenne, ils contiennent en France 3 kg à la tonne.

Les mines françaises fournissent 3 200 tonnes d'uranium naturel sur les 8 400 tonnes consommées, le reste étant fourni par le Niger et le Gabon, mais aussi par le Canada et les U.S.A.

## II — Raffinage et concentration du minerai

Après concassage, broyage et attaque chimique, les produits concentrés sont soit du di-uranate d'ammonium à 70 % ou de l'uranate de soude ou de magnésie à 70 %, soit une solution de nitrate d'uranyle à 400 g d'uranium par litre dans la division du Forez. Ces concentrés appelés yellow-cake du fait de leur couleur jaune-orangé, sont ensuite transformés soit en uranium métal soit en hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ) suivant la centrale utilisée. En effet, il faut savoir que depuis 1945 il y eut trois générations de réacteurs :

— vers 1950, 1<sup>re</sup> génération des réacteurs fonctionnant à l'uranium graphite-gaz (type UNGG) à faible rendement (1 % de l'énergie de l'uranium)

— vers 1960, 2<sup>e</sup> génération des réacteurs fonctionnant à l'uranium enrichi et à eau sous pression (type PWR) à meilleur rendement (3 %) qui remplacent les précédents

— vers 1970, 3<sup>e</sup> génération des surrégénérateurs à neutrons rapides à grand rendement (41,5 %) : Phénix (Marcoule) et Superphénix (Creys-Malville).

En conséquence, les yellow-cake sont transformés uniquement en hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ) utilisé par les réacteurs de 2<sup>e</sup> génération des nouvelles centrales françaises. Mais avant utilisation, l' $UF_6$  fabriqué dans l'usine de Malvezi près de Narbonne doit être enrichi par diffusion gazeuse et passer de 7 ‰ à 3 % environ d'uranium 235. L'usine d'enrichissement Eurodif, située à Pierrelatte a produit 10,8 millions d'unités d'enrichissement (UTS) qui sont suffisantes pour faire fonctionner 100 centrales implantées en France, Belgique, Espagne, Italie et ailleurs dans le monde.

## III — Fabrication des combustibles des centrales nucléaires

L'utilisation de l' $UF_6$  varie suivant le type de centrale :

— pour les centrales 1<sup>re</sup> génération : le « cœur » du réacteur est formé de cartouches de 10 kg d'uranium gainées en magnésium et aluminium et assemblées avec des briques de graphite.

— pour les centrales 2<sup>e</sup> génération qui représentent 85 % du parc national, le « cœur » est formé de pastilles d'oxyde d'uranium enrichi d'un poids de 20 g (1 pastille de 20 g équivaut à 1 tonne de pétrole).

— pour les surrégénérateurs à neutrons rapides (Phénix = 250 MW, Superphénix = 1 240 MW), le « cœur » est constitué de pastilles d'oxyde d'uranium et de plutonium, ce dernier provenant des usines de retraitement de La Hague et de Marcoule.

Le combustible est utilisé dans le réacteur pendant 3 ans mais renouvelé par tiers chaque année. A sa sortie, très irradié, il est très dangereux et doit être stocké dans une piscine où au bout d'un an sa radioactivité encore très importante ne représente plus que 2 % de sa valeur au moment du défournement. L'essentiel du combustible irradié est alors transporté à l'usine de retraitement de La Hague par chemin de fer ou par route dans des containers appelés « châteaux ». Ces châteaux qui pèsent entre 30 tonnes et 100 tonnes sont soumis à de multiples épreuves pour assurer une parfaite sécurité de transport.

## IV — Le retraitement du combustible irradié

D'abord assuré par l'usine de Marcoule dite UP<sub>1</sub> en 1958, le retraitement se fait à présent à La Hague près Cherbourg où l'usine d'une superficie de 220 ha est devenue la plus importante du monde. Cette technique est très intéressante car elle permet de récupérer à la fois plutonium et uranium 235.

En effet, le combustible neuf ne contient pas que de l'uranium 235 mais un peu d'uranium 238 qui au cours de l'irradiation dans le réacteur se transforme en plutonium, matière fissible qui n'existe pas à l'état naturel et qui peut être utilisée dans d'autres réacteurs mais qui pose de sérieux problèmes de stockage à cause de sa très longue durée de vie (24 000 ans).

Par ailleurs, tout l' $U_{235}$  présent dans le combustible neuf n'est pas utilisé, il en reste environ 0,85 % après utilisation, c'est-à-dire plus que dans les minerais naturels. Dans un pays comme la France ne disposant que de réserves moyennes en minerai (environ 120 000 tonnes soit 15 ans de consommation), il y a intérêt à retraiter le combustible irradié.

On a comparé l'usine de La Hague à une « blanchisserie nucléaire » car elle permet de faire un tri entre les matières réutilisables ( $U_{235}$  et Pu) et les matières non utilisables

c'est-à-dire les déchets qui posent le problème épineux de leur conditionnement et de leur stockage.

Quant à l'uranium et au plutonium ils sont séparés et purifiés par une série d'opérations chimiques et en fin d'opération, on obtient soit du nitrate d'uranyle soit de l'oxyde de plutonium transportables. Le cycle est alors bouclé puisque on peut réutiliser l'uranium, après enrichissement, dans les centrales PWR et le plutonium soit dans les surrégénérateurs soit en un nouveau combustible mixte dit MOX (95 % d'U et 5 % du Pu) dans les centrales PWR et bientôt dans d'autres centrales.

L'usine de La Hague est en cours d'agrandissement. Elle sera capable à partir des années 1990-1992 de retraiter non seulement les combustibles des centrales françaises, mais aussi de celles d'autres pays européens ainsi que de celles du Japon en attendant que ce dernier termine son usine de retraitement.

#### V — *Le stockage définitif des déchets radioactifs*

Il existe trois catégories de déchets :

— de faible activité, stockés en surface dans des tranchées bétonnées.  
— de moyenne activité, conditionnés avant stockage, par enrobage dans du bitume ou du béton.

— de haute activité, qui comprennent les produits de fission et les éléments transuraniens séparés de l'uranium et du plutonium. Ils sont stockés dans des casemates étanches, sous forme liquide mis dans des réservoirs en acier inoxydable équipés d'un système de refroidissement pour évacuer la chaleur provenant de la fission nucléaire.

Après plusieurs années de refroidissement, ces solutions sont vitrifiées à une température de 1 100° suivant un procédé mis en application à Marcoule. Les déchets ainsi vitrifiés sont mis en fûts de 200 litres en acier inoxydable stockés dans des puits verticaux construits dans des fosses bétonnées.

Pour trouver une solution définitive au problème délicat du stockage des déchets, un organisme officiel a été créé le 7 novembre 1979 au sein du C.E.A., sous le nom de Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (A.N.D.R.A.). Cet organisme est chargé, dans le cadre des dispositions législatives et réglementaires et en se conformant à la politique générale du gouvernement, des opérations de gestion à long terme des déchets radioactifs.

On peut résumer ainsi les principales décisions :

1/ pour les déchets à vie courte (inférieure à 30 ans)

Leur centre de stockage actuel à La Hague arrivant à saturation en 1990/1991, un deuxième centre avait été envisagé en 1980 sur l'emplacement du complexe minier des Bois Noirs — Limouzat à Saint-Priest-La-Prugne (Loire) à la fin de l'exploitation. Mais, devant la réaction des élus locaux et des populations, le projet n'a pas abouti. Actuellement un site de remplacement est en cours d'équipement à Soulaines-Dhuys (Aube).

2/ pour les déchets vitrifiés à vie longue (supérieure à 30 ans)

Le stockage en surface des précédents étant insuffisant, il faut prévoir alors un stockage pour plusieurs siècles dans un milieu naturel absolument stable. C'est pour cela que l'on envisage un stockage géologique en profondeur. Actuellement quatre sites sont en cours d'études.

— Dans le granite à Neuvy-Bouin (Deux-Sèvres) à 30 km à l'ouest de Parthenay, granite peu fracturé à 300-300 mètres de profondeur.

— Dans les argiles compactes à Sissonne-Montcornet (Aisne). Ces argiles sont celles de la Champagne du Nord à 20 km à l'est du Laon.

— Dans des dômes de sel du Trias à Montrevel et Saint-Trivier (20-30 km au nord-ouest de Bourg dans l'Ain). Ces couches de sel, épaisses de 300 mètres, sont à 600 mètres de profondeur.

— Dans les schistes métamorphisés de l'anticlinal du « Lion » d'Angers. Il s'agit des schistes et ardoises de Sègre (Maine-et-Loire).

Les sondages sont programmés de 1987 à 1990 et l'un des 4 sites sera retenu. Quatre années de travaux seront nécessaires pour équiper ce site et il faudra encore trois ans d'exploitation pour tirer la conclusion. Cela nous mènera en 1998 !

En conclusion, l'énergie nucléaire fournit 75 % de la production d'électricité et ce taux devrait atteindre 85 % en l'an 2000. Ce choix, imposé par nos faibles ressources en pétrole (3,2 millions de tonnes) et de charbon (16 millions de tonnes), permet de limiter les importations de pétrole. Les 8 400 tonnes d'uranium utilisées sont équivalentes à 84 millions de tonnes de pétrole, valeur qui correspond à peu près à la consommation annuelle de la France. Cependant, il ne faut pas oublier certains accidents récents liés à l'industrie nucléaire (Tchernobyl et Three Mile Island) qui doivent obliger les nations nucléaires à faire respecter une sécurité absolue tout au long du cycle nucléaire.