

E N E R G I E S

# L'uranium



25 QUESTIONS - 25 REPONSES

# L'uranium

## 25 QUESTIONS - 25 RÉPONSES

### SOMMAIRE

- 1** Quels sont les besoins en énergie de la France ? p. 2
- 2** Pourquoi faire appel à l'énergie nucléaire. Quel est le programme nucléaire français ? p. 5
- 3** En dehors de l'électricité nucléaire, il existe d'autres sources nouvelles d'énergie. Comment sont-elles et seront-elles utilisées ? p. 8
- 4** Qu'est-ce qu'une réaction nucléaire ? Comment fonctionne une centrale nucléaire ? Comment est élaboré le combustible d'une centrale nucléaire ? p. 11
- 5** Quels sont les ressources et les besoins mondiaux en uranium ? p. 16
- 6** Quelles sont les ressources françaises en uranium ? Que représentent-elles en valeur énergétique ? Quels sont les besoins français, comment sont-ils couverts ? p. 18
- 7** Sous quelle forme se trouve l'uranium dans la nature ? p. 20
- 8** Qu'est-ce que la prospection d'uranium ? Quel est l'effort de prospection réalisé en France ? p. 22
- 9** Qu'est-ce qu'un permis exclusif de recherches ? p. 28
- 10** Comment le public est-il informé de ces recherches ? p. 30
- 11** La prospection entraîne-t-elle des nuisances ? p. 31
- 12** Dans quelles conditions les recherches peuvent-elles aboutir à une exploitation ? p. 34
- 13** Qu'est-ce qu'un permis d'exploitation ? Qu'est-ce qu'une concession ? p. 35
- 14** Quelles procédures complémentaires sont nécessaires à la mise en exploitation ? p. 36
- 15** Comment exploite-t-on un gisement d'uranium ? p. 37
- 16** Que fait-on du minerai d'uranium extrait ? p. 42
- 17** Quelles sont les relations avec les propriétaires du sol ? p. 49
- 18** Quels sont les effets sur l'environnement de l'exploitation d'un gisement d'uranium ? p. 50
- 19** L'exploitation d'une mine d'uranium risque-t-elle de perturber le régime et la qualité des eaux ? p. 53
- 20** L'exploitation d'une mine d'uranium peut-elle nuire à la qualité des produits agricoles ? p. 55
- 21** Les exploitations d'uranium entraînent-elles des risques liés à la radioactivité pour les travailleurs et la population ? p. 55
- 22** Que représente l'industrie minière de l'uranium en France aujourd'hui ? p. 57
- 23** Qu'apporte l'exploitation d'une mine d'uranium à l'économie locale ? p. 58
- 24** Que se passe-t-il à la fermeture d'une mine ? p. 59
- 25** Comment en savoir plus ? p. 61





## Quels sont les besoins en énergie de la France ?

**E**n France comme à l'étranger, le développement économique entraîne et amène à prévoir une demande accrue d'énergie et notamment d'électricité.

La satisfaction de ces besoins, où l'électricité prend une place de plus en plus importante, exige une évolution rapide de la structure de nos approvisionnements.

En effet, les prévisions de consommation d'énergie en France doivent désormais tenir compte :

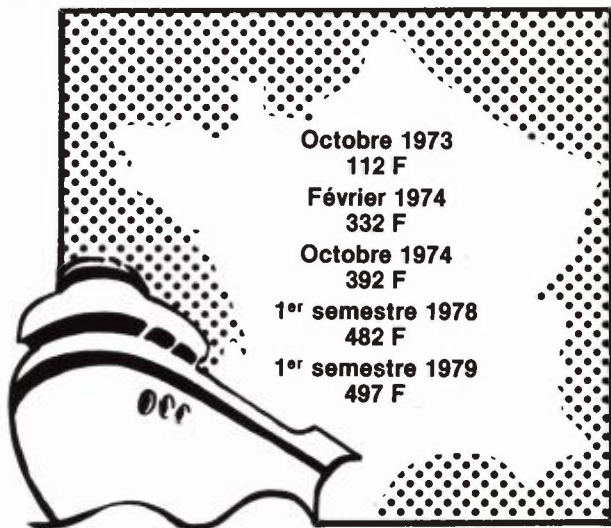
- du coût du pétrole,
- des économies d'énergie,
- des ressources disponibles.

### Le coût du pétrole

La crise du pétrole d'octobre et novembre 1973 a entraîné une augmentation considérable du prix des hydrocarbures.

### ÉVOLUTION DU COÛT DU PÉTROLE BRUT IMPORTÉ EN FRANCE

(en francs par tonne)



*la raffinerie de Gonfreville en Normandie*



En raison de la part grandissante tenue jusqu'à par les produits pétroliers dans le développement des pays industrialisés (pétro-chimie, consommations industrielles et domestiques, transports) et de la faiblesse des ressources propres de la majorité de ces pays, ce renchérissement ne pouvait manquer d'entraîner des perturbations économiques et politiques : aggravation du déficit des balances commerciales et dépendance accrue envers les pays producteurs de pétrole.

D'où la nécessité de développer rapidement des sources d'énergie moins chères et permettant de réduire l'utilisation des produits pétroliers, notamment pour la production d'électricité.

### Les économies d'énergie

L'un des impératifs nationaux doit être d'éviter le gaspillage et d'économiser l'énergie. En effet, l'achat d'un million de tonnes de pétrole de moins représente une économie de devises de près de 500 millions de francs.

Sans renoncer à la croissance et à l'amélioration du niveau de vie, les prévisions de consommation ont été ramenées, pour 1985, de 285 millions de tonnes équivalent-pétrole à 225 millions.

En 1978, 16 Mtep <sup>(1)</sup> d'économies ont été réalisées, représentant une économie de devises de l'ordre de 8 milliards de francs. Cet effort d'économies, en progression sensible depuis 1974, est soutenu par l'action de l'Agence pour les Économies d'Énergie, établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministère de l'Industrie.

(1) 1 Mtep = 1 million de tonnes d'équivalent pétrole. Unité utilisée pour la mesure du contenu énergétique des différents produits (gaz, charbon et pétrole).

Cette agence exerce son action auprès de l'ensemble des consommateurs d'énergie, industrie, transports et secteur tertiaire, par l'incitation financière à la réalisation d'économies d'énergie et par le financement des premières réalisations en vraie grandeur mettant en œuvre des procédés et techniques nouvelles permettant d'économiser l'énergie. Elle accompagne cette action de campagnes de sensibilisation et d'information.

### Les ressources disponibles

#### • DANS LE MONDE

#### RÉSERVES PROUVÉES AU 1.1.1979

(en milliards de tonnes d'équivalent pétrole)

	Pétrole	Gaz	Charbon
USA	5	7	80
U.R.S.S.	10	26	65
Europe de l'Ouest	5	4	50
Proche Orient	50	20	—
Reste du monde	20	13	135
<b>Total Mondial</b>	<b>90</b>	<b>70</b>	<b>330</b>

#### • EN FRANCE

Une analyse détaillée de nos ressources en énergie montre que la France est particulièrement vulnérable :

— Par le caractère limité des ressources énergétiques classiques nationales.

**CHARBON** : les réserves récupérables à un prix de revient compétitif sont en voie d'épuise-

### LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE EN FRANCE

(en millions de tonnes d'équivalent pétrole)

Secteurs d'utilisation	1958	1963	1968	1973	1978	1985 <sup>(2)</sup>
• Industrie	32,5	40,2	46,9	59,6	59,0	73
• Résidentiel et tertiaire <sup>(1)</sup>	20,5	29,4	42,2	60	66,0	83
• Transports	13	15,8	21,2	31,8	35,0	43,5
• Consomm. du secteur énergétique et pertes	14	18,6	17,9	23,6	22,0	25,5
	<b>80</b>	<b>104</b>	<b>128,2</b>	<b>175</b>	<b>182</b>	<b>225</b>

(1) y compris agriculture.

(2) Prévisions.



ment. Les Charbonnages de France ont engagé un nouveau programme de recherches et développent les exploitations produisant dans des conditions économiques acceptables. La consommation de charbon ne pourra toutefois être maintenue en volume d'ici 1985 qu'en procédant à un appel accru aux importations qui satisfont, dès aujourd'hui, plus du tiers de nos besoins.

**L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE :** en 1978, année aux conditions d'hydraulicité normales, elle représentait 68 milliards de kWh<sup>(2)</sup>, plus du quart de notre consommation nationale d'électricité. La grande majorité des sites utilisables est exploitée. Une commission d'études a recensé les possibilités d'équipements nouveaux mais celles-ci, malgré les conditions économiques nouvelles, sont modestes.

**LE GAZ :** la production annuelle du complexe de LACQ est environ de 7 000 millions de m<sup>3</sup>, ce qui équivaut à 7 millions de tonnes de pétrole. Elle est malheureusement appelée à décroître vers 1983, en raison de l'épuisement du gisement.

(2) 1 kWh = 1 kilowatt-heure = 1 000 watts-heure. Unité utilisée pour mesurer la production ou la consommation d'électricité (un appareil de 1 000 watts de puissance fonctionnant pendant 1 heure)  
1 tonne d'équivalent-pétrole = 4 000 kWh.



*barge de forage pétrolier Pentagone 84 en mer d'Irlande*

*usine hydroélectrique de Vogelgrün sur le Rhin*



Les importations de gaz correspondent, en 1978 à l'équivalent de 15 millions de tonnes de pétrole.

**LE PÉTROLE :** la production française est presque nulle.

Un effort de prospection nationale est entrepris, notamment en mer d'Iroise mais les premiers résultats ne sont guère favorables.

— Par le poids prépondérant du pétrole importé dans le bilan énergétique national.

1952, 70 % de nos besoins étaient couverts par le charbon.

1973, 66 % de nos besoins étaient couverts par le pétrole.

De 1952 à 1972, les importations de matières énergétiques sont passées de 41 % à 75 % du total de notre consommation d'énergie.

De 1970 à 1973, la part du Moyen-Orient dans nos importations pétrolières est passée de 44 % à 69 %.

En 1978, l'achat des hydrocarbures représente dans l'année une sortie de devises qui correspond à 1 000 F par Français.



## **Pourquoi faire appel à l'énergie nucléaire ? Quel est le programme nucléaire français ?**

**P**our couvrir ses besoins en énergie (voir question 1), la France est amenée à développer de nouvelles ressources énergétiques lui permettant de réduire ses importations de pétrole et sa dépendance vis-à-vis de l'étranger.

Or la mise en valeur de nouvelles ressources d'hydrocarbures (gaz et pétrole) sur le territoire national est peu probable et la production d'énergie à partir du charbon et de l'électricité hydraulique ne pourra guère dépasser son niveau actuel.

Les énergies nouvelles (solaire et géothermique notamment) devraient apporter en 1985 une production équivalente à 3 millions de tonnes de pétrole, soit approximativement 1 % des besoins énergétiques français à cette date (voir question 3).

Dans ce contexte, l'électricité d'origine nucléaire constitue la seule solution technique appropriée pour satisfaire les besoins nouveaux en quantité suffisante, dans les délais impartis.

*la production de certains puits de pétrole est obtenue  
à l'aide de pompes à balancier actionnées  
électriquement*





	Consommation Totale Électricité TWh (milliards de kWh)	% Électricité par rapport Consommation Énergie Totale
1965	102	19
1970	140	19,5
1973	171	20
1978	220	27
1985*	365	35

\* Estimations



	% Total Électricité	% Total Consommation Énergie
1	1	0,2
3	3	0,6
8,1	8,1	1,6
13,5	13,5	3,6
55	55	20

Son choix est apparu possible pour de nombreuses raisons :

**Il permettra de couvrir, en 1985, 55 %** de la consommation électrique et un cinquième des besoins énergétiques de la France, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessus.

**Il est économique :** le coût du kWh<sup>(1)</sup> produit dans une centrale thermique est supérieur à 20 centimes, alors que le kWh fourni par les centrales nucléaires éprouvées du type PWR (réacteurs à eau pressurisée) comme celle de Fessenheim est inférieur à 12 centimes<sup>(2)</sup>.

**Il contribue à réduire notre dépendance énergétique :** le recours à l'électricité d'origine nucléaire permet de réduire en proportion l'utilisation des produits pétroliers importés.

En 1985, la part d'électricité provenant des centrales nucléaires devrait permettre d'économiser l'achat de 45 à 50 millions de tonnes de pétrole.

Par ailleurs, la France possède, sur son propre territoire, des gisements d'uranium devant satisfaire plus du tiers de nos besoins au cours de la prochaine décennie sur la base du rendement actuel des réacteurs nucléaires à eau légère.

**Il ouvre de nouveaux débouchés à l'exportation et permet un nouvel essor industriel :** l'expérience acquise dans la mise en œuvre de cette technologie et l'ouverture actuelle de débouchés sur le plan international offrent des perspectives intéressantes aux industries fran-

çaises qui contribueront à améliorer notre balance commerciale.

**Il présente des garanties vis-à-vis de la pollution atmosphérique.** La pollution entraînée par le fonctionnement des centrales thermiques classiques (au charbon ou au fuel lourd) est en effet beaucoup plus importante que les risques liés aux centrales nucléaires. Celles-ci font appel à une technologie plus avancée et

## LE PROGRAMME ELECTRONUCLEAIRE FRANÇAIS

### Centrales en services (8 220 MWe)

- 1 • Marcoule G2-G3
- 2 • Chinon 2-3
- 3 • St-Laurent 1-2
- 4 • Bugey 1
- 5 • Brennilis
- 1 • Phénix-Marcoule
- 6 • Chooz
- 7 • Fessenheim 1-2
- 4 • Bugey 2-3-4-5

### Centrales en construction en 1979 (30 600 MWe)

- 8 • Tricastin 1-2-3-4
- 9 • Gravelines 1-2-3-4
- 10 • Dampierre 1-2-3-4
- 3 • St-Laurent B1-2
- 11 • Blayais 1-2-3-4
- 2 • Chinon B1-2
- 12 • Paluel 1-2-3
- 13 • Cruas 1-2-3-4
- 14 • Flamanville 1
- 15 • Cattenom 1
- 16 • St-Alban
- 17 • Creys-Malville

(1) 1 kWh = 1 kilowatt-heure = 1 000 watts-heure (voir note question 1).

(2) Référence = chiffres publiés par la Commission de Production d'Électricité d'origine Nucléaire dans son rapport de juillet 79.

leurs effets sur l'environnement sont systématiquement étudiés et prévenus par les études de sûreté préalables à leur implantation.

— Le programme électronucléaire français

Il comprend 16 réacteurs d'une puissance totale de 8 220 MWe<sup>(3)</sup> en service et 28 en construction, représentant une puissance totale de 30 600 MWe qui entrera en fonctionnement d'ici à 1985.

L'ensemble de ces réacteurs en service ou en construction est réparti sur 17 sites différents dont 7 sur lesquels des tranches sont déjà en service : Marcoule, Chinon, Saint-Laurent, Bugey, Brennilis, Chooz et Fessenheim.

— Dans le monde, il existe déjà des centrales nucléaires en fonctionnement dans 22 pays, la France occupant le 6<sup>e</sup> rang des nations produisant de l'énergie électrique d'origine nucléaire après les USA, le Japon, l'URSS, la RFA, le Royaume Uni et suivi de près par le Canada et la Suède.

(3) 1 MWe = 1 mégawatt électrique = 1 million de watts électriques. Unité utilisée pour mesurer la puissance (capacité de production d'énergie) d'une centrale électrique.



la centrale nucléaire de Chooz

Tranches		Couplage
Type	puissance (MWe)	
GCR	2 × 40	1959-1960
GCR	200 + 480	1965-1967
GCR	400 + 515	1969-1971
GCR	540	1973
HWGCR	70	1967
FBR	230	1973
PWR	305	1967
PWR	2 × 900	1977
PWR	4 × 900	1978-1979
PWR	4 × 900	1979-1980
PWR	4 × 900	1979-80-81
PWR	4 × 900	1979-80-81
PWR	2 × 900	1980-1981
PWR	4 × 900	1981-1982
PWR	2 × 900	1982
PWR	3 × 1300	1983-1984
PWR	4 × 900	1983-1984
PWR	1300	1984
PWR	1300	1985
PWR	1300	1985
FBR	1200	1983



GCR ou UNGG Réacteur à uranium naturel, refroidi par gaz et modéré au graphite.  
PWR Réacteur à uranium enrichi et à eau légère pressurisée.  
FBR Surrégénérateur à neutrons rapides.





**En dehors de l'électricité nucléaire,  
il existe d'autres sources nouvelles d'énergie.  
Comment sont-elles et seront-elles utilisées ?**

**M**algré la lutte contre le gaspillage, notre déficit énergétique ne peut être facilement comblé (voir question 1). Le choix de l'énergie nucléaire, qui satisfera le 5<sup>e</sup> de nos besoins en 1985, contribuera d'ailleurs à la couverture de ce déficit (voir question 2). Mais la diversification de nos ressources reste l'une des actions essentielles à mener ainsi que la recherche de sources nouvelles d'énergie. Celle-ci, lancée dès 1975 sous l'impulsion du Délégué aux Énergies Nouvelles, se traduit par un développement important des recherches et expérimentations, principalement dans les domaines suivants :

**L'énergie solaire** qui commence à se développer de façon rapide. D'ores et déjà, des matériels de production d'eau chaude utilisant l'énergie solaire sont diffusés par de nombreux

industriels et le chauffage des logements fait l'objet de plusieurs dizaines d'opérations.

La France est actuellement parmi les nations les plus avancées dans ce secteur et des matériels destinés au pompage de l'eau ou à la production d'électricité par l'utilisation de l'énergie solaire sont exploités dans les pays en voie de développement.

La production d'électricité à plus grande dimension nécessite des surfaces très importantes de captation au sol, et les centrales solaires de l'avenir n'atteindront jamais la puissance unitaire des centrales nucléaires. Il leur faudrait pour cela, si l'on arrivait à résoudre les problèmes techniques, des emprises de l'ordre de plusieurs milliers ou dizaine de milliers d'hectares.

Le programme de centrales solaires comporte des centrales de puissances variées s'échelonn-

*utilisation de l'énergie solaire dans le chauffage de l'eau sanitaire à Alès*



nant de quelques centaines de kW <sup>(1)</sup> à 2 MW <sup>(2)</sup>, qui sont parfaitement adaptées à des unités villageoises ou urbaines, dans les pays ne bénéficiant pas encore de réseaux de distribution de l'énergie. Les prototypes devraient être terminés dans les années 80.

L'effort financier effectué en France sous l'impulsion du Commissariat à l'Energie solaire récemment créé pour le développement dans ce secteur est le plus important au monde après celui des États-Unis. Il permet à notre programme de Recherche-Développement d'être parmi les premiers. Mais ce développement sera lent pour des raisons techniques, et dans les vingt prochaines années, l'énergie solaire ne pourra apporter qu'une faible contribution au bilan énergétique national.

**La géothermie :** c'est l'énergie tirée des nappes d'eau chaude contenues dans le sous-sol. En France, la température de ces nappes ne dépasse pas 70°, ce qui exclut tout espoir de transformation en électricité ou de transport à longue distance. Les gisements accessibles, qui sont d'ailleurs relativement peu nombreux, ne peuvent donc être utilisés que sur place et seulement pour des usages limités : chauffage

domestique ou approvisionnement en eau chaude. C'est ainsi qu'à la fin de 1979, et grâce aux procédures d'incitation mises en place, plus de 30 000 logements (ou équivalents-logements) fonctionnent ou sont en cours de réalisation avec des équipements de chauffage géothermique.

Dans la Région d'Ile-de-France, cette solution est déjà utilisée pour plusieurs milliers de logements. Par exemple, à Creil, 3 700 logements sont approvisionnés en eau chaude du sous-sol (à 59°) et 1 000 à 2 500 logements supplémentaires pourraient être ainsi desservis.

Le Gouvernement a lancé un programme de recherche et de développement et aide à la réalisation d'installations dans la Région d'Ile-de-France, en Alsace, ainsi que dans le Sud-Ouest et la Vallée du Rhône.

L'utilisation de cette forme d'énergie est évidemment liée aux ressources naturelles existant à proximité des points d'utilisation. La totalité du gisement géothermique français sera exploitée d'ici à vingt ans et représentera l'équivalent de 800 000 à 1 million de logements raccordés.

Les conséquences écologiques de cette utilisation massive de la chaleur géothermique ne sont pas encore totalement évaluées et maîtrisées.

(1) 1 kW = 1 kilowatt = 1 000 watts (voir note 3, question 2).

(2) 1 MW = 1 mégawatt = 1 million de watts (voir note 3 question 2).

*une application de la géothermie : résidence la Caravelle, 1610 logements à Villeneuve-la-Garenne*



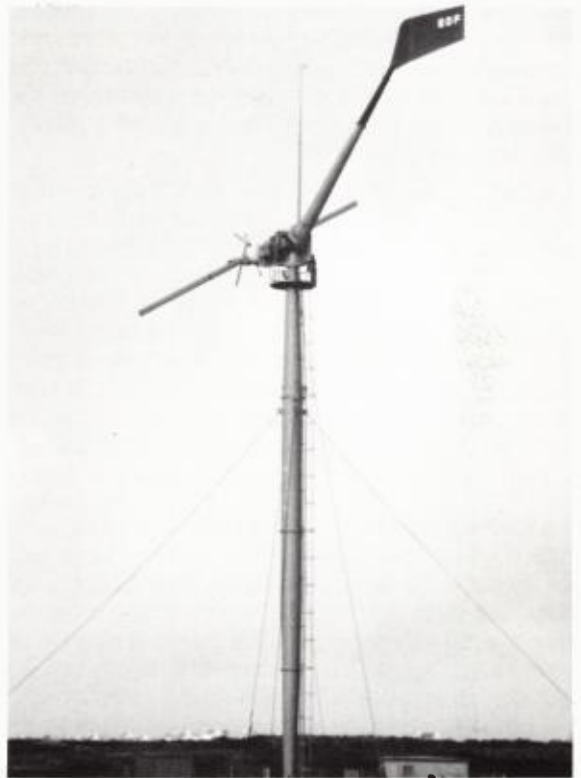


**L'énergie du vent :** elle peut permettre des réalisations, de faible puissance motrice ou électrique dans des régions isolées. Les études entreprises, il y a une vingtaine d'années sur des éoliennes de grande puissance, sont accélérées, mais la puissance maximale actuelle d'une éolienne est d'environ 1 000 kW. Par ailleurs, il faut noter qu'une éolienne nécessite une emprise au sol d'environ 1 ha et qu'elle engendre, à l'heure actuelle, des nuisances sonores dont l'atténuation fait l'objet d'études et d'essais de techniques nouvelles.

**L'énergie marémotrice :** il n'existe qu'une seule usine marémotrice importante dans le monde, celle de la Rance, en France.

Il convient d'estimer à leur juste valeur les possibilités de l'énergie marémotrice. A titre de comparaison, il faudrait 15 usines identiques à celle de la Rance pour produire l'équivalent d'une seule tranche de centrales nucléaires actuellement en projet.

Le seul site aménageable en France est celui de la baie du Mont Saint-Michel autrement connu sous le nom de Projet Cacquot ou des îles Chausey. Cet aménagement gigantesque partirait de Paramé jusqu'aux îles Chausey et reviendrait vers le milieu de la presqu'île du Cotentin à la hauteur du cap de Carteret.



*éolienne d'Ouessant*

*usine marémotrice de la Rance*



Outre le montant colossal des investissements nécessaires et le délai de réalisation qui pourrait atteindre 20 ans, cette usine ne pourrait produire qu'environ 30 TWh/an <sup>(3)</sup> (l'équivalent d'une centrale nucléaire à 4 tranches de 1 300 MW avec un coût de revient du kWh produit très supérieur). Ce projet aurait par ailleurs

(3) 1 TWh = 1 terawatt heure = 1 milliard de kilowatts heure (voir aussi note 2, question 1).

des conséquences qu'il faut encore évaluer avec précision sur l'environnement (régime des marées, modifications des conditions de vie de la faune et de la flore) et sur l'attrait touristique de la région.

Au total, les énergies nouvelles apporteront seulement 1 % de notre consommation énergétique en 1985 et leur place restera toujours assez modeste d'ici l'an 2000.



## Qu'est-ce qu'une réaction nucléaire ? Comment fonctionne une centrale nucléaire ? Comment est élaboré le combustible d'une centrale nucléaire ?

### La réaction nucléaire

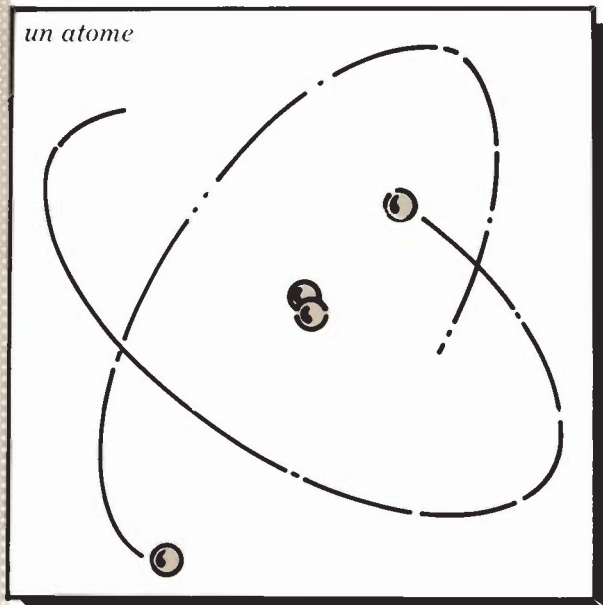
L'énergie nucléaire est l'énergie contenue dans le noyau de l'atome qui est la plus petite partie d'un corps dont il forme le constituant.

L'atome est composé d'un noyau de neutrons (particules n'ayant aucune charge électrique)

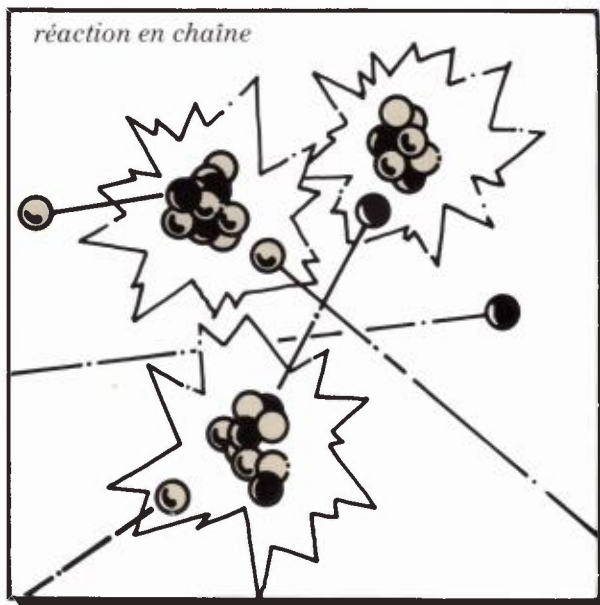
et de protons (particules ayant une charge d'électricité positive) autour duquel tournent à très grande vitesse des électrons (particules ayant une charge d'électricité négative).

Les atomes ayant le même nombre de protons et d'électrons, mais un nombre différent de neutrons sont appelés ISOTOPES.

*un atome*



*réaction en chaîne*





Le principe de base de l'énergie atomique est la FISSION NUCLÉAIRE c'est-à-dire la rupture d'un noyau lourd (comportant un grand nombre de neutrons et de protons) sous l'impact d'un neutron. La quantité d'énergie libérée par cette réaction apparaît sous forme de chaleur.

Les neutrons expulsés peuvent à leur tour diviser de nouveaux noyaux libérant eux-mêmes d'autres neutrons et ainsi de suite : ce phénomène porte le nom de RÉACTION EN CHAÎNE.

Dans un réacteur nucléaire (pile atomique), la réaction en chaîne est contrôlée pour obtenir un dégagement d'énergie continu et prédéterminé, utilisable industriellement pour produire de l'électricité.

### Une centrale nucléaire

Une centrale nucléaire est, comme une centrale thermique classique, une machine à

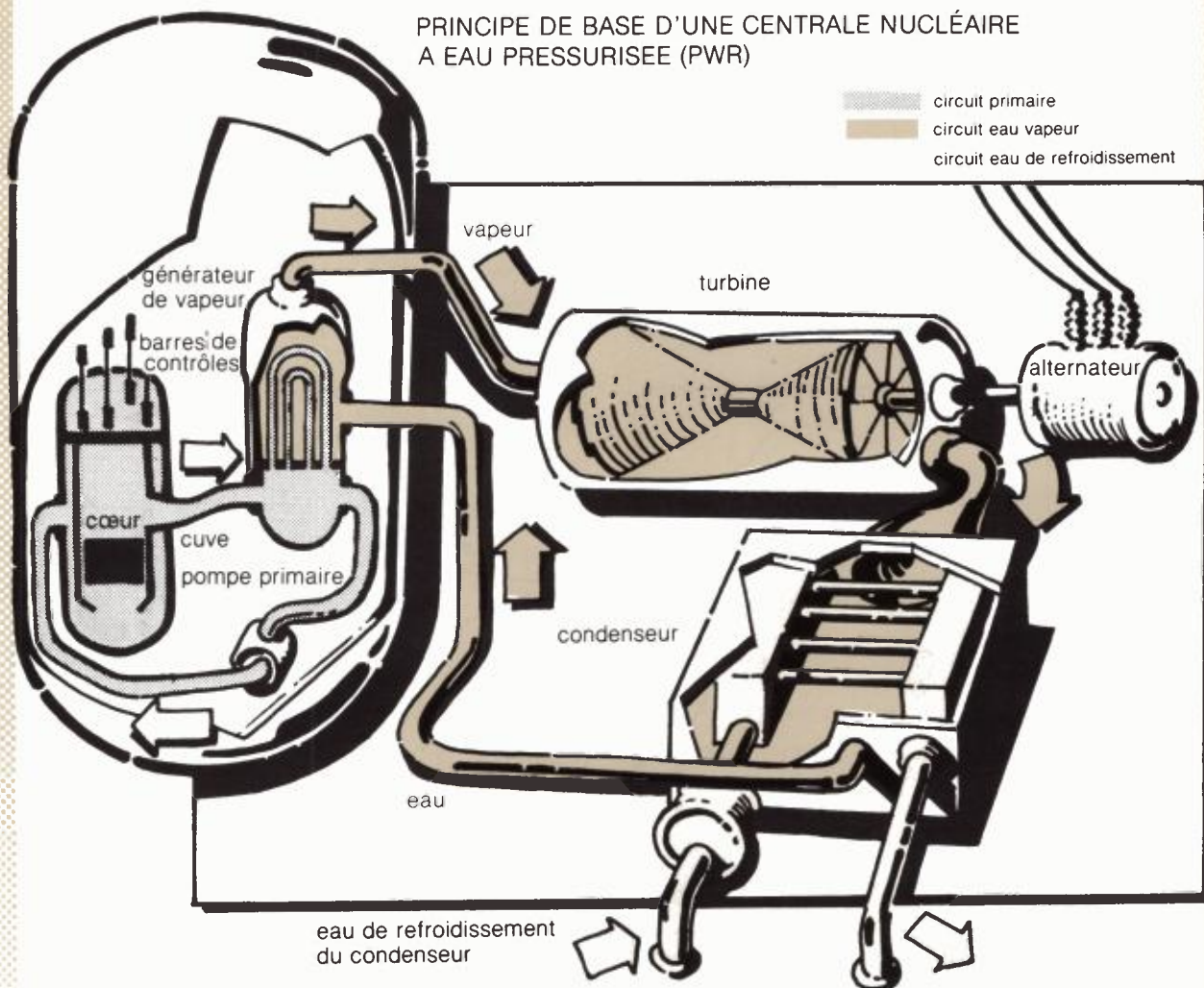
vapeur : en brûlant dans une chaudière, le combustible cède son énergie sous forme de chaleur à de l'eau qui se vaporise, la vapeur est ensuite détendue dans une turbine, qui entraîne un alternateur produisant de l'électricité.

Dans le réacteur nucléaire la chaleur produite par la réaction de fission dans le combustible nucléaire est prélevée par le passage autour du combustible d'un fluide appelé FLUIDE CALO-PORTEUR ou RÉFRIGÉRANT PRIMAIRE.

Un dispositif de réglage et de sécurité sert à maintenir la réaction en chaîne à un niveau déterminé et à l'arrêter immédiatement en cas de situation anormale.

La vapeur qui alimente la turbine peut être produite, soit directement dans le réacteur, soit par l'intermédiaire d'un générateur de vapeur dans le cas des réacteurs à eau pressurisée muni d'un circuit secondaire EAU-VAPEUR.

PRINCIPE DE BASE D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE  
A EAU PRESSURISÉE (PWR)



Cette vapeur, après détente dans la turbine, passe dans un condenseur où elle est refroidie au contact de tubes dans lesquels passe l'eau de refroidissement prélevée à l'extérieur (rivière ou mer).

Le combustible, le circuit réfrigérant primaire, le circuit eau-vapeur et le circuit de refroidissement sont fermés (sauf parfois le circuit de refroidissement) et toujours séparés les uns des autres par des barrières parfaitement étanches les rendant totalement indépendants.

L'enveloppe étanche contenant le cœur est une cuve métallique dans le cas des réacteurs PWR à eau pressurisée. Elle est conçue pour résister à la pression interne du fluide réfrigérant primaire.

### Le combustible d'une centrale nucléaire

- Le combustible le plus couramment utilisé dans les centrales nucléaires actuelles est l'uranium. Il peut être directement employé sous forme métallique, dans sa composition isotopique <sup>(1)</sup> NATURELLE, dans les réacteurs du type UNGG ou GCR <sup>(2)</sup> (à uranium naturel, modéré au graphite et refroidi au gaz) dont la France possède plusieurs exemplaires en fonctionnement.

Le plus souvent l'uranium naturel doit être au préalable enrichi, notamment pour les centrales de type PWR (à eau légère pressurisée) construites actuellement en France. En effet l'uranium existe dans la nature sous la forme de plusieurs isotopes <sup>(1)</sup> différents, dans une proportion toujours identique, à savoir : 99,3% d'uranium 238, 0,7% d'uranium 235 et des traces d'uranium 234.

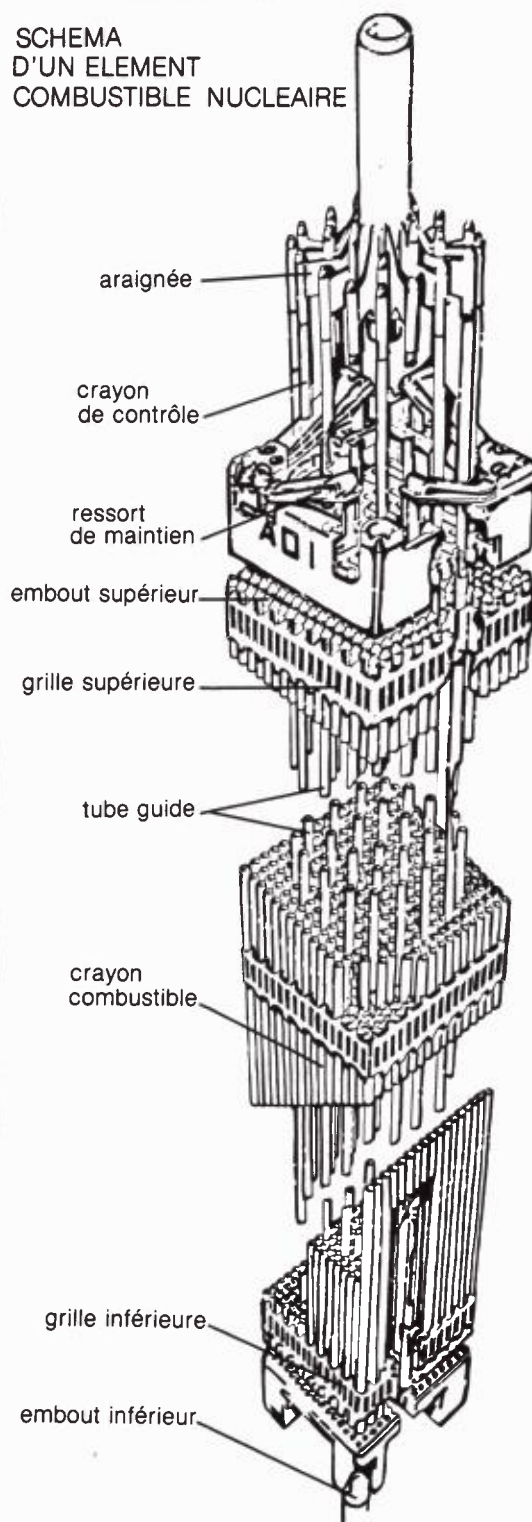
Seul l'uranium 235 est naturellement fissile, c'est-à-dire peut libérer de l'énergie sous forme de neutrons par une réaction de fission spontanée ou provoquée par l'impact d'un neutron. Dans un réacteur de type PWR, l'eau utilisée capte trop de neutrons pour permettre une réaction en chaîne avec l'uranium naturel. Il faut donc augmenter le pourcentage d'uranium 235 par rapport aux autres isotopes de l'uranium. C'est ce qu'on appelle ENRICHIR l'uranium en uranium 235.

- Fabrication du combustible nucléaire. Pour être utilisable dans une centrale nucléaire l'uranium doit ainsi subir tout un cycle de transformations :

(1) Isotopes : éléments ayant le même nombre de protons et d'électrons, mais se différenciant par le nombre de neutrons (voir début de question 4).

(2) GCR = gas-cooled reactor = réacteur refroidi au gaz.

SCHEMA  
D'UN ELEMENT  
COMBUSTIBLE NUCLEAIRE





– Après l'extraction du minerai d'uranium, qui contient en moyenne de 1 à 2 kg d'uranium naturel par tonne de roche pour être économiquement exploitable, ce minerai est envoyé dans une usine de concentration de l'uranium (voir question 16) qui permet d'éliminer la plus grosse partie des matériaux sans intérêt et d'obtenir un concentré contenant environ 70 % d'uranium sous forme de sels de couleur jaune (uranate de magnésie ou diuranate d'ammonium), appelés aussi YELLOW CAKE <sup>(3)</sup>, dans lesquels subsistent encore des impuretés nombreuses.

– Le concentré d'uranium doit ensuite être purifié et transformé soit en métal pur pour les réacteurs qui fonctionnent à l'uranium naturel, soit en hexafluorure d'uranium naturel (UF<sub>6</sub>) pour être enrichi en uranium 235.

Ces opérations sont réalisées en France par la société COMURHEX qui possède avec ses usines de Malvézi (près de Narbonne) et Pierrelatte environ 20 % de la capacité mondiale pour cette transformation.

– L'hexafluorure d'uranium, est solide à la température ordinaire, mais peut se vaporiser

très facilement, ce qui permet de le faire passer à travers des barrières utilisées pour l'enrichissement dans des usines comme celle de Pierrelatte ou de EURODIF au Tricastin, mise en service en 1979. On met à profit la différence de vitesse de diffusion entre les isotopes de l'uranium pour enrichir une partie du mélange gazeux en uranium 235, tandis que l'autre partie s'enrichit en uranium 238 non fissile, et s'appauvrit en uranium 235.

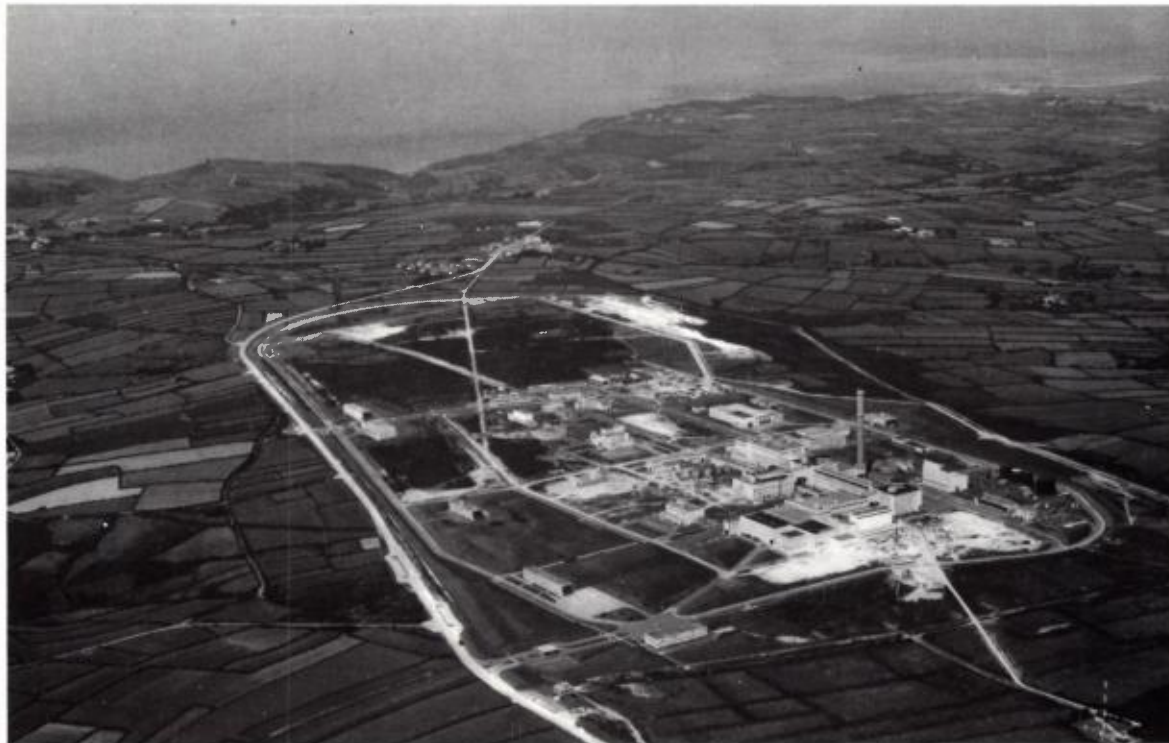
Remarque :

L'hexafluorure d'uranium enrichi à 3 % d'uranium 235 en moyenne, doit être manipulé avec précaution, en raison des risques de criticité <sup>(4)</sup> qu'il présente. Toute la suite des opérations qu'il subit, y compris sa fabrication, sont réalisées dans des installations appelées Installations Nucléaires de Base, soumises à une réglementation spéciale et au contrôle des Services de Sécurité des Installations Nucléaires. Par contre, les transformations de l'uranium naturel ne font l'objet que de précautions sim-

(4) La criticité est la situation (configuration géométrique particulière, présence d'un élément ralentissant les neutrons ou modérateur) dans laquelle une réaction de fission nucléaire en chaîne peut se produire, en dehors de tout contrôle et sans possibilité d'évacuer la chaleur dégagée.

(3) « Yellow-cake » = littéralement en français, « gâteau jaune ».

*l'usine de retraitement de La Hague*



ples et des contrôles habituels des exploitations minières et industrielles selon la réglementation générale en vigueur, aucun risque de criticité n'étant à craindre à ce stade.

– L'hexafluorure d'uranium enrichi est transformé en combustible nucléaire par sa conversion en poudre d'oxyde d'uranium ( $\text{UO}_2$ ), puis son façonnage en pastilles très denses, qui sont ensuite empilées dans des tubes de gainage en alliage de zirconium hermétiquement fermés par soudage. Ces tubes combustibles (ou crayons) sont enfin disposés selon une grille carrée de 17 tubes de côté et assemblés en éléments combustibles utilisables dans le cœur du réacteur (voir schéma page précédente).

– Chaque année le tiers de la charge d'une centrale nucléaire, soit une cinquantaine de ces éléments environ, est retiré du cœur et remplacé par une recharge neuve.

– Les éléments combustibles usés, ou irradiés, sont acheminés vers l'usine de retraitement (celle de La Hague, en France). Là ils subissent une opération qui permet de séparer l'uranium encore utilisable et le plutonium qui s'est formé au cours de l'irradiation pendant le

fonctionnement de la centrale nucléaire et qui constitue un nouveau combustible nucléaire, d'une part, les produits de fission, très radioactifs, qui sont les véritables déchets nucléaires, d'autre part. Une fois isolés ceux-ci sont concentrés et conditionnés pour permettre leur stockage en toute sécurité sous un volume réduit.

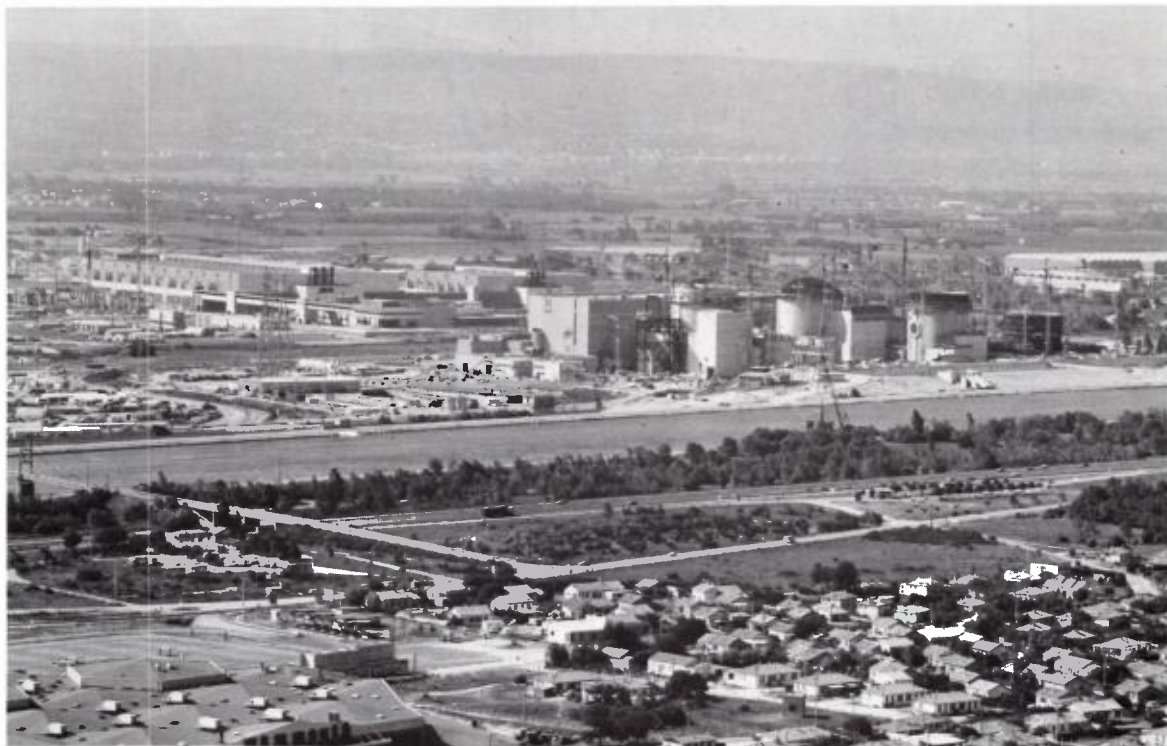
– Pour fixer les ordres de grandeur, il faut noter qu'un cœur de réacteur nucléaire de type PWR de puissance 900 MWe est alimenté par 445 tonnes d'uranium naturel qui fournit, avec 218 000 UTS<sup>(5)</sup>, 72 tonnes d'uranium enrichi à 3% d'uranium 235.

Après consommation du combustible dans la centrale nucléaire, le retraitement permet de récupérer : 69 tonnes d'uranium enrichi à 0,9% d'uranium 235 et 480 kg de plutonium, dont il faut 5 000 kg pour fabriquer le cœur d'un réacteur surrégénérateur du type Superphénix.

(5) 1 UTS = 1 unité de travail de séparation.

Unité utilisée pour mesurer l'énergie dépensée pour l'enrichissement de l'uranium.

*la centrale du Tricastin (4 tranches PWR de 900 MWe)  
utilisée à l'alimentation en électricité de l'usine d'enrichissement EURODIF*







## Quels sont les ressources et les besoins mondiaux en uranium ?

### Les ressources

La situation mondiale des ressources en uranium est périodiquement remise à jour par un groupe d'experts dans le cadre d'une étude conjointe de l'Agence pour l'Énergie Nucléaire (A.E.N.) de l'O.C.D.E. et de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (A.I.E.A.) de l'O.N.U.

De la dernière étude, publiée en décembre 1977, il ressort deux évaluations :

- les ressources raisonnablement assurées qui concernent des gisements connus dont l'éten-

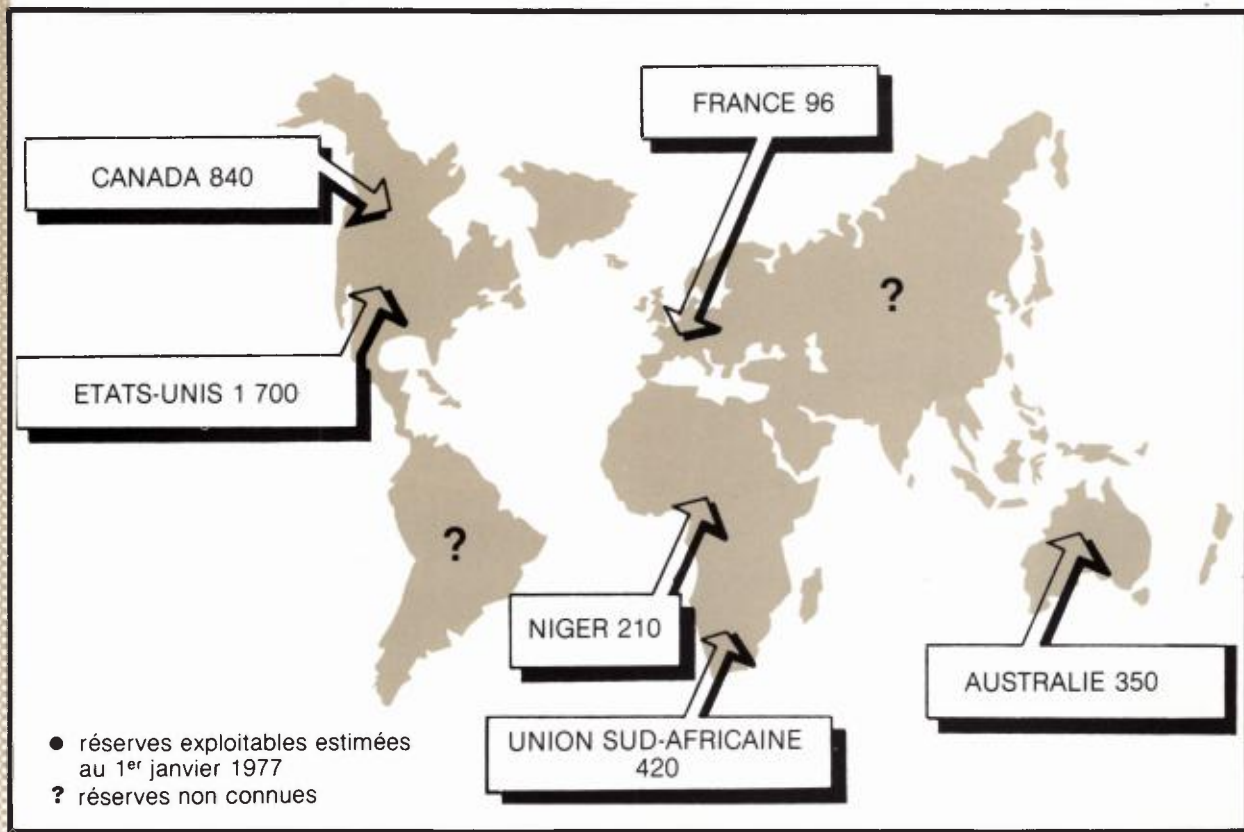
due, la teneur et la configuration sont telles que l'uranium peut en être extrait grâce aux techniques connues et éprouvées. Ces ressources s'élèvent à environ 2 200 000 tonnes.

- les ressources supplémentaires estimées concernant des quantités d'uranium dont on soupçonne la présence en se fondant sur les données géologiques directes comme :

- le prolongement des gisements connus,
- l'existence de formations géologiques ayant des caractéristiques bien définies et comportant des gisements connus.

Elles sont évaluées à 2 100 000 tonnes.

### LES RESERVES D'URANIUM DANS LE MONDE (en milliers de tonnes)



en milliers de tonnes d'uranium	Ressources raisonnablement assurées	Ressources supplémentaires estimées	Total	% du total
• États-Unis	643	1 053	1 696	40 %
• Canada	182	656	838	20 %
• Afrique du Sud et Namibie	348	72	420	10 %
• Australie	296	49	345	8 %
• Niger	160	53	213	5 %
• France	52	44	96	2 %
• Autres	519	173	692	15 %
<b>Total <sup>(2)</sup></b>	<b>2 190</b>	<b>2 100</b>	<b>4 290</b>	<b>100 %</b>

Source : Rapport de l'AEN (OCDE) et AIEA (décembre 1977).

Ces deux types de ressources peuvent encore être classés selon le coût prévisible d'extraction. On estime en effet qu'elles n'ont de chance d'être exploitées à l'avenir que si leur coût d'extraction est inférieur à 650 F/kg <sup>(1)</sup>, alors que les ressources exploitables actuellement ont un coût d'extraction inférieur à 400 F/kg <sup>(1)</sup> environ.

Au total 6 pays se partagent près de 85 % des ressources raisonnablement assurées et supplémentaires estimées (à moins de 650 F/kg). Ce sont aussi les principaux producteurs mondiaux <sup>(2)</sup> d'uranium.

### Les besoins

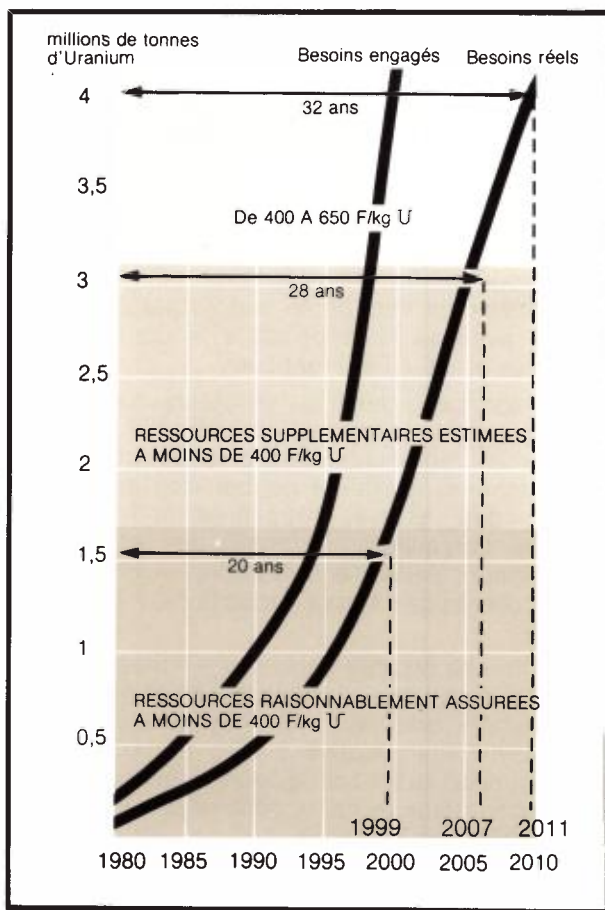
Ils sont plus difficiles à déterminer à l'échelle mondiale, du fait des choix importants qui restent encore actuellement à trancher dans de nombreux pays : programmes de développement de l'énergie nucléaire, retraitement des combustibles irradiés ou non, développement et mise en service de filières de réacteurs permettant d'économiser l'uranium (surrégénérateurs ou réacteurs à haute température)...

Dans l'hypothèse d'une poursuite des programmes de construction de centrales nucléaires au rythme envisagé aujourd'hui, il apparaît que les ressources raisonnablement assurées à un coût inférieur à 400 F/kg d'uranium permettent de couvrir les besoins réels du monde jusqu'aux environs de l'an 2000.

Cependant, si l'on tient compte des besoins afférents à la durée de vie complète des réacteurs mis en service à cette date, c'est la totalité des ressources actuellement assurées et estimées (soit 4 300 000 tonnes d'uranium) qui

permettra de couvrir les besoins engagés par les mises en service de centrales jusque vers l'an 2000.

### COMPARAISON DES BESOINS MONDIAUX CUMULES AVEC LES RESSOURCES EN URANIUM ACTUELLEMENT COMPTABILISÉES



(1) Valeur calculée sur la base de 5 F = 1 dollar.

(2) A l'exception de l'URSS, des pays de l'Europe de l'Est et de la Chine qui ne divulguent aucun chiffre.



Ces perspectives peuvent paraître restreintes, mais il faut tenir compte du fait que la prospection d'uranium n'a été engagée que récemment et que d'importantes zones géographiques sont encore à explorer. Selon des études géologiques, on estime que les ressources totales se situeraient entre 8 et 15 millions de tonnes d'uranium exploitables à moins de 650 F/kg U. Il reste que l'uranium se présentant comme une matière relativement courante, mais dispersée,

on cherche à l'exploiter partout où il en existe des masses et des concentrations suffisantes pour former un gisement exploitable du point de vue économique et ce depuis de longues années. Il s'agit donc aujourd'hui d'accélérer cet effort de prospection, compte tenu des contraintes qui pèsent sur nos approvisionnements en énergie et de la nécessité de mettre en valeur les ressources de notre territoire national.



**Quelles sont les ressources françaises en uranium ?  
Que représentent-elles en valeur énergétique ?  
Quels sont les besoins français, comment sont-ils couverts ?**

**S**uivant la classification internationale (voir question 5), la France dispose d'un potentiel d'environ 96 000 tonnes d'uranium, dont 52 000 tonnes démontrées et 44 000 tonnes de réserves supplémentaires possibles. Elle apparaît, avec plus de 2 % des ressources mondiales actuellement estimées, relativement bien dotée surtout par comparaison avec sa situation dans le domaine des autres matières énergétiques.

Consommées dans les réacteurs du type de ceux que l'on construit actuellement, ces ressources représenteraient près de 1,5 milliard de tonnes équivalent pétrole, soit environ un tiers des réserves pétrolières de la Mer du Nord. Lorsque seront développés les surrégénérateurs, elles équivaldront aux réserves pétrolières de l'Arabie Saoudite (60 milliards de tep).

La France dispose donc d'une richesse potentielle importante qui pourrait lui permettre de satisfaire une part non négligeable de ses besoins énergétiques à long terme, dans la mesure où ils sont par ailleurs, prévus raisonnablement dans le cadre général d'une politique d'économies d'énergie.

A l'heure actuelle, les réserves connues sur le territoire national se répartissent principale-

ment à l'intérieur et à la périphérie du Massif Central, mais aussi en Vendée et dans une moindre mesure en Bretagne (voir question 22 et schéma page suivante).

— La couverture des besoins français en uranium s'appuie sur l'exploitation de ses réserves connues et la recherche de nouvelles ressources métropolitaines, d'une part, sur l'importation de minerai et un important effort de prospection mené hors du territoire national afin de diversifier les sources d'approvisionnement étrangères, d'autre part.

Ainsi, on peut estimer à environ 4 000 tonnes les besoins en uranium de la France en 1980 pour alimenter le seul parc électro-nucléaire français. Ces besoins atteindront 8 000 tonnes en 1985.

La production française a été voisine de 2 200 tonnes en 1978 couvrant environ 55 % de nos besoins.

Les réserves des gisements français connus vont permettre de faire croître l'extraction jusqu'à un niveau pouvant atteindre 3 500 tonnes vers 1985 et contribuer, d'ici cette date, à la satisfaction d'environ 45 % de nos besoins. L'importation de minerai reste donc nécessaire. Des tonnages importants de niveau com-

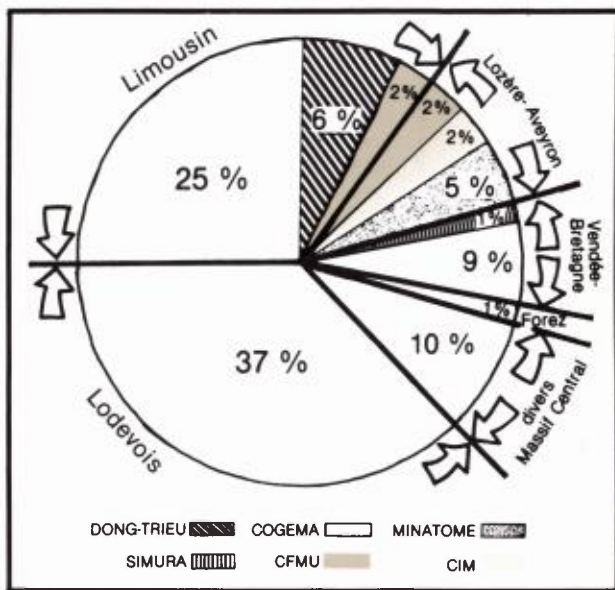
parable à la production nationale, sont d'ores et déjà assurés par les accès contractuels des opérateurs miniers français en Afrique et plus particulièrement au Niger et au Gabon.

Un mouvement de diversification des approvisionnements a cependant été entrepris dans le domaine de l'uranium comme pour toutes les autres matières énergétiques.

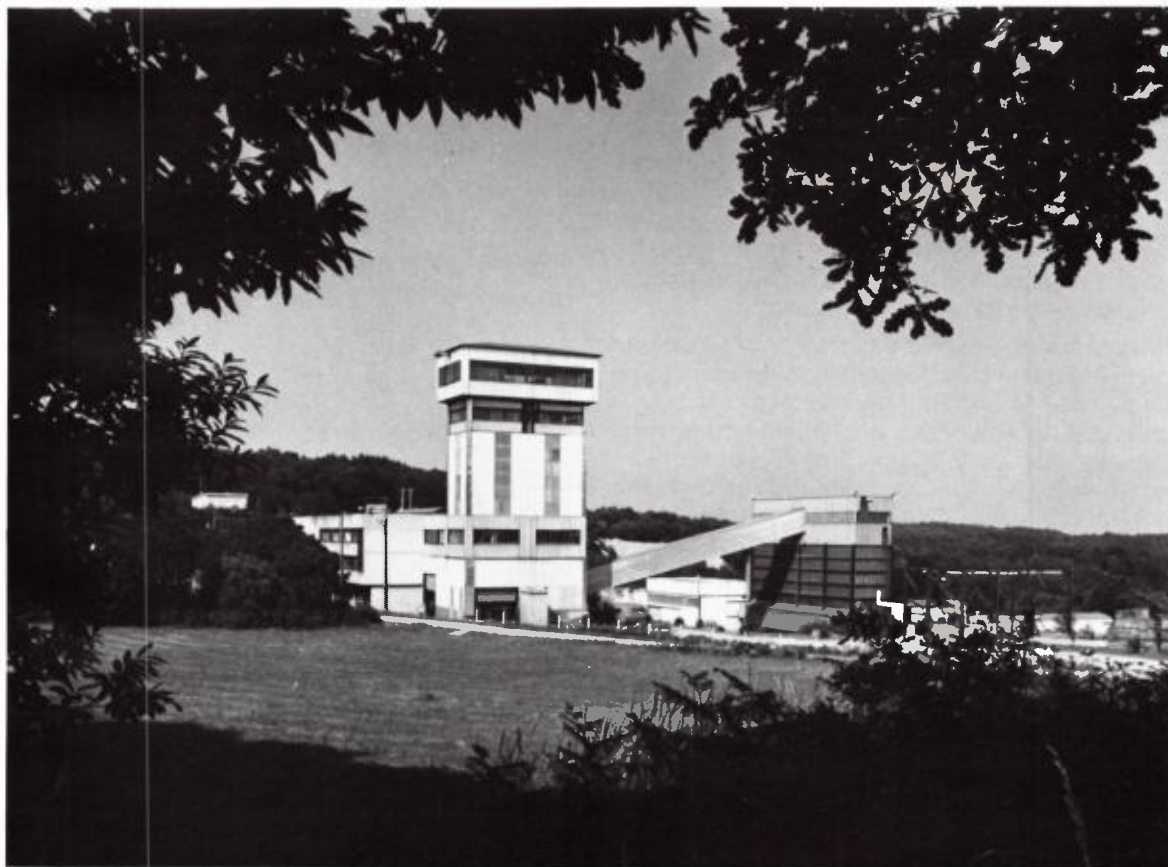
Des découvertes de gisements d'uranium ont ainsi été réalisées au Canada et en Australie par les sociétés minières françaises.

— Il faut enfin rappeler qu'à charge financière égale, un stockage d'uranium représente un potentiel énergétique plus de dix fois supérieur à son équivalent en pétrole. L'uranium peut donc constituer un facteur important de sécurité d'approvisionnement en énergie pour des pays pauvres en matières premières énergétiques, comme la France.

## REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES RESERVES D'URANIUM EN FRANCE



*la mine d'uranium de Fanay (Limousin)*







## Comment se trouve l'uranium dans la nature ?

**L'**uranium est répandu à l'état de traces dans de nombreuses roches de l'écorce terrestre. Les granites par exemple, qui constituent de vastes régions du Massif Central, des Vosges, de Bretagne, renferment généralement 5 à 10 g d'uranium par tonne de roche. Il en est de même de certains terrains sédimentaires. Mais il n'est pas rare de trouver des roches qui contiennent plusieurs dizaines de grammes d'uranium par tonne.

Des traces d'uranium dispersées confèrent ainsi à certaines régions des radioactivités ambiantes nettement supérieures à celles que l'on peut mesurer ailleurs (1 à 2 rads/an <sup>(1)</sup> par exemple pour une moyenne de l'ordre de 50 millirads/an).

D'autres substances, comme les phosphates naturels que l'on utilise dans la fabrication des engrais, contiennent souvent des quantités infimes d'uranium que l'on extrait pas encore industriellement, malgré l'intérêt que présenterait la récupération, en France, de 100 à 200 tonnes par an. L'uranium est également présent à l'état de très faibles traces dans les eaux des rivières, des puits, des lacs, des sources, ainsi que dans l'eau de mer.

Bien entendu, l'uranium dans les roches ne se présente pas à l'état de métal, mais sous forme de composés : ce sont les minéraux uranifères qui sont très variés : pechblende, uraninite, autunite, etc. (voir photos 1 et 2). Localement, au sein des roches, peuvent exister des concentrations exceptionnelles de ces minéraux. Lorsque cette concentration dépasse plusieurs centaines de grammes d'uranium contenu dans une tonne de roches, on est en présence d'un gisement. Mais il ne sera exploitable que si la concentration est suffisante en teneur (entre 500 g et quelques kilogrammes d'uranium dans une tonne de minerai) et en quantité totale, justifiant l'ouverture d'une mine dans les conditions économiques du moment.



*La pechblende est, comme l'uraninite, un oxyde d'uranium de teinte noire. En filons, en filonnets ou finement disséminée dans la roche, elle constitue d'importants minerais d'uranium.*



*La chalcocite est, comme l'autunite, un phosphate. Elle appartient à la catégorie des minéraux uranifères secondaires parce qu'ils dérivent des minéraux primaires noirs par oxydation. Ces minéraux secondaires sont très variés (phosphates, vanadates, silicates, etc.). Ils sont généralement de teintes vives, et peuvent constituer des minerais exploitables en particulier dans les zones les moins profondes des gisements.*

(1) 1 rad = unité utilisée pour mesurer la quantité d'irradiation produite par un élément radioactif.

Les gisements d'uranium sont de types très variés ; il peut en exister dans les roches les plus anciennes de l'écorce terrestre comme dans les plus récentes. Parmi les principaux de ces types, on peut citer :

- les gisements en filons ou en amas, souvent encaissés dans des granites : tel est le cas, en France, des gisements du Limousin, de Lozère, du Forez, de Bretagne ;
- les gisements en couches ou en lentilles plus ou moins discontinues contenus dans des roches sédimentaires comme les grès, les schistes. Tel est le cas, en France, des gisements de la région de Lodève (Hérault), de

Cérilly (Allier), de St-Hippolyte (Bas-Rhin), de St-Pierre-du-Cantal (Cantal).

Souvent les gisements affleurent en partie, c'est-à-dire qu'ils se manifestent en surface, même au travers des sols superficiels, soit par la présence de minéraux uranifères visibles, soit, plus généralement, par des anomalies de radioactivité seulement. Mais il existe aussi des gisements plus profonds, recouverts par des terrains stériles : ces gisements qui n'affleurent pas sont dits « aveugles » et leur recherche est rendue beaucoup plus difficile par l'absence de signes visibles en surface (voir aussi question 8).

*exploitation souterraine de l'uranium à l'Ecarpière (Vendée)*







## Qu'est-ce que la prospection de l'uranium ? Quel est l'effort de prospection réalisé en France ?

### LA PROSPECTION

**O**n utilise, sur le terrain, pour la prospection de l'uranium, d'une part des méthodes qui sont habituellement employées pour la recherche de n'importe quelle substance minérale, et d'autre part des méthodes particulières à l'uranium.

**1. Levers géologiques.** Quelles que soient la qualité et la précision des cartes géologiques et de la documentation géologique disponible, il est nécessaire tout au long des recherches, depuis les phases de reconnaissance régionale jusqu'aux travaux très détaillés sur certaines zones, de procéder à des levers et observations géologiques. Pour cela, le géologue parcourt le terrain, étudie les roches là où elles affleurent, reporte ses observations sur des cartes ou des plans. En même temps, il prélève des échantillons qu'il analysera en laboratoire.

**2. Prospection radiométrique.** C'est une méthode géophysique spécifique de la recherche de l'uranium, fondée sur les propriétés radioactives de ce métal <sup>(1)</sup> et elle est utilisée comme les levers géologiques au cours des phases successives de la recherche. On peut la réaliser par avion (ou hélicoptère) dans les étapes de grandes reconnaissances régionales ; mais en France, de façon beaucoup plus courante, elle est réalisée au sol. Elle consiste à parcourir la surface du sol, suivant des itinéraires qui varient en fonction des conditions géologiques avec un détecteur de radioactivité (« compteur »), soit en automobile, soit à pied. On repère ainsi les zones présentant des radioactivités anormales.

Au stade de la prospection régionale, les points de mesure sont espacés de quelques centaines

(1) L'uranium lui-même est peu radioactif, mais il donne indirectement naissance au radium dont la radioactivité, plus pénétrante, permet de le détecter à distance de quelques mètres à l'aide d'un compteur. Dans des conditions normales, l'uranium et le radium restent dans une proportion toujours constante.



*prospection radiométrique*

de mètres à quelques kilomètres. Cette phase de prospection à large maille, qui peut durer des mois, est suivie d'une phase de prospection à maille plus serrée (25 à 100 m d'espace) dans les zones jugées les plus intéressantes d'après les résultats de la première étape.

La prospection radiométrique, qui est certainement la méthode fondamentale pour la recherche de l'uranium, fournit en général, notamment dans les régions granitiques et dans certaines régions sédimentaires, un nombre considérable d'anomalies : ce sera le travail du géo-

logue, s'aidant de toutes les autres méthodes, de trier, parmi ces nombreuses anomalies, celles qui peuvent être dignes d'attention et révéler l'existence d'un gisement.

L'utilisation de ces autres méthodes intervient le plus souvent après la fin des campagnes de prospection radiométrique à maille large, puis à maille plus serrée, soit après une ou plusieurs années de travail de recherches selon les zones.

**3. Autres méthodes géophysiques.** D'autres mesures géophysiques ont pour but d'apporter une image de la nature et de la structure des terrains plus précise que celle que donnent les simples levés géologiques, très souvent rendus difficiles ou impossibles à cause des sols superficiels et de la couverture végétale. Ces méthodes géophysiques sont très variées : sismique, gravimétrique, électrique, magnétique. Aucune n'est spécifique de la prospection de l'uranium. Elles sont largement utilisées pour les autres recherches minières, pour la prospection pétrolière et pour les études de génie civil. Certaines études sont réalisées par avion. Lorsqu'elles sont exécutées au sol, elles consistent toutes à disposer sur le terrain un équipement de mesure en chaque point de station choisi. Ces points sont distants, selon les cas, de quelques dizaines de mètres à quelques kilomètres et chaque mesure dure de quelques minutes à quelques heures.

**4. Prospection géochimique.** Elle intervient dans les premiers stades de la prospection régionale. L'uranium est, en effet, répandu dans beaucoup de roches, à l'état de traces (voir aussi question 7). La prospection géochimique a pour but de mesurer les concentrations en uranium, car l'existence d'un gisement, dans une région donnée, peut se signaler par des valeurs anormalement élevées de ces traces. Cette méthode consiste à faire des prélèvements dans les alluvions des rivières, les sols et les eaux elles-mêmes puis à analyser les échantillons en laboratoire. Ces prélèvements sont faits à large maille sur des régions entières, de plusieurs centaines de kilomètres carrés par exemple.

Une variante de cette méthode consiste à prélever de l'air occlus dans les sols au moyen d'un tube de prélèvement, pour y doser le radon, gaz qui provient de la désintégration naturelle de l'uranium. C'est la méthode émanométrique qui peut servir également à déceler d'autres substances que l'uranium.

**5. Sondages.** Quelquefois dès le stade des études géologiques régionales, mais le plus souvent au stade des recherches plus localisées et jusqu'à l'étude très détaillée destinée à délimiter et cuber un corps minéralisé (gisement), on a recours à des sondages. Ils seront très largement espacés (plusieurs kilomètres ou dizaines de kilomètres) s'il s'agit de reconnaître la géologie profonde d'une région. Ils seront très serrés (quelques dizaines de mètres) s'il s'agit d'étudier un gisement de petites dimensions.

Les sondages peuvent être verticaux ou inclinés ; leur diamètre va de quelques centimètres à un décimètre. Leurs profondeurs sont très variables : de 20-30 mètres à 500-1 000 mètres.

Enfin ils peuvent être carottés : ce sont ceux qui fournissent sous forme de cylindres découpés dans les roches, des échantillons des terrains traversés ; ou non carottés : s'ils ne produisent

*sondage de prospection incliné*





que des débris ("cuttings") des roches rencontrées. Il existe donc plusieurs types de machines (sondeuses), plus ou moins lourdes et maniables

Qu'ils soient sous forme de carottes ou de cuttings, les matériaux recueillis sont examinés et interprétés par le géologue.

#### **6. Les diagraphies dans les sondages.**

L'examen de ces prélèvements par sondages est largement complété par des mesures géophysiques que l'on réalise à l'intérieur de chaque trou de sondage :

- mesures de radioactivité (radiocarottage),
- mesures de résistivité électrique,
- mesures de la densité des roches et de leur porosité,
- mesures de certaines propriétés mécaniques des roches.

Ces études servent non seulement à déceler des minéralisations uranifères (radiocarottage), mais à faciliter l'identification des terrains traversés et établir les corrélations des résultats de plusieurs sondages entre eux, et avec les observations faites en surface.



*carottes de sondage*

*sondage carotté en montagne*





*étude des roches au microscope*

L'ensemble de ces études réalisées dans les trous de sondages est désigné par le terme de diagraphies. Leur réalisation se fait au moyen d'équipements de mesures installés à proximité immédiate du trou de sondage, lorsque la foration est terminée. Ce sont des ensembles constitués par un treuil porteur d'un câble, d'une sonde (détecteur) et des organes de mesure et d'enregistrement. Ces équipements sont acheminés auprès du trou par portage s'ils sont légers ; plus généralement ils sont placés à bord d'un véhicule de type "jeep" que l'on amène sur le sondage. La durée de ces mesures est de l'ordre d'une heure et varie selon les types de diagraphies et la profondeur du trou.

**7. Tranchées, fouilles.** Occasionnellement, pour permettre l'observation d'une roche là où les affleurements sont rares, ou pour préciser le point de passage d'une faille, examiner une



*tranchée*

minéralisation, on peut avoir recours à des tranchées. Ces fouilles sont peu nombreuses. Leur profondeur est de l'ordre de 1 à 2 mètres. Leur largeur n'excède pas 1 mètre et leur longueur peut être de quelques mètres. Elles ne restent ouvertes que le temps d'effectuer des prélèvements ou des observations, et sont ensuite complètement rebouchées.

**8. Puits, galeries, excavations.** Lorsqu'un gisement a été trouvé et délimité par sondages, il arrive parfois que des travaux de recherches supplémentaires soient nécessaires pour préciser certaines caractéristiques de la minéralisation ou des terrains qui la contiennent, avant que l'on puisse déterminer l'exploitabilité de ce gisement.

Pour cela le prospecteur peut être amené à faire, selon la topographie des lieux et la position du gisement, soit un petit puits et des gale-



ries, soit une excavation qui se présente comme une petite carrière. Ces travaux, qui relèvent encore de la recherche, ne permettent pas de préjuger de l'exploitation éventuelle.

Lorsque le prospecteur est amené à les entreprendre, il n'a encore que des présomptions sur la possibilité de passer ultérieurement à l'exploitation.

Des équipements spéciaux (petit chevalement de puits, matériel de roulage, baraques à usage d'ateliers et de bureau) sont mis en place : il s'agit d'installations légères et provisoires.

Les huit méthodes de prospection décrites ci-dessus représentent l'essentiel des moyens susceptibles d'être mis en œuvre sur le terrain pour la prospection de l'uranium en France. Ces méthodes sont accompagnées en permanence par des travaux en laboratoire et au bureau d'études.

Un programme de prospection dans une région donnée comporte plusieurs stades : tout d'abord la reconnaissance générale puis la prospection à maille plus serrée dans les zones où les anomalies sont les plus intéressantes, enfin les travaux détaillés sur des indices de minéralisation. Plus on avance dans la recherche, plus les moyens utilisés sont coûteux, mais plus on restreint la surface prospectée. Bien entendu, à chaque stade peut être remise en cause la décision de continuer, selon l'intérêt que présentent les résultats acquis : dans le cas où d'un bout à l'autre de cette séquence de travaux, les résultats sont positifs, le travail de recherche prend fin avec une estimation des réserves d'un gisement. Ceci n'est obtenu, en général, qu'après plusieurs années de recherche, plus souvent une dizaine d'années ; après quoi il reste encore à déterminer, par des études techniques et économiques, si une exploitation est envisageable (voir question 12).

Du point de vue juridique, la prospection en France est libre, pour autant que le prospecteur ou la société minière ait l'accord des propriétaires du sol et qu'une déclaration ait été faite à la préfecture du département.

Cependant, pour se protéger au point de vue de la concurrence, le prospecteur ou la société minière peuvent demander le bénéfice du régime du permis exclusif de recherches (voir question 9). Les travaux les plus importants (sondages, creusement de galeries ou de puits), font l'objet d'une déclaration auprès du préfet ou de la Direction Interdépartementale de l'Industrie locale.

## L'EFFORT DE PROSPECTION EN FRANCE

La prospection de l'uranium a commencé en France dès 1946, c'est-à-dire il y a plus de 30 ans. On n'y connaissait alors aucun gisement uranifère d'intérêt industriel mais seulement quelques indices dont certains (dans le Morvan, dans les Monts du Forez) avaient été jadis étudiés alors que l'on s'intéressait au radium. Cette prospection a d'abord été assurée seulement par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), qui a également entrepris des recherches dans plusieurs autres pays, principalement dans l'Afrique francophone et à Madagascar.

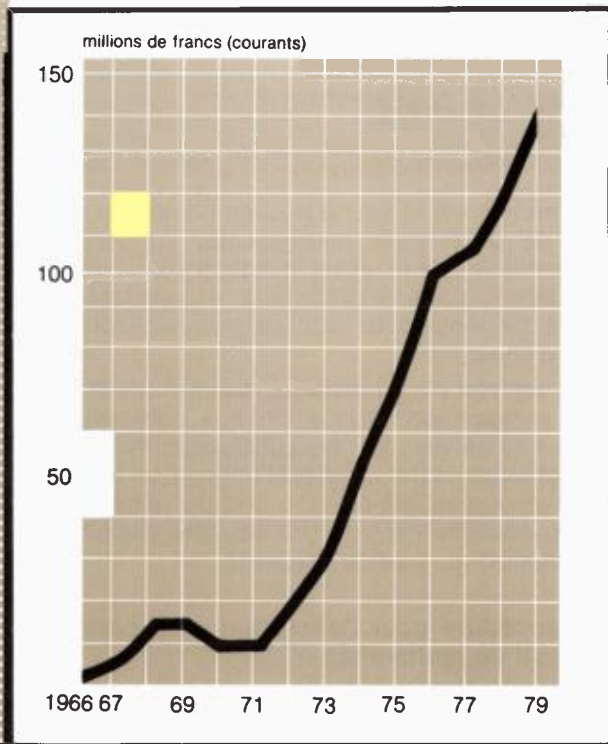
En France, les premières découvertes importantes ont été faites en 1948-50, dans le Limousin surtout.

A partir de 1955, aux efforts du CEA sont venus s'ajouter ceux de plusieurs sociétés minières françaises, et de très nombreux prospecteurs agissant pour leur propre compte.



*prospection radiométrique*

## EVOLUTION DES DEPENSES DE PROSPECTION DE L'URANIUM EN FRANCE



455 millions de francs (en monnaie courante) ont au total été dépensés pour la prospection de l'uranium en France, jusqu'en 1973. A partir de 1973, l'effort qui s'était ralenti depuis 1960, a été augmenté : les dépenses annuelles, de 30 millions de francs en 1973, sont passées à 120 millions de francs en 1978 (voir graphique).

La France est avec les Etats-Unis et le Canada parmi les pays qui ont consacré le plus d'efforts au km<sup>2</sup> pour la prospection de l'uranium sur leur territoire national.

Une grande partie du territoire français a déjà été prospecté : Massif Central et ses abords, Vosges, Bretagne, Vendée, certaines zones des Pyrénées et des Alpes, Aquitaine, etc... Certaines de ces régions ont été étudiées en plus grand détail que d'autres selon l'intérêt des résultats progressivement obtenus.

Des gisements ont ainsi été trouvés :

- dans le Limousin (Haute-Vienne, Creuse, Corrèze),
- dans les Monts du Forez (Loire), dans le Morvan (Saône-et-Loire),
- dans la Margeride (Lozère),
- dans le Cantal,

- en Vendée,
- en Bretagne (Morbihan),
- dans le Lodévois (Hérault).

pour ne citer que les principales régions, dans lesquelles des découvertes intéressantes ont été réalisées. (Voir aussi question 6.)

La prospection du territoire français n'est cependant pas terminée. Si la plupart des gisements affleurant en surface ou proches de la surface ont été trouvés, il reste à rechercher leurs extensions qui existent bien souvent sans se manifester en surface. Mais ces investigations sont aujourd'hui plus difficiles et plus coûteuses qu'elles ne l'ont été dans le passé.

Il reste aussi à entreprendre ou à reprendre la prospection de bien des régions. En effet, après 30 années de prospection, que ce soit en France ou à l'étranger, les connaissances sur la géologie des gisements d'uranium, presque inexistantes à l'origine, sont allées en s'améliorant considérablement. De même les techniques de prospection ont été progressivement perfectionnées. Aussi est-il utile de prospecter des régions nouvelles ou de reprendre celles qui dans le passé, ont été examinées d'une manière que l'on juge aujourd'hui insuffisante.

Plusieurs sociétés poursuivent donc aujourd'hui la recherche de gisements d'uranium en France :

- la Compagnie Générale des Matières Nucléaires (COGEMA), filiale à 100 % du Commissariat à l'Énergie Atomique dont elle poursuit l'effort depuis 1976 ;
- la Compagnie Française des Minerais d'Uranium (CFMU), filiale du groupe IMETAL ;
- la Société Dong-Trieu, du groupe EMPAIN-SCHNEIDER ;
- la Société MINATOME SA, filiale à 50 % du groupe PECHINEY-UGINE-KUHLMAN et à 50 % de la Compagnie Française des Pétroles (CFP) du groupe TOTAL, et sa filiale SCUMRA.
- la Compagnie Industrielle et Minière (CIM), filiale du groupe RHÔNE-POULENC ;
- la Société Nationale Elf-Aquitaine (Productions) (SNEA-P).

La plupart de ces sociétés ou des groupes industriels auxquelles elles sont rattachées, soutiennent aussi un effort de prospection dans de nombreux pays étrangers : globalement cet effort est encore supérieur à celui qui est actuellement mené sur le territoire français.





## Qu'est-ce qu'un permis exclusif de recherches ?

### Les raisons d'un permis exclusif de recherches <sup>(1)</sup>

Il n'est pas nécessaire d'avoir un permis de recherches pour faire de la prospection, qu'il s'agisse de recherches d'uranium ou d'autres substances minérales. Une société minière, ou un prospecteur individuel, peut faire de la recherche libre, avec l'accord du propriétaire du sol et après une simple déclaration à la préfecture du département. Lorsqu'il s'agit de travaux de fouilles ou de sondages, une courte convention écrite peut être signée entre le prospecteur et le propriétaire afin de protéger les intérêts de chacun (voir aussi : question 17). Ce type d'accord est d'ailleurs très courant et il peut se prolonger aussi longtemps que le prospecteur en est satisfait et que la légèreté des travaux le permet.

Dans des cas très exceptionnels, le ministre de l'Industrie peut, pour des recherches menées en dehors de tout permis minier, autoriser une société à effectuer des travaux de prospection sans le consentement du propriétaire du sol, après avoir entendu les observations de celui-ci <sup>(2)</sup>.

Cependant, à partir d'un certain avancement des travaux de recherches, il est normal que le prospecteur souhaite protéger ses droits de manière plus efficace, soit vis-à-vis de concurrents éventuels, soit pour pouvoir bénéficier plus tard des résultats de ses efforts. Alors, cette société (ou ce prospecteur individuel) est amenée à demander un permis exclusif de recherches.

En effet, le titulaire d'un permis exclusif de recherches sur un périmètre donné et pour une substance donnée est seul à avoir le droit d'effectuer des travaux de recherches à l'exclusion de tout autre et même du propriétaire de la surface.

De plus, le titulaire d'un permis exclusif de

recherches est le seul à pouvoir demander, en cas de découverte intéressante, un permis d'exploitation (voir aussi question 13) pour la substance, dans le périmètre et pendant la durée de validité de son permis exclusif de recherches.

Ceci est vrai pour toutes les substances dites « de mines », par opposition aux substances dites « de carrières » ; les substances minières présentent en effet un intérêt national tel que le législateur a estimé devoir privilégier le droit de l'État, pour les exploiter ou les faire exploiter, par rapport au droit de propriété.

### La procédure pour l'obtention d'un permis exclusif de recherches <sup>(3)</sup>

Lorsqu'un prospecteur ou une société souhaitent acquérir des droits exclusifs sur une substance et un périmètre donné, ils déposent une demande de permis exclusif de recherches auprès du préfet, qui transmet le dossier à la Direction Interdépartementale de l'Industrie de la région. Celle-ci vérifie le contenu de la demande qui doit comprendre différents renseignements sur le demandeur, notamment :

- la justification de ses capacités techniques et financières ;
- les limites précises du permis sollicité ;
- un mémoire géologique justifiant les limites du périmètre demandé ;
- le programme général, le calendrier et le montant des travaux qu'il s'engage à effectuer ;
- une notice d'impact décrivant les conditions dans lesquelles ces travaux satisfont aux préoccupations d'environnement <sup>(4)</sup>

La demande de permis exclusif de recherches est soumise à une enquête publique d'une durée de 1 mois (voir aussi question 10). La concurrence est encore ouverte 1 mois après la fin de l'enquête publique.

(1) Référence : Code Minier - article 7 et suivants.

(2) Référence : Code Minier - art. 7 et décret du 14 août 1923.

(3) Références : Code Minier, article 12 et 13. Décret n° 70-988 du 29 octobre 1970, articles 1 à 9.

(4) Références : Loi 76-629 du 10 juillet 1976. Décret 77-1141 du 12 octobre 1977. Circulaire du 10 janvier 1978.

## MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

**Décret du 27 juillet 1979 accordant un permis exclusif de recherches de mines d'uranium, autres métaux radioactifs et substances connexes, dit « Permis de la Chapelle » (Haute-Vienne), à la Société nationale Elf-Aquitaine (Production).**

Le Premier ministre,  
Sur le rapport du ministre de l'Industrie,  
Vu le code minier ;

Vu le décret n° 60-629 du 28 juin 1960 autorisant le comité de l'énergie atomique à déléguer ses pouvoirs d'avis en matière minière ;

Vu le décret n° 70-988 du 29 octobre 1970 relatif à l'instruction des demandes portant sur des titres miniers et au retrait de ces titres ;

Vu la pétition du 27 février 1978 par laquelle la Société nationale Elf-Aquitaine (Production), dont le siège social est tour Aquitaine, place des Corolles, quartier Alsace, la Défense, Courbevoie (Hauts-de-Seine), a sollicité, pour une durée de trois ans, un permis exclusif de recherches de mines d'uranium, autres métaux radioactifs et substances connexes portant sur partie du département de la Haute-Vienne ;

Vu les mémoires, plans, pouvoirs, engagements et autres documents produits à l'appui de cette pétition ;

Vu les pièces de l'enquête publique à laquelle cette demande a été soumise du 28 juin au 27 juillet 1978 inclus ;

Vu les résultats de la consultation administrative à laquelle il a été procédé ;

Vu les rapports et avis des ingénieurs du service interdépartemental de l'industrie et des mines d'Auvergne-Limousin en date des 8 et 9 novembre 1978 ;

Vu l'avis du préfet de la Haute-Vienne en date du 16 novembre 1978 ;

Vu l'avis du comité de l'énergie atomique en date du 1<sup>er</sup> février 1979 ;

Vu l'avis du conseil général des mines en date du 23 avril 1979 ;

Vu le décret du 26 juillet 1979 relatif à l'exercice des attributions du Premier ministre pendant l'absence de M. Raymond Barre ;

Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu,

Décète :

Art. 1<sup>er</sup>. — Il est accordé à la Société nationale Elf-Aquitaine (Production) un permis exclusif de recherches de mines d'uranium, autres métaux radioactifs et substances connexes, dit « Permis de la Chapelle », d'une superficie de 5 kilomètres carrés environ portant sur partie du territoire du département de la Haute-Vienne.

Art. 2. — Conformément à l'extrait de carte I. G. N. au 1/25 000, annexé au présent décret, le périmètre de ce permis est constitué par un polygone à côtés rectilignes dont les sommets A B C D E F sont définis comme suit, leurs coordonnées, dans le système de projection Lambert II, zone centrale, étant données à titre subsidiaire :

A Intersection de l'axe du chemin départemental D. 44 a et de l'axe du chemin départemental D 61 ;

$x = 520,160$   $y = 140,450$  ;

B Axe du clocher de l'église de Saint-Hilaire-la-Treille ;

C Intersection, au hameau de Champagnac, de l'axe du chemin départemental D 44 et de l'axe de la voie communale menant à Maison-Sauzy ;

$x = 520,670$   $y = 137,310$  ;

D Intersection de l'axe du chemin départemental D 61 et de l'axe de la voie communale desservant le hameau du Bourassat ;

$x = 519,190$   $y = 138,650$  ;

E Intersection, au hameau de Foulventour, de l'axe du chemin départemental D 44 a et de l'axe de la voie communale reliant le D 44 a précité au chemin départemental D 61 ;

$x = 518,340$   $y = 138,920$  ;

F Point coté 302 à environ 375 mètres au Nord-Nord-Ouest de l'intersection, au hameau de la Chapelle, de l'axe du chemin départemental D 44 a et de l'axe de la voie communale reliant le D 44 a précité au chemin départemental D 61 ;

$x = 518,840$   $y = 140,070$ .

Art. 3. — Ce permis est accordé pour une durée de trois ans à compter de la publication du présent décret au *Journal officiel* de la République française.

Art. 4. — En vue de comparer les dépenses faites à l'effort financier minimal de 100 000 F souscrit en application de l'article 13 du code minier, la valeur de ces dépenses actualisées à la date à laquelle l'engagement financier a été souscrit sera calculée en totalisant les quotients de chaque dépense par le coefficient  $i$ , ci-dessous calculé pour le mois de cette dépense :

$$i = 0,5 \left( \frac{S_i + M_i}{S_0 + M_0} \right)$$

où :

S représente l'indice du coût de la main-d'œuvre dans les industries mécaniques et électriques ;

M l'indice général des prix de gros de l'ensemble des produits métallurgiques, tels que les constate le Bulletin mensuel de l'Institut national de la statistique et des études économiques (I.N.S.E.E.) ;

$S_i$  et  $M_i$  sont les valeurs de ces indices pour le mois au cours duquel la dépense a été faite ;

$S_0$  et  $M_0$  sont les valeurs de ces indices pour le mois de février 1978.

Le nouvel effort financier minimal que devra souscrire le titulaire du permis s'il demande la prolongation de celui-ci dans les conditions prévues par le code minier devra, à durée de validité et à superficie égales, être au moins égal au produit de l'effort financier indiqué ci-dessus par la valeur du coefficient  $i$ , à la date de la demande de prolongation.

Art. 5. — Un extrait du présent décret sera, par les soins du préfet de la Haute-Vienne, affiché à la préfecture de Limoges, inséré au recueil des actes administratifs du département de la Haute-Vienne et, aux frais du titulaire du permis, publié dans un journal régional ou local diffusé sur tout le territoire dudit département.

Art. 6. — Le ministre de l'Industrie est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 27 juillet 1979.

ALAIN PEYREFITTE.

Par le garde des sceaux, ministre de la justice,  
pour le Premier ministre et par délégation :

Le ministre de l'Industrie,  
ANDRÉ GIRAUD.

Nota. — L'extrait de carte visé à l'article 2 du décret pourra être éventuellement consulté par le public à la direction générale de l'énergie et des matières premières (bureau de législation), 97, rue de Grenelle, Paris (7<sup>e</sup>), ainsi que dans les bureaux du service interdépartemental de l'Industrie et des mines Auvergne-Limousin, 15, rue Fontgibie, à Clermont-Ferrand.

La Direction Interdépartementale de l'Industrie procède également à une consultation des services administratifs intéressés et établit un rapport pour le préfet, qui transmet le dossier avec son propre avis au ministère de l'Industrie. La décision d'octroi ou de refus du permis exclusif de recherches est prise, après consultation du Comité de l'Énergie Atomique, sur avis du Conseil Général des Mines, par un décret en Conseil d'État, auquel peuvent être annexées des conditions particulières imposées au demandeur et qui est publié au Journal Officiel.

Un permis exclusif de recherches est accordé pour une durée de 3 ans, renouvelable deux

fois. Dans le cas de concurrence entre plusieurs demandeurs, c'est le ministre de l'Industrie qui tranche en dernier ressort pour attribuer le titre demandé quel que soit le premier pétitionnaire. Dans tous les cas, le ministre apprécie l'intérêt géologique du périmètre demandé ainsi que le montant des dépenses de recherches prévues et les mérites respectifs de chacun des demandeurs ; c'est ce qu'on appelle le pouvoir « discrétionnaire » de l'administration en matière de mines.

**Les restrictions d'un permis de recherches**

L'existence d'un permis exclusif de recherches



453 55- *Bru A*

SOCIETE NATIONALE ELF AQUITAINE (PRODUCTION)

(S.N.E.A. (P))

S.A. au capital de 1.055.000.000 F.  
R.C. PARIS B 632.022.711

Siège Social : Tour Aquitaine - Place des Corolles - Quartier Alsace  
LA DEFENSE - 92400 - COURBEVOIE

Adresse postale : TOUR AQUITAINE - CEDEX 4 - 92080 PARIS LA DEFENSE

DEMANDE DE PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHES DE MINES

D'URANIUM, AUTRES METAUX RADIOACTIFS ET SUBSTANCES CONNEXES

DIT "PERMIS DE LA CHAPELLE"

LA SOCIETE NATIONALE ELF AQUITAINE (PRODUCTION) - (S.N.E.A. (P))

à

MONSIEUR LE PREFET DE LA HAUTE Vienne

Je, soussigné, Gilbert RUTMAN, agissant en qualité de  
Président Directeur Général de la S.N.E.A. (P) - Société Nationale  
Elf Aquitaine (Production) - de nationalité française, demeurant  
à Neuilly s/Seine (92200) - 11, rue Perronnet - ai l'honneur de  
solliciter pour le compte de ladite Société, l'octroi d'un Permis  
Exclusif de Recherches de Mines d'Uranium, autres métaux radio-  
actifs et substances connexes, dit "PERMIS DE LA CHAPELLE" portant  
sur partie du département de la Haute-Vienne.



FEV. 1978

*gm*

.../...

*dh*

(5) Référence : Décret 72-645 du 4 juillet 1972.

ne dispense pas son titulaire de recueillir l'accord du propriétaire du sol pour exécuter des travaux. A défaut de cet accord et dans certains cas particuliers, néanmoins, le préfet peut accorder l'autorisation d'occupation temporaire d'un terrain (voir question 17).

Par ailleurs, un permis exclusif de recherches ne donne qu'un droit virtuel d'effectuer certains travaux de prospection, c'est-à-dire qu'il ne dispense pas son titulaire de remplir certaines obligations :

- le titulaire doit présenter au début de chaque année à la Direction Interdépartementale de l'Industrie le programme détaillé de ses travaux ;
- il doit faire une déclaration préalable auprès du préfet avant d'entreprendre une campagne de sondages, ou des travaux plus importants.

Un décret <sup>(5)</sup> confie, en effet, au préfet le soin d'assurer la Police des Mines, sur propositions de la Direction Interdépartementale de l'Industrie locale. Ainsi, le préfet peut imposer des conditions particulières au prospecteur ou même dans certains cas extrêmes interdire totalement ou partiellement les travaux projetés (voir aussi question 10).



## Comment le public est-il informé de ces recherches ?

### Cas d'une demande de permis exclusif de recherches

**L**orsqu'une demande de permis exclusif de recherches (cf. question 9) est déposée à la préfecture, le préfet est tenu de la mettre à l'enquête publique. A cette occasion, des avis sont publiés dans deux journaux locaux et au Journal Officiel. Le dossier est ensuite déposé pendant une durée de 1 mois à la préfecture, où le public peut en prendre connaissance et consigner ses observations sur un registre spécial ouvert à cet effet. Tous les

documents fournis par le demandeur, y compris le mémoire justifiant le périmètre sollicité, le programme des travaux prévus et la notice d'impact, sont ainsi mis à la disposition des personnes désirant les consulter.

En outre, toutes observations ou oppositions peuvent être adressées directement au préfet par lettre recommandée pendant la durée de l'enquête. Elles seront annexées au registre d'enquête après sa clôture et transmises à la Direction Interdépartementale de l'Industrie chargée de l'instruction de la demande de permis. Lorsqu'elles touchent aux modalités d'exé-

cution du programme de travaux de prospection, elles sont également notifiées au demandeur qui devra en tenir compte après l'attribution du titre minier, et quelquefois servent ensuite de base aux conditions particulières qui figurent alors en annexe du décret d'octroi du permis.

### **Cas des travaux de recherches <sup>(1)</sup>**

En dehors de toute procédure réglementaire, avant le début des travaux de prospection proprement dits (de la prospection radiométrique aux sondages) et même en l'absence de permis exclusif de recherches, des réunions d'information et de concertation se tiennent souvent soit à la demande des maires ou du préfet, soit à l'initiative du prospecteur intéressé, avec la participation des services administratifs compétents, notamment de la Direction Interdépartementale de l'Industrie locale.

Plus tard, au cas où les résultats obtenus jusque là par le prospecteur sont assez encourageants pour exiger des travaux plus importants (puits, galeries de mines...), un programme détaillé doit être présenté avant l'ouverture de

ces travaux par le titulaire du permis exclusif de recherches. Les travaux ne sont alors entrepris qu'après discussion du programme par les services administratifs intéressés, notamment les services chargés de la protection de l'environnement et de la sécurité des personnes. Si cela s'avère nécessaire, le préfet peut prendre un arrêté pour fixer des conditions particulières ou pour interdire l'exécution des travaux.

A l'avenir, selon les dispositions des textes réglementaires en cours d'élaboration, pour tenir compte des nécessités de protection de la nature et d'information du public, une notice d'impact et, pour les travaux les plus importants, une étude d'impact approfondie devra être jointe au dossier. Dans ce dernier cas, celui-ci sera mis à la disposition du public pour observations éventuelles.

En tout état de cause, les travaux les plus lourds ne sont engagés que dans la dernière phase de la recherche minière, c'est-à-dire après plusieurs années de présence sur le terrain, pour confirmer ou infirmer les teneurs du minerai déjà repéré par des sondages et pour mesurer l'extension d'un gisement éventuel. (voir aussi questions 8 et 12).

(1) Référence : Décret n° 72-645 du 4 juillet 1972, article 23.



## **La prospection de l'uranium entraîne-t-elle des nuisances ?**

**L**es conséquences que peuvent avoir les opérations de prospection sur le milieu environnant sont directement liées aux méthodes utilisées (voir question 8).

Ainsi aucune nuisance ne peut être attribuée à la première étape des recherches : les levés géologiques, la prospection radiométrique, la prospection géochimique consistent à parcourir le terrain pour faire des observations et des mesures ; ces méthodes ne conduisent à aucune occupation prolongée du terrain, ni gêne d'aucune sorte, à condition de respecter les cultures et d'éviter en particulier les périodes d'herbes hautes ou de moisson dans les régions de culture et d'élevage.

De toute façon, sauf cas exceptionnels (voir question 17), les géologues et les prospecteurs n'accèdent aux terrains qu'avec l'accord des propriétaires ou des exploitants.

Il en est à peu près de même pour les travaux géophysiques, l'occupation des terrains pouvant durer quelques heures pour certaines mesures. Une mention spéciale doit être faite de l'utilisation de la méthode sismique qui implique l'emploi de faibles charges d'explosifs (50 à 100 g) placées dans des trous de faible profondeur (1 m environ). Le bruit dû aux tirs est cependant peu perceptible même à proximité immédiate. Il est parfois nécessaire dans les zones boisées ou de taillis, d'ouvrir des layons :





*installation d'une sondeuse*

les arbres de haute tige sont toujours respectés et le layonnage consiste simplement à couper des taillis en sous-bois ou des fourrés. Les traces de ces layons ne sont plus visibles après quelques mois. D'une manière générale, les seuls inconvénients possibles sont ceux qui résultent du passage d'hommes ou de véhicules sur des terrains cultivés. Ces dégâts sont bien entendu limités par le choix de la saison et autant que possible réparés par les prospecteurs. Ils donnent lieu le cas échéant au paiement d'indemnités.

Par contre, l'exécution des sondages nécessite une occupation temporaire du terrain. La réalisation d'un trou de sondage, peut selon la dureté de la roche et la profondeur à atteindre, durer de quelques heures à quelques semaines.

Le bruit de ces opérations peut constituer une gêne temporaire pour les populations habitant à proximité immédiate du lieu de sondage. Cet inconvénient est réduit par l'usage d'engins insonorisés. De plus, une distance minimum de 50 m entre l'emplacement d'un sondage et les zones construites doit être respectée pour les sondages de plus de 100 m de profondeur et pour les travaux souterrains plus importants <sup>(1)</sup>.

(1) Référence : article 70 du Code Minier.

Les sondages produisent parfois des rejets liquides boueux : dans ce cas les installations de sondages comportent des bassins de décantation, l'eau nécessaire à la foration est recyclée et les quantités rejetées deviennent très faibles.

Si le sondage risque de perturber le régime des eaux souterraines rencontrées, il est rebouché par un coulis de ciment aussitôt après la fin des opérations. La protection des eaux souterraines est d'ailleurs réalisée par l'application d'une réglementation spéciale, appelée « Police des eaux » <sup>(2)</sup>, qui permet au préfet de contraindre l'opérateur à prendre certaines précautions a priori ou à remédier a posteriori aux dégâts éventuels qu'il peut causer.

Il va de soi que les programmes de sondages doivent tenir compte dans toute la mesure du possible de la saison (état des cultures), et, en général, l'occupation du terrain se fait avec l'autorisation du propriétaire ou de l'exploitant. Celui-ci peut exiger qu'une clôture provisoire soit posée autour des installations de sondage, afin de tenir éloignés les troupeaux pendant la durée du sondage.

(2) Références : Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964.  
Décrets n° 67-1094 du 15 décembre 1967  
et n° 73-218 du 23 février 1973.

La surface occupée au sol par une sondeuse et les équipements qui l'entourent est de l'ordre de quelques dizaines de mètres carrés et au maximum de 50 × 50 mètres. Les dégâts qui en résultent, ainsi que ceux que crée éventuellement l'acheminement du matériel sur le lieu de sondage, sont réparés aussitôt le sondage terminé et les préjudices subis par le propriétaire ou l'exploitant donnent lieu au paiement d'indemnités selon une convention qui a été préalablement passée avec lui.

En fait l'expérience montre que très rapidement, après quelques semaines ou en fin de saison, il ne reste aucune trace visible du sondage.

Les tranchées, lorsqu'occasionnellement il est nécessaire d'en faire, sont rebouchées par le prospecteur dès que ses observations sont terminées ; celui-ci doit veiller notamment à remettre en place la terre végétale. Le préjudice éventuel (dégâts sur les cultures), en général limité à quelques dizaines de mètres carrés, donne lieu à une indemnisation.

En ce qui concerne les risques éventuels liés à la radioactivité des roches découvertes, il faut rappeler que les volumes en cause, même dans le cas des tranchées, sont tout à fait minimes par rapport aux roches affleurant dans la même région.

Les travaux plus importants, ne sont entrepris que lorsqu'est acquise la présomption de l'exis-

tence d'un gisement. Bien qu'ils relèvent exclusivement de la recherche dont ils sont en général la dernière phase, les risques qu'ils suscitent sont analogues à ceux que causerait une exploitation, et sont traités plus loin (voir questions 18 -19 - 20 - 21). A l'avenir, ces travaux seront soumis à des procédures réglementaires particulières, comprenant la rédaction d'une notice ou d'une étude d'impact (voir question 10).

En définitive, la recherche des gisements d'uranium met en œuvre soit des méthodes qui sont rigoureusement sans effet sur les paysages, les sols et les cultures, soit des méthodes qui n'ont que des inconvénients très limités dans le temps et en extension et qui ne laissent en général pas de traces sensibles, passé un délai de quelques semaines ou de quelques mois au maximum.

En revanche, il convient de signaler que l'ensemble de ces travaux, qu'ils conduisent ou non à la découverte de gisements d'uranium, apportent une meilleure connaissance de la géologie régionale et des nappes aquifères. Le code minier fait obligation au prospecteur de communiquer à l'administration chargée des mines, l'ensemble des données géologiques recueillies<sup>(3)</sup>. Nombreux sont les cas où les recherches d'uranium ont apporté des résultats d'intérêt général.

(3) Référence : art. 131 et suivants du Code Minier.

#### *emprise d'un sondage en cours de réalisation*







## Dans quelles conditions les recherches peuvent-elles aboutir à une exploitation ?

**D**u point de vue technique toutes les recherches ne parviennent pas à la découverte de gisements exploitables, loin de là. En effet, même si les prospecteurs portent leurs efforts sur les régions les plus favorables, rien n'indique a priori que la zone prospectée recèle en fait un gisement.

D'autre part, en cas de découverte, il n'est pas sûr que le gisement puisse être réellement exploité dans des conditions techniques ou économiques convenables.

Avant de décider d'une mise en exploitation, il reste encore la plupart du temps à effectuer des travaux de recherches complémentaires (sondages plus serrés ou plus profonds, galeries de mines ou puits...) afin de préciser les réserves et les caractéristiques du gisement, et d'étudier les conditions techniques et économiques de son exploitation. Il arrive qu'à ce stade le gisement ne soit pas considéré comme exploitable économiquement (teneur faible ou profondeur importante) ou techniquement (configuration défavorable des terrains ou valorisation du minerai trop difficile).

Enfin, lorsque la mise en exploitation est jugée possible, le titulaire doit obtenir un titre d'exploitation (voir question 13), et remplir un certain nombre de formalités administratives (voir question 14).

**Du point de vue juridique** <sup>(1)</sup>, seul le titulaire d'un permis exclusif de recherches peut obtenir, pendant la durée de validité et à l'intérieur du périmètre de son permis, un titre d'exploitation portant sur les mêmes substances. C'est ce que signifie le terme « exclusif ».

De plus, le titulaire d'un permis exclusif de recherches a droit à l'obtention d'un permis d'exploitation, s'il a fait la preuve de l'existence d'un gisement exploitable et s'il demande ce titre d'exploitation pendant la durée de validité

de son permis de recherches, à condition d'avoir rempli les engagements relatifs à ce permis.

D'une manière générale et même en dehors de tout permis exclusif de recherches, il est possible de demander un permis d'exploitation ou une concession (voir question 13) et d'envisager la mise en exploitation d'un gisement, à condition :

- d'avoir démontré à l'issue des travaux de recherches l'existence d'une minéralisation dont l'étendue et la teneur laissent espérer que le gisement sera exploitable, ce qui implique d'avoir terminé les travaux tels que : protection radiométrique, tranchées, sondages légers ou carottés,
- d'apporter la preuve que l'on possède les capacités techniques et financières suffisantes pour exploiter ce gisement.

**Du point de vue administratif**, la mise en exploitation dans le périmètre d'un titre d'exploitation, concession ou permis d'exploitation, est soumise au préalable à des procédures complémentaires de déclaration ou d'autorisation, par lesquelles des contraintes peuvent être imposées à l'exploitant et qui peuvent conduire dans certains cas à la modification profonde ou même à l'abandon total du projet (voir question 14).

**Statistiquement, en moyenne**, entre le début des recherches et le lancement d'une exploitation, s'écoule un délai de huit à dix ans, qui peut être réduit à cinq ans dans des cas très exceptionnels, mais qui s'allonge souvent au-delà, surtout pour des raisons économiques.

Pour l'uranium, seul 1 permis exclusif de recherches sur 10 débouche sur un titre d'exploitation, et ce chiffre devient 1 sur 15 pour les gisements réellement mis en exploitation : ainsi pour 66 permis exclusifs de recherches en vigueur, depuis 5 ans, on a accordé seulement

(1) Article 54 du Code Minier.

7 permis d'exploitation et 4 d'entre eux sont ou seront réellement exploités.

De plus, il faut noter que la surface des permis d'exploitation (3 à 5 km<sup>2</sup> en moyenne), représente une très faible part de la surface couverte par les permis exclusifs de recherches aux-

quels ils font suite (50 km<sup>2</sup> en moyenne), et que l'emprise réelle des installations en surface d'une exploitation n'excède pas quelques hectares voire quelques dizaines d'hectares au maximum (voir aussi question 15).



## Qu'est-ce qu'un permis d'exploitation ? Qu'est-ce qu'une concession ?

### La procédure pour l'obtention d'un titre d'exploitation.

**L**orsqu'un gisement a été découvert et qu'une société minière envisage de le mettre en exploitation, elle doit obtenir soit un permis d'exploitation, soit une concession. Dans le cas où cette société est titulaire d'un permis exclusif de recherches en cours de validité couvrant la substance et la zone intéressantes, elle est la seule à pouvoir bénéficier, le cas échéant, d'un titre d'exploitation. Sinon, des concurrents risquent de se présenter lors de la mise à l'enquête de sa demande.

### DEPOT DE LA DEMANDE

Comme pour un permis exclusif de recherches, la demande de concession ou de permis d'exploitation est déposée à la préfecture du département. Le préfet transmet ensuite le dossier à la Direction Interdépartementale de l'Industrie chargée de l'instruire, qui vérifie tout d'abord le contenu de la demande. Celle-ci doit comprendre :

- des renseignements sur le pétitionnaire, (notamment la justification de ses capacités techniques et financières),
- les limites précises du périmètre demandé,
- un mémoire rappelant les recherches déjà effectuées et les réserves mises en évidence et justifiant les limites du périmètre sollicité,
- le programme général des travaux à effectuer.

A l'avenir, une notice d'impact décrivant les

conditions générales dans lesquelles les travaux d'exploitation satisferont aux préoccupations d'environnement deviendra nécessaire selon les dispositions des nouveaux textes réglementaires en cours d'élaboration.

### ENQUETE PUBLIQUE

La demande de titre minier est soumise à une enquête publique d'une durée de 1 mois pendant laquelle le dossier est déposé à la préfecture et, à l'avenir, selon les nouvelles dispositions envisagées, pourra l'être également dans les mairies des chefs-lieux de cantons intéressés. Là, le public peut en prendre connaissance et consigner ses observations ou oppositions dans un registre ouvert à cet effet. Les déclarations de concurrence ne peuvent être déposées que si le pétitionnaire ne jouit pas déjà d'un droit exclusif, en vertu d'un permis exclusif de recherches par exemple, et pendant 1 mois encore après la fin de l'enquête.

### CONSULTATION ADMINISTRATIVE

La Direction Interdépartementale de l'Industrie, comme dans le cas d'un permis de recherches, instruit le dossier et procède à la consultation des autres services administratifs. Son rapport est transmis au préfet qui l'adresse avec son propre avis au ministre de l'Industrie. Celui-ci consulte le Comité de l'Énergie Atomique.

### DECISIONS D'OCTROI

- S'il s'agit d'un permis d'exploitation, la décision d'octroi ou de refus du titre est prise, sur



avis du Conseil Général des Mines, par un arrêté du ministre de l'Industrie, auquel peuvent être annexées des conditions particulières imposées au demandeur. Le permis d'exploitation est accordé pour une durée maximum de 5 ans, renouvelable deux fois, soit au total 15 ans maximum. Il donne un droit exclusif d'exploiter une substance déterminée sur un périmètre fixé pendant la durée de sa validité. Dans certains cas exceptionnels la durée de validité peut encore être prolongée au-delà de la limite maximum : il s'agit alors d'une prorogation.

- S'il s'agit d'une concession, elle est attribuée après avis du Conseil Général des Mines par un décret pris en Conseil d'Etat auquel est annexé un cahier des charges comportant des clauses analogues aux conditions particulières fixées pour un permis d'exploitation.

La principale caractéristique d'une concession est d'avoir une durée pouvant aller jusqu'à 50 ans et d'être renouvelable un nombre de fois indéfini pour des périodes de 25 ans au maximum.

Une concession est donc accordée dans les cas où l'importance des réserves prouvées correspond à une durée d'exploitation prévisible très supérieure à 15 ans.

## Les restrictions d'un titre d'exploitation

Un titre d'exploitation, permis d'exploitation ou concession, peut être refusé au cas où le demandeur ne fournit pas les justifications nécessaires soit pour démontrer l'existence d'un gisement à l'issue de ses recherches, soit pour prouver ses capacités techniques et financières pour exploiter un gisement reconnu (voir aussi question 12).

Par ailleurs, l'obtention d'un titre minier, permis d'exploitation ou concession, ne suffit pas pour avoir le droit d'engager des travaux de mise en exploitation, tels que des puits ou des galeries de mines ou excavations importantes. Une procédure particulière doit être engagée selon les règles de la Police des Mines (voir question 14).

Pendant toute l'exploitation, le titulaire du titre d'exploitation est tenu de payer une redevance répartie entre le département et les communes intéressées et calculée sur le tonnage d'uranium extrait. Son taux est fixé annuellement pour toute la France et pour chacune des substances minières (voir question 23).

Références : Code Minier - articles 21, 25 et suivants, 51 et suivants.  
Décret n° 70.988 du 29 octobre 1970, articles 1 à 9.



## Quelles procédures complémentaires sont nécessaires à la mise en exploitation ?

**S**eulement le titulaire d'un titre d'exploitation, permis d'exploitation ou concession, a le droit, à l'exclusion même du propriétaire de la surface, d'ouvrir une exploitation de mines <sup>(1)</sup>.

Mais le futur exploitant doit remplir au préalable un certain nombre de formalités administratives :

- établir un dossier de déclaration d'ouverture de travaux d'exploitation, pour lequel il fournit

un projet détaillé des travaux envisagés et une étude d'impact <sup>(2)</sup> qui doit comporter notamment :

- une analyse de l'état initial du site et de son environnement,
- une analyse des effets sur l'environnement de la future exploitation,
- les raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu,

(1) Référence : Article 21 du Code Minier.

(2) Références : Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 - Décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977 - Circulaire du 10 janvier 1978.

– les mesures prévues pour prévenir, supprimer, réduire et si possible compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement.

Ce dossier, est soumis à une nouvelle enquête publique de 15 jours, au cours de laquelle le public peut en prendre connaissance et consigner ses observations sur un registre spécial.

Parallèlement, les services administratifs intéressés et les organismes compétents sont consultés à l'initiative de la Direction Interdépartementale de l'Industrie chargée de l'instruction du dossier. A l'issue de cette procédure, un arrêté du préfet peut imposer des conditions particulières à l'exploitant ou même interdire l'ouverture des travaux, lorsque ceux-ci sont de nature à porter une atteinte irréversible à l'environnement, à la sécurité ou à la salubrité publiques ou à tout autre intérêt dont la liste figure à l'article 84 du Code Minier.

Les travaux entrepris doivent, par la suite, respecter les conditions d'exploitation et de protection de l'environnement annoncées ou fixées par le préfet. Si des modifications nota-

bles se produisent en cours d'exploitation, une nouvelle déclaration est nécessaire selon la même procédure <sup>(3)</sup>.

- demander un permis de construire pour les installations de surface <sup>(4)</sup>.

- demander, pour certaines installations de surface, une autorisation préalable, avec enquête publique, dans le cadre de la réglementation relative aux installations classées <sup>(5)</sup>.

Pendant les travaux, toutes les réglementations s'appliquent, et notamment celle de la Police des Mines exercée par le préfet, et celle de la Police des Eaux <sup>(6)</sup> qui prévoit des autorisations spéciales pour les rejets d'eau dans les cours d'eau, lacs et étangs ainsi que pour l'épandage, l'enfouissement et le dépôt de déchets ou de matières. Ainsi le préfet peut intervenir à tout moment, lorsque les circonstances l'exigent, pour faire respecter les conditions fixées initialement à l'exploitant.

(3) Référence : Décret n° 72-645 du 4 juillet 1972, relatif à la Police des Mines, articles 9 et 10.

(4) Référence : Code de l'Urbanisme.

(5) Référence : Loi du 19 juillet 1976.

(6) Références : Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 - Décret n° 73-218 du 23 février 1973 - Arrêtés du 13 mai 1975.



## Comment exploite-t-on un gisement d'uranium ?

**L**es méthodes utilisées pour l'exploitation des gisements d'uranium ne sont pas fondamentalement différentes de celles que l'on emploie pour extraire les autres minerais métalliques. Cependant la radioactivité propre aux minerais uranifères, d'une part permet d'employer des techniques spécifiques, d'autre part impose certaines précautions supplémentaires.

Les exploitations peuvent, selon les caractéristiques des gisements et leur configuration, être réalisées par mines souterraines ou par mines à ciel ouvert, et parfois par une combinaison de ces deux méthodes.

**Dans le cas d'une mine souterraine,** l'accès principal au gisement se fait, selon la position

du gisement par rapport à la topographie, soit par galeries horizontales (à flanc de coteau) ou par galerie inclinée (« descendrière »), soit encore par un puits vertical.

A partir de ces ouvrages d'accès se développe un réseau de galeries souterraines destinées à desservir les chantiers d'extraction qui seront créés dans chaque zone minéralisée, à des niveaux espacés de 30 à 40 mètres.

Des ouvrages secondaires débouchant au jour sont nécessaires pour créer au moins une bouche d'aérage permettant d'amener l'air frais dans les chantiers du fond.

L'emprise superficielle d'une mine souterraine dépend étroitement de l'importance et éventuellement du nombre des gisements à exploi-





*entrée de cage à Margnac*

ter. Les installations de surface ainsi que les ouvrages d'accès (puits, descenderies, galeries) représentent des investissements très coûteux, à amortir sur les réserves trouvées.

En France, les sièges miniers (mines souterraines) les plus importants, exploitant simultanément et sur plusieurs étages plusieurs corps minéralisés voisins, ont un rythme d'extraction journalière de quelques centaines de tonnes de minerai et leurs effectifs sont de plus de 200 personnes. La surface occupée est alors de l'ordre de quelques hectares.

Les plus petites exploitations souterraines réalisées avec des équipements simples et des extractions journalières de quelques dizaines de tonnes emploient environ une vingtaine de personnes. La surface occupée peut n'être que d'environ un hectare et le plus souvent, les installations sont démontables.

Les méthodes d'exploitation employées sont adaptées aux caractéristiques locales du gisement comme dans toute mine souterraine. Ainsi on peut choisir de remblayer totalement, partiellement ou non les vides créés par l'extrac-

*accès au gisement par « descenderie »*





*sondage dans la mine par radiocarottage*

*utilisation d'engins mécaniques pour le chargement de minerais*





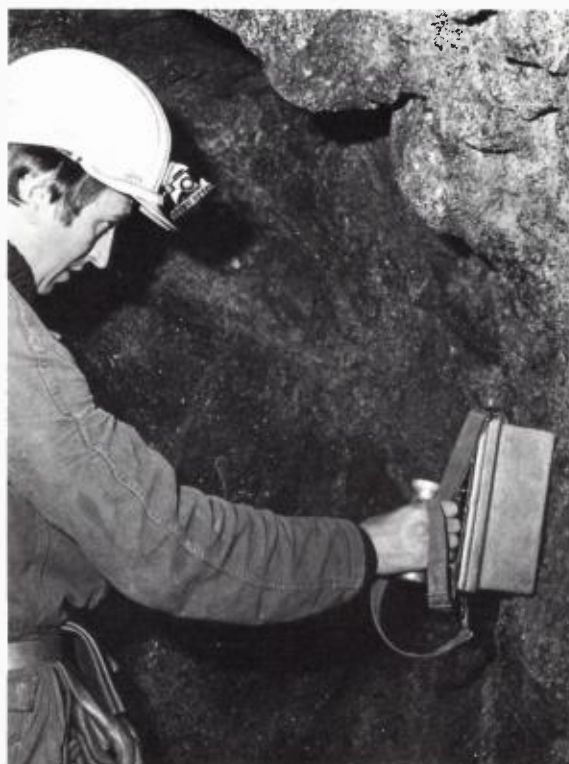
tion du minerai selon la tenue des terrains encaissants, de procéder par tranches montantes ou descendantes dans le cas de filons verticaux ou de réaliser des chambres et des piliers dans un gisement pratiquement horizontal.

Dans tous les cas, la radioactivité liée aux minerais d'uranium est mise à profit :

- d'une part, dans la mine, pour délimiter par simples mesures sur les parois des chantiers ou le long des galeries, les zones riches en uranium à extraire et d'une manière générale « suivre » la minéralisation au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation.

- d'autre part, en dehors de la mine, pour trier les produits sortis en distinguant minerai riche, moyen et pauvre, et roche stérile, de façon à les aiguiller sur les stockages appropriés.

Mais les avantages ainsi tirés de cette radioactivité ont leur contrepartie. Des précautions particulières doivent être prises pour assurer la protection du personnel, vis-à-vis de l'irradiation directe à laquelle les travailleurs sont exposés (cette irradiation ne devient significative qu'en présence d'une teneur en uranium exceptionnellement élevée), ou surtout de l'inhalation



*mesure radiométrique au fond de la mine souterraine*



*mine à ciel ouvert de Peny*

de poussières radioactives ou de gaz radioactif (radon) qui se dégage dans le gisement, que certaines dispositions (ventilation, aérage) permettent de maintenir à des niveaux acceptables (voir question 21).

**Les exploitations des mines à ciel ouvert** s'apparentent à bien des égards aux carrières classiques dont sont extraits les matériaux de construction. Chaque fois que la situation et les caractéristiques du gisement s'y prêtent, cette méthode est choisie de préférence à l'exploitation souterraine en raison de la plus grande sécurité qu'elle offre pour le personnel.

Elle consiste à créer une excavation par gradins successifs de 3 à 10 m chacun. Si le gisement n'affleure pas, les premiers gradins seront consacrés à l'enlèvement des terrains stériles qui recouvrent le minerai. L'extraction se fait au moyen de grosses pelles mécaniques après tir d'explosifs si la roche est dure. Les produits, stérile ou minerai, sont ensuite chargés dans des camions qui circulent sur une piste aménagée le long des talus de l'excavation.

Bien entendu, la hauteur des gradins successifs et la pente générale des talus sont définies de manière à éviter les éboulements.

Les zones riches en uranium (minerai) sont délimitées en détail par des mesures radiométriques avant extraction, dans chaque gradin. Les produits extraits sont ensuite à nouveau testés sur chaque camion. Ainsi, comme dans le cas de la mine souterraine, peut-on faire la sélection entre les minerais de différentes teneurs et les roches stériles, puis acheminer ces produits vers les stockages appropriés.

La mine à ciel ouvert permet une récupération beaucoup plus complète des minerais que la mine souterraine, puisque tout ce qui est compris dans l'emprise de l'excavation est extrait. En contrepartie, elle entraîne l'extraction d'un volume de roches stériles beaucoup plus important.

Ces matériaux sont stockés à proximité de l'excavation, et dans la mesure du possible ils servent à combler les parties les plus basses au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction du minerai, ou à la fin de l'exploitation à ciel ouvert.

Les dimensions des excavations créées par les mines à ciel ouvert dépendent bien entendu de la taille et de la profondeur des gisements. En France, la plus grande mine à ciel ouvert exploitée à ce jour pour l'uranium, avait en surface





une emprise de 15 hectares (500 m × 300 m) et sa profondeur était de l'ordre de 100 m. A la surface de l'excavation elle-même, il faut ajouter celles des stockages et des installations annexes (hangars, bureaux), celle des accès et du périmètre de sécurité autour de l'excavation. Ainsi on arrive au maximum à une emprise totale de l'ordre d'une centaine d'hectares.

Inversement de petites exploitations à ciel ouvert créent des excavations de 100 m × 50 m environ, soit un demi-hectare ; avec la surface occupée par les installations avoisinantes, on arrive à une emprise totale de quatre hectares seulement.

Pour les mines à ciel ouvert, le personnel est souvent moins nombreux que dans une mine souterraine (de 10 à 50 personnes environ),

d'autant qu'une partie des travaux peut être sous-traitée à des entreprises locales dotées de simples engins de terrassement (pelles mécaniques et camions).

Le contrôle de la radioactivité et la surveillance du personnel sont assurés comme dans le cas de la mine souterraine, mais les problèmes de l'aérage sont ici inexistantes.

Il arrive parfois qu'en raison de l'allure de la minéralisation, de son approfondissement progressif, de sa dispersion au voisinage de la surface, les exploitants aient recours, simultanément ou successivement, à des travaux souterrains et à ciel ouvert. L'emprise en surface est alors semblable à celle d'une exploitation à ciel ouvert seule.



## Que fait-on du minerai d'uranium extrait ?

**A** la sortie de la mine (voir question 15), les produits extraits sont d'abord triés pour séparer les roches contenant une concentration suffisante d'uranium, le « minerai », qui contient, en France, entre 0,5 et 5 kg d'uranium par tonne, exceptionnellement quelques dizaines de kg par tonne lorsque le gisement est très riche, et les autres roches, dites « stériles » qui sont stockées à part.

Le minerai est ensuite acheminé vers une usine de concentration, qui peut être implantée à proximité de la mine, si la taille de l'exploitation le justifie, ou vers une usine existante dans une autre région. La concentration du minerai d'uranium est destinée à extraire au maximum l'uranium contenu de sa gangue stérile, qui constitue environ 999 pour 1000 du minerai lui-même.

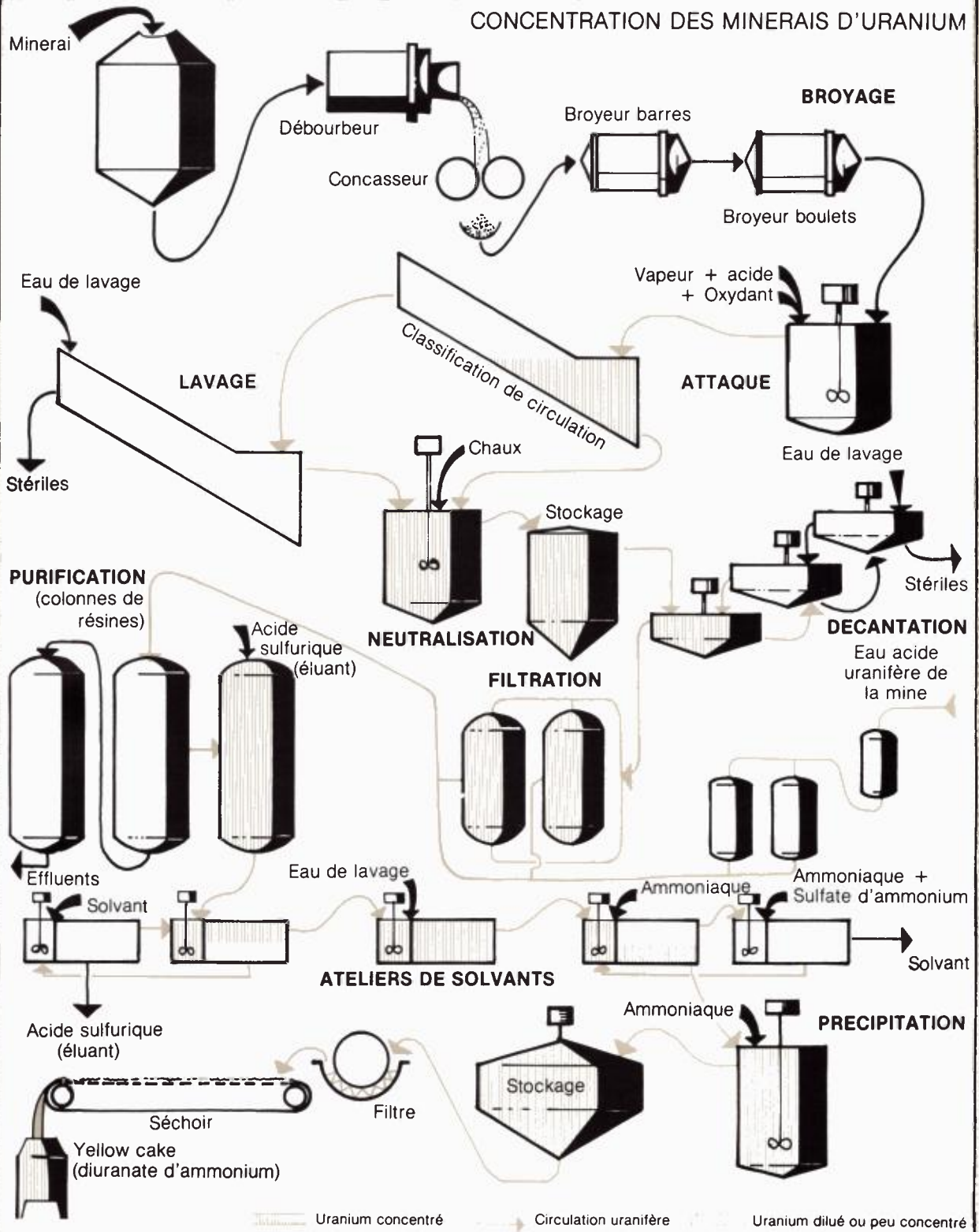
Ceci est réalisé par un procédé chimique qui permet de dissoudre entièrement l'uranium, après broyage très fin de tout le minerai, puis de le purifier par des échanges entre solutions aqueuses et solutions organiques, enfin de le précipiter sous forme d'un concentré solide de couleur jaune appelé « yellow-cake » qui

contient en moyenne 70 % d'uranium. La partie stérile du minerai est rejetée dans une boue très fluide que l'on laisse décanter dans un bassin situé au voisinage de l'usine et qui en constitue l'élément le plus encombrant (quelques hectares).

Pour les minerais les moins riches en uranium, entre 200 g et 500 g à la tonne, on utilise également une technique moins coûteuse pour récupérer l'uranium qu'ils contiennent. Il s'agit de la « lixiviation », qui consiste à former des tas de minerais que l'on arrose d'une solution acide. En s'infiltrant dans le minerai, elle dissout une partie importante de l'uranium qui s'y trouve inclus et que l'on récupère ensuite à la base du tas pour lui faire subir la suite du traitement dans l'usine (purification et précipitation). Ceci fournit alors un appoint à la production de concentré d'uranium provenant des minerais plus riches au moment de l'extraction, mais ne représente en moyenne que 2 à 3 % de l'uranium produit en France.

Une usine de concentration de taille moyenne, produisant 500 tonnes d'uranium par an sous

# CONCENTRATION DES MINERAIS D'URANIUM





1



2

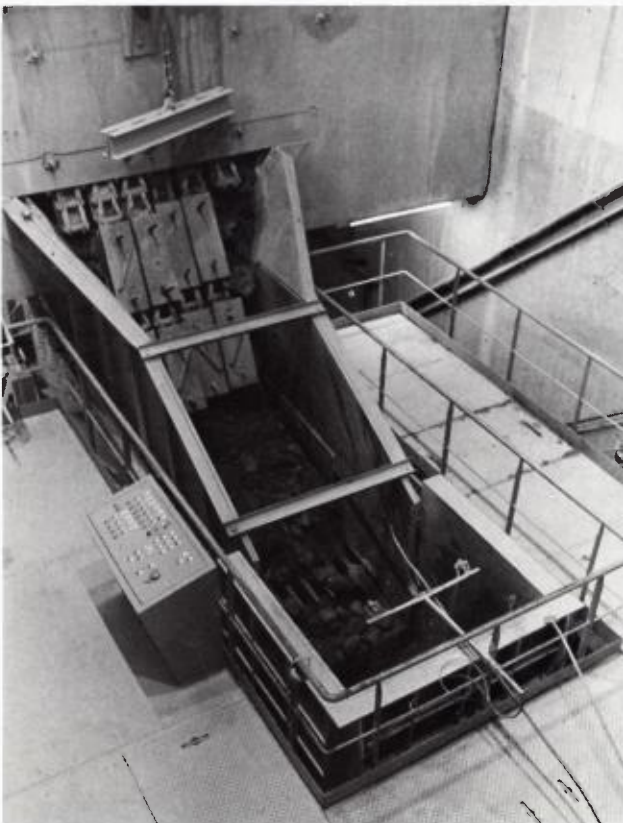


forme de concentré jaune, doit accueillir une quantité de l'ordre de 300 à 500 000 tonnes de minerai par an. Ceci représente un investissement de 50 millions de francs environ et un personnel de 100 à 150 personnes.

En France, il existe plusieurs usines de concentration du minerai d'uranium réparties dans les centres de production les plus importants (voir carte : question 22).

Il faut rappeler que le concentré d'uranium est un produit peu radioactif.

De plus, il s'agit ici d'uranium naturel, qui ne contient que 0,7 % d'uranium 235 fissile et 99,3 % d'uranium 238 non fissile. Après la production d'uranium sous forme de concentrés encore relativement impurs, plusieurs étapes sont nécessaires pour la fabrication de combustibles utilisables dans une centrale nucléaire (voir question 4).



*1 contrôle du poids et de la teneur du minerai à l'entrée de l'usine*

*2 stockage du minerai à Bessines*

*3 déchargement du minerai dans l'usine*

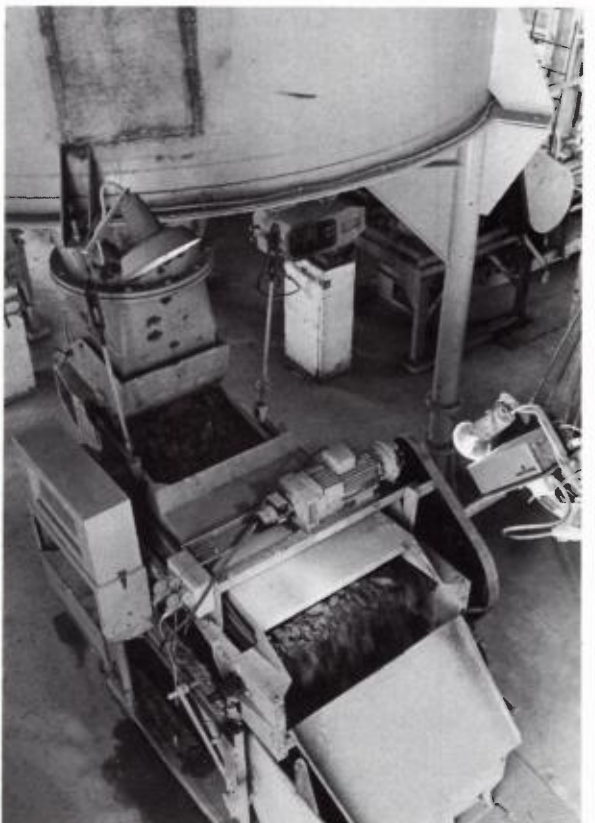
*4 triage du minerai*

*5 transport du minerai sur tapis roulant*

*6 arrivée du minerai dans le concasseur*

4

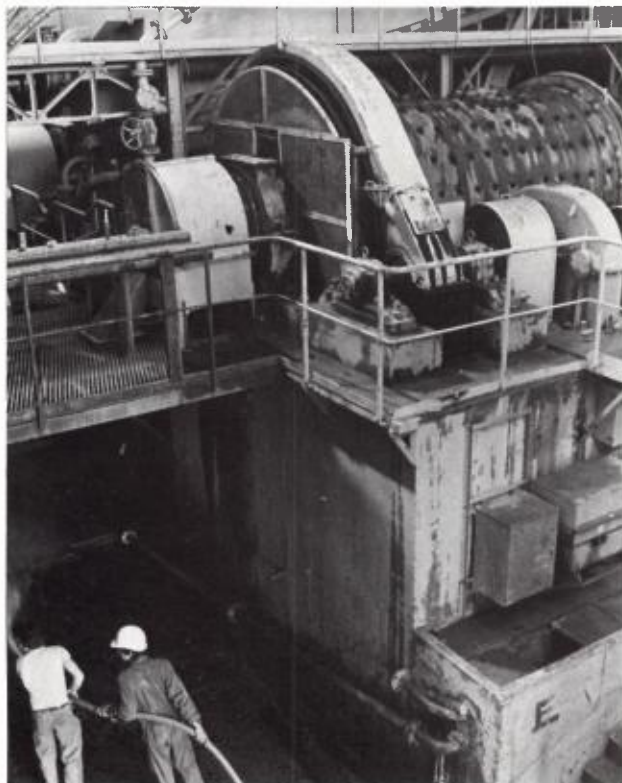
3



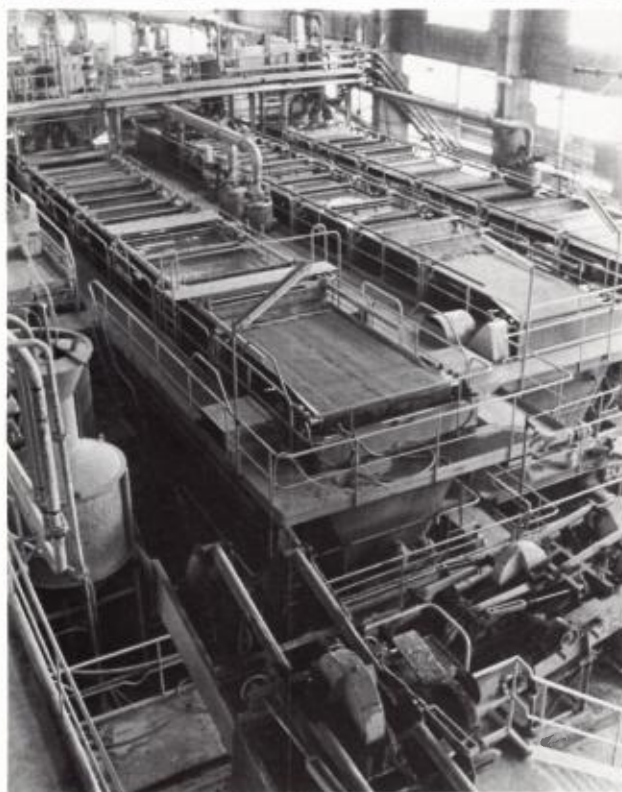
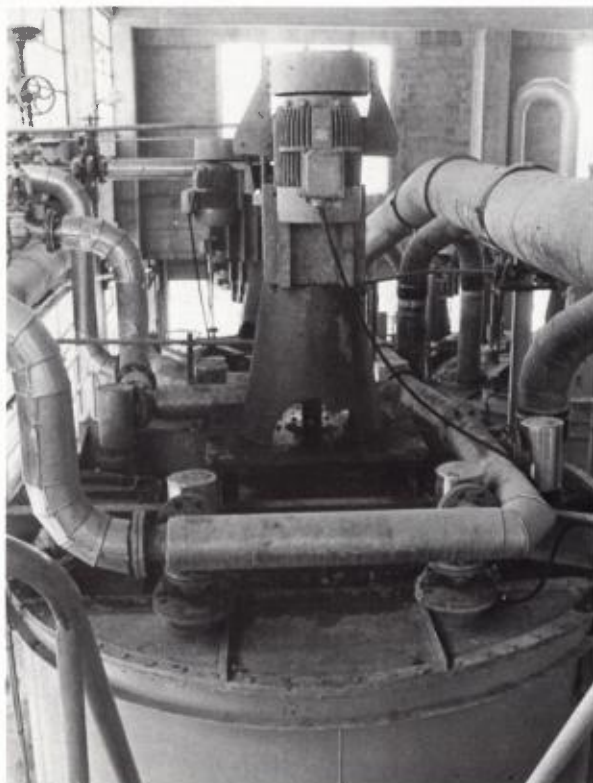
6



7

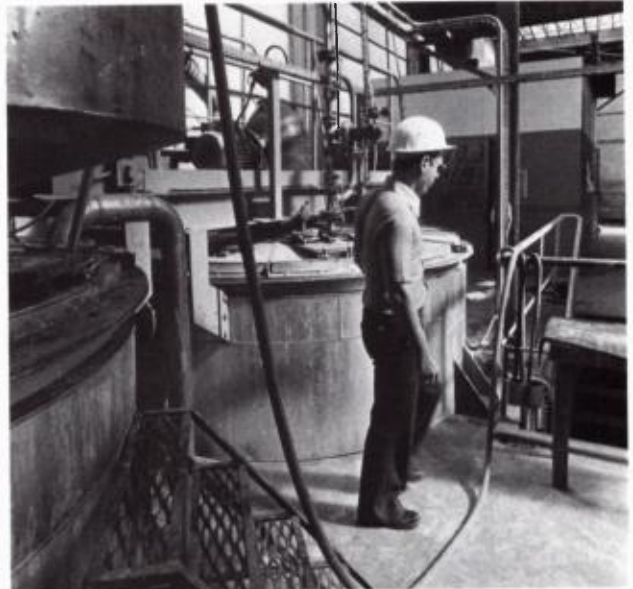


8



11

12



13

- 7 broyage
- 8 attaque du minéral à l'acide
- 9 cuve de stockage
- 10 vue de l'usine SIMO à Bessines : bacs de décantation
- 11 filtres à bande
- 12 solvants
- 13 cuve de précipitation



14



15

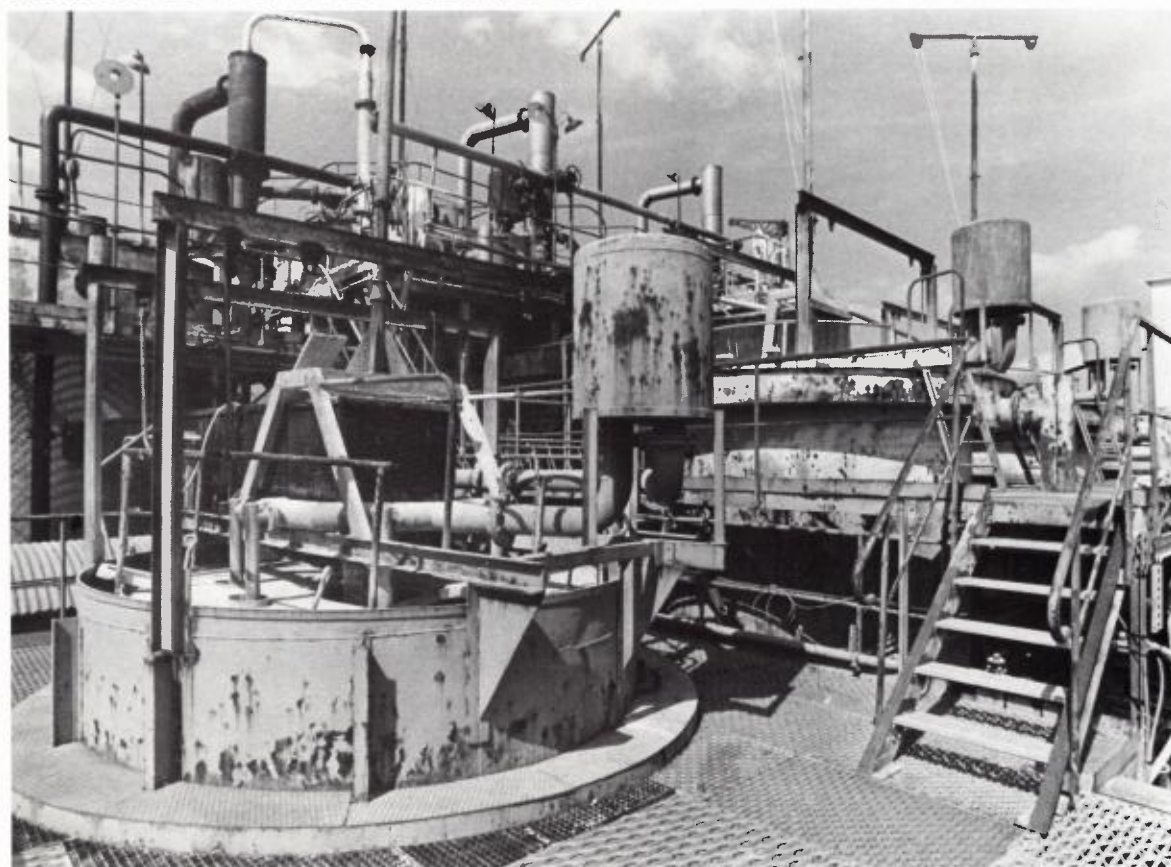


14 séchoir

15 containers d'uranate de magnésie

16 neutralisation des effluents

17 tas de minéral pauvre en cours de lixiviation



16



## Quelles sont les relations avec les propriétaires du sol ?

**D**ans le droit français, pour les substances de mines, il faut savoir que le propriétaire du sol n'est pas propriétaire du sous-sol.

Pour effectuer des travaux de recherches ou ouvrir une exploitation de mine, il convient de disposer d'un droit d'occupation du sol pour les terrains nécessaires aux installations de recherches ou d'exploitation correspondantes. Plusieurs possibilités se présentent alors :

- acquérir les terrains correspondants ;
- s'entendre avec leurs propriétaires pour la jouissance d'un droit d'occupation temporaire, moyennant une indemnisation normale à laquelle s'ajoute la réparation des dommages éventuels ;

- si l'intéressé bénéficie d'un titre minier, d'un permis exclusif de recherches (voir question 9) ou d'un titre d'exploitation (voir question 13), obtenir, en cas de désaccord avec le propriétaire, une autorisation d'occupation temporaire qui peut être octroyée dans certains cas très particuliers par le préfet, sur demande du titulaire du titre, appuyée de justifications précises. Dans le cas où une telle autorisation est accordée, le propriétaire peut alors exiger le rachat de son terrain et, en cas de désaccord, l'indemnité correspondante est fixée par le juge de l'expropriation <sup>(1)</sup> ;

(1) Références : articles 71 et suivants du Code Minier ; décret n° 70-989 du 29 octobre 1970.



– en dehors de tout titre minier et dans des circonstances exceptionnelles, demander, à défaut du consentement des propriétaires du sol, une autorisation du ministre chargé des Mines, le ministre de l'Industrie <sup>(2)</sup>.

Cependant le nombre de cas où une autorisation administrative est demandée en raison du désaccord du propriétaire du sol est extrêmement réduit.

Par contre, il est très fréquent de voir signer des conventions avec les propriétaires de la sur-

face, surtout pendant les travaux de recherches qui sont souvent de courte durée et ne sont que rarement suivis d'une installation plus durable ou d'une exploitation.

En outre dans tous les cas, à la fin d'une occupation temporaire, la remise en état des sols et des sites est effectuée dans les conditions prévues souvent dès la présentation de programmes de travaux, qu'ils soient de recherches ou d'exploitation, souterrains ou à ciel ouvert. Le propriétaire du sol reprend alors tous ses droits sur ses terrains réaménagés et libérés des contraintes minières (voir aussi question 24).

(2) Référence : article 7 du Code Minier et décret du 14 août 1923.



## Quels sont les effets sur l'environnement de l'exploitation d'un gisement d'uranium ?

**L**es effets que peut avoir sur l'environnement, l'exploitation d'une mine d'uranium sont tout à fait analogues à ceux de toute autre exploitation minière, auxquels il faut ajouter, bien entendu, les risques liés à la radioactivité du minerai d'uranium. Les conséquences communes à toute mine en exploitation sont dues soit à l'activité industrielle elle-même (bruits, poussières, trafic routier, rejets d'eaux), soit au caractère spécifique de l'activité minière (tirs de mines, modification du paysage, des eaux souterraines). Dans tous les cas examinés ci-dessous, des solutions peuvent être apportées pour supprimer, réduire ou compenser leurs aspects négatifs vis-à-vis de l'environnement. Les questions relatives à la radioactivité proprement dite seront traitées plus loin (voir question 21).

**Les bruits** les plus forts sont apportés en général par les moteurs des engins circulant dans une exploitation à ciel ouvert ou par les compresseurs et les ventilateurs d'une exploitation souterraine. Leur effet est aisément réduit par des écrans (talus, bâtiments...) ou des dispositifs appropriés (silencieux pour les ventilateurs, par exemple). Dans tous les cas l'éloigne-

ment les amortit assez rapidement, et à 500 mètres de distance les bruits d'une exploitation minière ne dépasseraient pas, même à leur niveau maximum, les normes fixées pour un établissement industriel en zone résidentielle, 45 décibels <sup>(1)</sup> pendant la journée et 35 décibels pendant la nuit.

Lorsque la nature du terrain et la méthode d'exploitation l'exigent, **des tirs d'explosifs**, permettant d'abattre le minerai avant de l'extraire, peuvent ébranler les environs à intervalles réguliers. Le plus souvent leur fréquence est assez réduite, et ils sont effectués à deux ou trois reprises au maximum, et pendant la journée seulement. Leurs effets dans le sol et dans l'air (vibrations et bruit) sont réduits par l'utilisation de plusieurs petites charges, espacées de quelques millièmes de secondes, à chaque tir.

**Des émissions de poussières** peuvent se produire pendant l'extraction du minerai, au cours de manipulations ultérieures ou à partir des dépôts de minerais ou de produits stériles.

(1) décibel - Unité utilisée pour la mesure d'un niveau sonore. Par exemple, une rue bruyante représente un niveau sonore de 80 décibels.

Cependant un certain nombre de précautions permettent de réduire ces inconvénients :

- par des dispositifs de capteurs de poussières ou de pulvérisateurs d'eau, les engins de foration fonctionnent avec une disparition pratiquement totale des poussières émises normalement :

- par un arrosage abondant du minerai abattu, les poussières sont stabilisées et éliminées des opérations d'extraction et de manutention ultérieures du minerai :

- par un choix judicieux (tenant compte des vents dominants) des emplacements des dépôts de minerai ou de produits stériles, ou des digues de sable des bassins de décantation des effluents de l'usine de concentration, lorsqu'il y en a une sur le même site, on limite les retombées des poussières, qui pourraient être soulevées par le vent, à l'intérieur du site de l'exploitation elle-même.

**Le trafic routier** n'est affecté par les engins utilisés pour l'exploitation elle-même que lors de leur déplacement éventuel d'un chantier à un autre. Il s'agit alors de convois exceptionnels. Par contre, les livraisons de matériel et les transports de personnel sont inévitables et fréquents. Il peut s'y ajouter, si le minerai n'est pas concentré sur place, les transports du

minéral par camion jusqu'à l'usine ou la gare de marchandises la plus proche. Les itinéraires sont alors établis, dans la mesure du possible, en évitant les agglomérations de façon à réduire les inconvénients pour les populations voisines. Pour une exploitation moyenne de 250 tonnes d'uranium par an, il s'agit au maximum de dix ou vingt chargements d'un gros camion par jour.

**Le milieu naturel** peut être perturbé par l'ouverture d'une exploitation minière, cependant ces effets sont limités au site de l'exploitation proprement dite et à ses voies d'accès, et s'atténuent dans la plupart des cas, lorsque le rythme d'exploitation régulier est atteint :

- la végétation reprend ses droits en quelques mois sur les talus ou les buttes formés par la terre végétale décapée au cours des premiers travaux, qui peuvent être d'ailleurs ensemençés et placés de telle sorte que les installations les plus importantes ou les plus bruyantes de l'exploitation soient masquées au moins partiellement. Au voisinage immédiat de l'exploitation, l'expérience montre (voir aussi question 20) que la végétation ou les cultures ne sont pas altérées ;

- le paysage subit quelques transformations importantes, du fait de l'implantation des instal-

*site de l'ancienne mine de Courmont*







*mine de l'Huis-le-Sarthe en cours d'exploitation en 1975*

lations de surface de la mine et des chantiers d'extraction. Dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert, le relief est profondément modifié. Ces excavations ainsi que les installations de surface de la mine peuvent être masquées par des rideaux d'arbres ou orientées de façon à ne pas trop altérer l'harmonie du paysage pendant la durée de l'exploitation. Dans tous les cas, à la fin de l'exploitation de la mine, une remise en état des sols et un remodelage éventuel du paysage sont exigés (voir question 24) ;

— les eaux, tant superficielles que souterraines, peuvent être affectées par l'exploitation d'une mine d'uranium. Ces questions sont traitées à part (voir question 19), car elles font l'objet de mesures particulières.

Toutes les conséquences prévisibles sur l'environnement de l'exploitation d'une mine d'uranium, y compris celles qui touchent au régime des eaux ou à la radioactivité, sont étudiées avant l'ouverture des travaux dans l'étude d'impact rendue obligatoire par la loi sur la pro-



*aujourd'hui la nature a repris ses droits à l'Huis-le-Sarthe*

tection de la nature du 10 juillet 1976 (voir aussi question 14). Ainsi sont prévues par l'exploitant ou imposées par l'Administration des mesures permettant de réduire, supprimer ou compenser les effets négatifs que pourrait avoir une mine d'uranium sur l'environnement.



## L'exploitation d'une mine d'uranium risque-t-elle de perturber le régime et la qualité des eaux ?

**L**e régime des eaux superficielles peut être modifié, s'il est nécessaire de dévier des cours d'eau pour permettre l'exploitation d'une partie du gisement ou le stockage de produits stériles dans une vallée. Les aménagements à réaliser sont étudiés avec les services de la Direction Départementale de l'Agriculture ou de l'Équipement, chargés de la mission de « Police des Eaux » <sup>(1)</sup>.

Ils sont limités, le plus souvent, à quelques centaines de mètres de longueur et les eaux détournées sont, dans tous les cas, restituées intégralement en aval des travaux.

**Le niveau des nappes souterraines**, lorsqu'elles existent, risque d'être abaissé de manière sensible par le pompage des eaux drainées par l'exploitation, qu'elle soit à ciel ouvert ou, surtout, souterraine. Ce pompage est bien sûr réduit au maximum par l'exploitant par colmatage des forages ou des galeries inutilisées par lesquels l'eau circule. Cependant il devient parfois nécessaire dans certains cas extrêmes, que l'exploitant assure lui-même momentanément le complément de fourniture d'eau par rapport au régime normal, pour l'irrigation ou les besoins de la population.

Dans des terrains granitiques, où il n'existe pas de nappes souterraines importantes, les risques d'assèchement ne concernent que les puits ou les sources directement alimentés par les nappes superficielles situées à proximité de l'exploitation et susceptibles d'être touchées par celle-ci.

Une étude géologique préliminaire peut prévoir l'importance de ces perturbations avant le début des pompages et prévoir également celles qui seront provisoires et celles qui seront durables, afin de leur trouver un remède adapté.

**La qualité des eaux de surface** peut être affectée par une pollution de nature physique, chimique, ou radiologique. Pour ces trois types de risques, la réglementation de la Police des Eaux <sup>(2)</sup> permet de fixer les quantités acceptables pour le rejet dans les rivières des eaux pompées dans la mine ou utilisées dans l'usine de concentration du minerai :

- pollution physique : la limite de concentration fixée pour les eaux potables est de 30 milligrammes de particules en suspension dans un litre d'eau. À la sortie de la mine, les eaux sont souvent chargées en particules solides, surtout après leur ruissellement en surface ou dans une mine à ciel ouvert ; leur concentration peut atteindre 20 ou 30 grammes de particules par litre d'eau. Des bassins de décantation sont nécessaires, avec parfois l'addition d'un produit destiné à faire tomber au fond les particules fines en suspension ; les eaux ayant retrouvé une qualité compatible avec le milieu extérieur peuvent ensuite être rejetées, et les boues recueillies sont envoyées à l'usine de concentration du minerai.

- pollution chimique : à la sortie de la mine, il pourrait arriver que les eaux soient légèrement acides, lorsqu'elles ont traversé des terrains contenant de l'uranium. En général, pourtant, on n'observe pas d'augmentation sensible de l'acidité des eaux entre l'amont et l'aval de la mine, dans les régions granitiques comme le Massif Central.

Si certaines eaux sont particulièrement acides, elles sont aussi chargées en uranium, et sont alors collectées pour être traitées ou recyclées dans une installation spéciale afin de récupérer l'uranium qu'elles contiennent.

Les eaux sortant de l'usine de concentration du minerai sont dépourvues de produits toxiques, mais riches en sels dissous, que les techniques

(1) Décret du 1<sup>er</sup> août 1905.

(2) Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964. Décrets N° 77-1094 du 15 décembre 1967 et n° 73-218 du 23 février 1973. Arrêtés du 13 mai 1975.



actuelles ne parviennent pas à éliminer totalement. Elles doivent donc être suffisamment diluées pour satisfaire aux normes fixées. C'est pourquoi la présence d'un cours d'eau à débit suffisant est un des éléments du choix du site de l'usine de concentration du minerai.

— pollution radiologique : il peut s'agir de quantités d'uranium contenues dans les eaux venant de la mine ou de radium dissous dans l'eau sortant de l'usine de concentration après récupération de l'uranium. Ces deux éléments se trouvent déjà à l'état naturel, surtout dans les régions granitiques comme le Massif Central, dans les eaux souterraines ou les rivières, à des concentrations parfois importantes. Ainsi la teneur en uranium est de 2 à 3 millièmes de gramme par litre dans l'eau de mer, de 1 millionième de gramme par litre dans l'eau douce, mais de 200 millièmes de gramme (soit 0,2 mg) par litre dans les eaux d'une région granitique. La norme admise pour l'uranium dissous dans l'eau de boisson est de 1,8 mg par litre. Pour le radium, la teneur moyenne d'une eau douce est de 0,1 pCi <sup>(3)</sup> par litre, celle des rivières du Massif Central est de 5 pCi par litre et la norme fixée pour le radium dissous dans l'eau servant à l'alimentation est de 10 pCi par litre.

Dans une exploitation de mine d'uranium, les

(3) Le pCi (pico Curie) est une unité de radioactivité qui correspond à la désintégration de 1 picogramme de radium 226, soit 1 millionième de millionième de gramme de radium 226.

#### *vue du puits de Margnac*



eaux chargées d'un excès d'uranium par rapport à la norme fixée ne sont pas rejetées dans les cours d'eau, mais subissent un traitement spécial qui permet de récupérer l'uranium dissous et de réduire en même temps leur acidité excessive par addition de chaux.

Les eaux venant de l'usine de concentration du minerai, chargées en radium, sont également envoyées dans une station d'épuration où le radium est rendu insoluble par addition de chlorure de baryum, avant d'être rejetées. L'expérience montre que ces précautions ont toujours permis le respect des concentrations admises pour les eaux de boisson à l'aval des exploitations minières d'uranium et que, la plupart du temps, les concentrations obtenues n'étaient pas supérieures à celles que l'on rencontre naturellement dans une région granitique.

Pour les trois types de pollution étudiés ci-dessus, des contrôles sont effectués sur des prélèvements continus réalisés en amont et en aval des points de rejet d'eau des exploitations minières, assurant ainsi une surveillance permanente du maintien de la qualité des eaux.

**La qualité des eaux souterraines** peut être affectée par une pollution chimique provenant du lessivage par les eaux de pluie des aires de stockage.

Cette pollution, la plupart du temps sans conséquence pour le milieu, doit néanmoins par simple précaution être contrôlée par des dispositifs ou des mesures adéquates.



## L'exploitation d'une mine d'uranium peut-elle nuire à la qualité des produits agricoles ?

**L'**exploitation d'une mine d'uranium n'apporte pas de nuisances pouvant altérer la qualité des productions agricoles avoisinantes.

En effet, les seuls risques qu'elle pourrait entraîner seraient les retombées de poussières et la pollution des eaux utilisées pour l'irrigation, ainsi que leurs effets radiologiques, et l'expérience montre que ces risques sont parfaitement maîtrisés par l'emploi de méthodes d'exploitation et de contrôle appropriées.

- En ce qui concerne **les poussières** (voir aussi question 18), leurs retombées sont strictement limitées au site de l'exploitation elle-même par l'arrosage du minerai abattu et le choix des emplacements des dépôts de minerais ou de roches stériles en fonction de la direction du vent. Dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert, aucun empoussièrément n'est à craindre pour les cultures réalisées sur les terrains situés à quelques centaines de mètres seulement. Dans le cas d'une exploitation souterraine, il est possible de continuer à cultiver les terrains même situés au-dessus du gisement, en dehors du périmètre occupé par les installations de surface de la mine et des zones mena-

cées d'affaissement, pendant l'exploitation elle-même, les émissions de poussières restant encore plus localisées.

- Pour les risques de **pollution des eaux** (voir aussi question 19), des traitements particuliers permettent de réduire leur concentration en particules solides, éléments chimiques dissous ou produits radioactifs en-deçà des normes admissibles, de telle sorte que leur utilisation tant pour l'irrigation que pour les besoins des hommes (boisson notamment) est rendue possible sans aucun danger.

D'une manière générale, des contrôles sont obligatoirement effectués régulièrement autour des exploitations de mine d'uranium, par l'exploitant ou, à sa demande, par le Département de Protection de l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaires (I.P.S.N.). Par ailleurs, le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (S.C.P.R.I.) est chargé, au ministère de la Santé, de surveiller en permanence, et sur tout le territoire national, la présence et la concentration des éléments radioactifs dans toute la chaîne alimentaire et de garantir la protection des produits agricoles vis-à-vis des risques éventuels de pollution radiologique.



## Les exploitations d'uranium entraînent-elles des risques liés à la radioactivité pour les travailleurs et la population ?

**L**es risques radioactifs liés à l'exploitation d'une mine sont de trois types :

- l'irradiation externe provenant de rayonnements issus des minerais,

- l'irradiation interne résultant de l'inhalation de poussières de minerai et du radon, gaz radioactif qui se dégage en permanence, ainsi que de ses dérivés,



— la contamination par les produits radioactifs contenus dans les eaux.

### L'irradiation externe

Dans le cas de l'uranium naturel, qui est lui-même peu radioactif mais qui donne naissance, dans une proportion stable, au radium plus radioactif, l'irradiation est proportionnelle à la teneur en uranium du minerai et elle décroît rapidement en fonction de la distance de la source d'émission des rayonnements et de l'épaisseur des écrans (eau, terre, roche stérile) interposés entre celle-ci et le point de mesure.

Le risque d'irradiation externe par le minerai en place ne concerne donc que le personnel d'exploitation, et n'est sensible qu'en présence de minerais riches. Les conditions de travail en tiennent compte en évitant tout séjour inutile près des zones minéralisées en limitant les durées d'exposition. L'exploitant met en œuvre des méthodes de mesure et de contrôle maintenant classiques qui permettent de surveiller les doses d'irradiation reçues par le personnel et de les maintenir dans les limites fixées par la réglementation <sup>(1)</sup>.

En ce qui concerne les stockages extérieurs, seuls des minerais extrêmement riches pourraient localement créer des problèmes : avec une teneur de 1 % (pour une moyenne de 1 à 2 ‰ pour les minerais français), un travailleur n'atteindrait la dose maximale admissible <sup>(2)</sup> qu'en restant en permanence à moins de 3 mètres de distance du stockage. Par contre pour la population située en dehors du périmètre de l'exploitation, la dose d'irradiation reçue est toujours négligeable, inférieure à celle que crée un poste de télévision fonctionnant une heure par jour par exemple.

### L'irradiation interne

Elle peut être causée par les poussières de minerai mises en suspension dans l'air, poussières qui contiennent tous les éléments dérivés de l'uranium, et surtout par le radon et ses descendants. Ce gaz radioactif se forme au sein de la roche à partir du radium. Le radon diffuse dans l'air contenu dans les porosités du sol et les interstices entre les blocs de minerai, ou est libéré au cours de l'extraction et se dégage dans l'atmosphère. On en trouve, d'ailleurs,

dans de nombreuses exploitations minières, notamment les mines de charbon, en dehors des exploitations d'uranium.

Les études réalisées, notamment sur la base des connaissances acquises depuis un siècle par l'exploitation des mines de Bohême et plus récemment sur les mineurs de certaines mines d'uranium dans lesquelles les moyens de protection et de contrôle étaient suffisants, ont montré que les produits de filiation du radon pourraient, à un niveau élevé de concentration, entraîner une augmentation de la fréquence d'apparition du cancer du poumon tout particulièrement chez les fumeurs. Il semble cependant acquis que ces effets nocifs ne seraient vérifiés que pour des concentrations élevées, largement en dessous desquelles se situent les normes <sup>(1)</sup> prescrites tant pour les travailleurs que pour la population.

Pour réduire les risques d'irradiation interne pour les travailleurs, l'exploitant est amené à mettre en œuvre des moyens destinés à maintenir la concentration du radon et des poussières à un niveau très faible. Ces moyens consistent à limiter les causes de dégagement par le traçage des galeries d'accès aux chantiers dans les roches stériles, à évacuer le radon par un aérage suffisant évitant le recyclage, à forer sous injection d'eau et à arroser le minerai abattu. Une surveillance très fréquente de la concentration de l'air en radon ainsi que la mesure des risques d'irradiation interne par les poussières sont effectuées dans chaque chantier.

### La contamination des eaux

La question 19 traite complètement ce point. Une surveillance stricte de la concentration en uranium et en radium, assortie d'un traitement approprié des eaux, suffit à limiter la teneur de l'eau à des valeurs inférieures aux normes fixées pour les poissons qui circulent en aval des rejets d'une exploitation minière d'uranium.

Quant aux risques apportés à la population avoisinante, ils proviennent :

— des rejets de l'air en provenance de la mine. S'il s'agit d'une mine souterraine, cet air se dilue dans l'atmosphère à la sortie des aérateurs, de ce fait il n'a plus qu'une teneur très faible en produits radioactifs ;

— des stocks de minerai ou de stériles : leur degré d'humidité est suffisant pour éviter l'émission de poussières radioactives (voir aussi question 18) ;

(1) Réf. Circulaire DM/H n° 119 du 4 mars 1965.

(2) Dose maximale admissible : limite en-dessous de laquelle la probabilité que l'irradiation entraîne un effet dommageable est nulle ou suffisamment faible pour être acceptable.

– des bassins de décantation des eaux sortant des usines de concentration du minerai (voir question 19) ;

– des produits agricoles consommés (voir question 20).

Les mesures réalisées sur les exploitations minières d'uranium en activité montrent que

même à faible distance, les risques d'irradiation et de contamination sont toujours négligeables.

Dans tous les cas, il faut noter que les quantités de produits radioactifs mises en jeu sont peu importantes par rapport à celles qui existent naturellement dans les terrains avoisinants et provoquent l'irradiation naturelle.



## Que représente l'industrie minière de l'uranium en France aujourd'hui ?

**E**n France, l'essentiel des ressources connues en uranium se répartit à l'intérieur ou à la périphérie du Massif Central. L'uranium y apparaît soit dans des filons liés à des granites (Nord Limousin, Forez, Lozère, Morvan...) soit dans des terrains sédimentaires de la fin de l'ère primaire ou permien (Hérault, Bourbonnais...).

Un autre district important est celui de Vendée et dans une moindre mesure la Bretagne, en ce qui concerne les gisements filoniens.

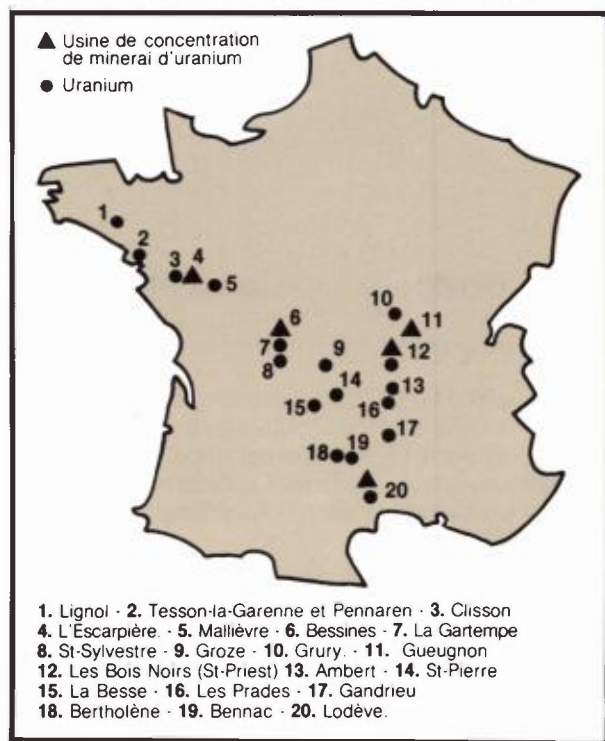
De plus, parmi les sujets nouveaux de prospection, il y a lieu de signaler les formations gréseuses du tertiaire inférieur (Nord et Sud-Est du Bassin Aquitain).

De l'origine jusqu'à fin 1977 la France a produit environ 27 500 tonnes d'uranium à partir des mines de son territoire national, pour un total mondial de l'ordre de 500 000 tonnes, soit environ 5 %. Sa production en 1978 a été d'environ 2 200 tonnes ce qui place notre pays au 4<sup>e</sup> rang des producteurs mondiaux, après les Etats-Unis, le Canada, l'Afrique du Sud.

Les principaux centres de production de concentrés d'uranium actuellement actifs sont (voir carte) :

- les divisions minières de la COGEMA :
  - la Crouzille (Nord Limousin) assortie d'une usine à Bessines dont la capacité <sup>(1)</sup> annuelle va être portée de 1 200 tU à 2 200 tU <sup>(2)</sup> ;

## EXPLOITATION DE MINERAIS D'URANIUM



(1) La capacité indiquée ici est le maximum de production théorique et n'est pas atteinte dans la pratique, en raison des variations de la teneur du minerai extrait, en particulier. C'est ce qu'indique la différence entre production réelle et capacité totale de production.

(2) tU = tonne d'uranium contenu dans les concentrés.



- le Forez (Bois Noirs) avec une usine de capacité de 500 tU/an, à St-Priest ;
- la Vendée, avec une usine de capacité de 700 tU/an, à l'Ecarpière ;
- l'Hérault où la COGEMA mettra en exploitation à partir de 1980 le gisement de Lodève, avec une usine dont la capacité devrait atteindre 1 000 tU/an.

- l'exploitation de la Compagnie Française des Minerais d'Uranium (CFMU du groupe IMETAL), au Cellier (Lozère) avec une usine de 150 tU/an, à Langogne ;

- la nouvelle usine de la SCUMRA (filiale de MINATOME) à St-Pierre-du-Cantal (Cantal) avec une capacité de 100 tU/an ;

- l'exploitation de la Société DONG TRIEU à Mailhac-sur-Benaize (Haute-Vienne) avec une usine dont la production devrait être de 200 tonnes en 1979 et dont la capacité atteindra 550 tU/an à partir de 1982.

Au cours des prochaines années, le centre de production du Forez de la COGEMA sera fermé

(vers 1981) par suite de l'épuisement des réserves.

Par contre la SCUMRA devrait mettre en exploitation ses gisements de l'Aveyron dans les années qui viennent, avec une nouvelle usine de capacité de production de 200 tU/an à partir de 1982.

Les effectifs consacrés en France à la prospection et à l'exploitation minières de l'uranium étaient en janvier 1978 de plus de 2 700 personnes réparties entre :

– Ingénieurs	230
– Techniciens et employés	780
– Ouvriers	1 714

auxquelles il convient d'ajouter environ 300 personnes employées dans les usines de concentration du minerai.

Ceci représente une part importante (25 %) du nombre d'emplois liés directement au secteur minier des substances minérales excluant le fer et le charbon.



## Qu'apporte l'exploitation d'une mine d'uranium à l'économie locale ?

**L'**exploitation d'un gisement d'uranium, au même titre que toute exploitation minière apporte à l'économie locale des avantages qui pour l'essentiel concernent l'emploi, la sous-traitance, les redevances communale et départementale.

Pour fixer un ordre de grandeur, il faut savoir qu'une mine moyenne ouverte en France représente entre 50 et 100 MF d'investissements et amène la création de 50 à 150 emplois. Bien entendu, ce chiffre peut aller jusqu'à plusieurs centaines si l'importance du gisement le justifie.

En outre, si cela s'avère nécessaire, en raison des difficultés ou du coût du transport du minerai vers une usine existante ou du manque de capacité suffisante de concentration à proxi-

mité du gisement, l'exploitation peut être doublée d'une usine de concentration du minerai : les effectifs se trouvent dans pareil cas majorés d'au moins 50 %. L'essentiel de la main d'œuvre est recruté localement.

En dehors des emplois créés directement par l'ouverture de la mine, dans le domaine de la sous-traitance, les entreprises locales bénéficient au moment du démarrage de l'exploitation et tout au long de la vie de la mine, de contrats pouvant atteindre plusieurs millions de francs. Il peut s'agir de travaux de construction, de réparation, d'entretien dans des domaines qui concernent toute une série de corps de métiers : maçonnerie, menuiserie, mécanique, chaudronnerie, tuyauterie, robinetterie, électricité, contrôle et régulation etc.

A cela s'ajoutent les prestations des entreprises de travaux publics, de transports, de restauration... Cet apport d'activités nouvelles entraîne évidemment des retombées sur le commerce local, sur la construction et l'hôtellerie.

Enfin, au titre des redevances locales, en plus de celles qui découlent des taxes foncières, il faut ajouter les redevances minières <sup>(1)</sup>.

Les exploitations minières, dont la valeur locale des installations serait d'ailleurs difficile à déterminer, ne sont pas soumises, en effet, au paiement de la taxe professionnelle. Des redevances particulières aux mines, proportionnelles aux tonnages extraits, leur sont appliquées. Il s'agit, d'une part, d'une redevance départementale, qui représente environ 16 % du total, et d'une redevance communale qui est la plus importante. Le produit total de la redevance communale est ensuite réparti entre les com-

munes intéressées, c'est-à-dire celles où se trouvent le gisement lui-même (10 %), l'implantation de l'exploitation proprement dite (35 %) ou les logements du personnel de la mine (55 % regroupés dans un fonds national).

La redevance communale, dont le taux est révisé automatiquement chaque année, est en 1979 de 858 F à la tonne d'uranium extraite en 1978, ce qui correspond à un montant total de 215 000 F par an à répartir entre différentes communes pour une exploitation moyenne de 250 t d'uranium par an. A cela s'ajoute la redevance départementale qui est en 1979 de 172 F à la tonne d'uranium extraite.

Une réévaluation importante du taux de la redevance minière devrait intervenir prochainement, selon les propositions du ministre de l'Industrie présentées lors du vote de la réforme du Code Minier par le Parlement en juin 1977.

Les redevances minières perçues par les communes s'ajoutent aux taxes foncières déjà mentionnées.

(1) Référence : Code Général des Impôts art. 1502 à 1504 et 1588 à 1590.



## Que se passe-t-il à la fermeture d'une mine ?

### Les raisons de la fermeture

**U**ne exploitation minière peut être amenée à cesser son activité soit pour des raisons techniques, parce que les réserves de minerai sont épuisées, ou parce que le minerai restant n'est plus exploitable (nature différente, teneur plus basse ou difficultés techniques d'extraction), soit pour des raisons économiques, parce que les coûts d'exploitation ont trop augmenté ou parce que les prix de vente ont baissé ou moins augmenté que les coûts. Ce dernier cas peut se produire pour l'uranium comme pour toutes les substances minières, et amène à retarder la mise en exploitation de certains gisements, comme pour l'uranium vers la fin des années 60, ou à fermer des exploitations existantes, comme pour le tungstène au début des années 60.

### La procédure réglementaire <sup>(1)</sup>

Du point de vue réglementaire, une fermeture de mine est soumise à une procédure particulière : l'exploitant doit établir un dossier de déclaration d'abandon avant l'arrêt définitif de l'exploitation. Alors, le Directeur Interdépartemental de l'Industrie est chargé d'instruire le dossier ; il consulte obligatoirement le Conseil Municipal de la commune intéressée, et demande à l'exploitant de prendre des mesures de protection contre les nuisances qui pourraient découler de cette fermeture. Par exemple, dans le cas d'une mine souterraine, il fait remblayer certaines galeries restées ouvertes, s'il est indispensable de soutenir les terrains supérieurs, ou simplement fermer les puits et

(1) Code minier art. 83 et 84.

Décret n° 72-645 du 4 juillet 1972, notamment son art. 11.





*mine de Champigny lors de son exploitation*

*mine de Champigny aujourd'hui*



orifices qui permettraient au public de pénétrer par accident dans la mine. Par contre, pour une mine à ciel ouvert, ou pour les terrils importants, un plan de réaménagement complet est mis en œuvre, comme pour une carrière, créant alors un espace boisé ou cultivable qui s'insère dans le site naturel. En outre, certaines installations de surface (usines, atelier...) sont entièrement démontées pour être réutilisées par l'exploitant ou revendues.

### La protection de l'environnement

En matière d'environnement, pour les nouveaux projets dont la durée de vie prévue est assez courte, ces mesures pourront désormais être étudiées dès l'ouverture des travaux dans l'étude d'impact qui doit être jointe au dossier d'ouverture d'exploitation de la mine. Dans tous les cas, lorsque les travaux d'abandon de la mine sont de nature à porter atteinte à l'environnement, une étude d'impact sera exigée avant leur réalisation, comme pour les travaux importants de recherches ou d'exploitation.

Ainsi, les conséquences sur l'environnement seront plus étroitement surveillées de l'ouver-

ture à la fermeture et, d'avance, leur remède sera proposé par l'exploitant et mis en œuvre avant l'abandon définitif.

### Après la mine

Lorsque les mesures nécessaires ont été prises afin de préserver l'environnement, la salubrité et la sécurité publiques, l'exploitant est déchargé de ses responsabilités et l'espace autrefois consacré à la mine redevient espace public ou privé, où l'utilisation du sol est désormais libre de toute contrainte liée à la réglementation minière.

La plupart du temps la fermeture d'une mine est une opération moins radicale et donne lieu à l'abandon des sites d'exploitation au fur et à mesure de l'avancement des travaux sur d'autres parties du gisement. Ainsi la remise en état d'une mine à ciel ouvert de grandes dimensions s'effectue tout au long de son exploitation, l'ouverture se déplaçant progressivement et laissant la place à un terrain remodelé et replanté immédiatement après la fin de chaque tranche d'extraction du minerai.



### Comment en savoir plus ?

**T**rois centres d'information sont ouverts au public : on peut y consulter une collection complète de documents techniques émanant de l'Administration, des établissements publics et d'organismes internationaux et traitant de sujets aussi divers que l'économie, la mécanique, le génie civil, la thermodynamique, la radiologie.

- Centre de Documentation sur la Sécurité Nucléaire  
Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire  
CEN/FONTENAY-AUX-ROSES  
60-68, avenue du Général Leclerc  
B.P. n° 6 - 92260 FONTENAY-AUX-ROSES  
Tél. : 657.13.26
- Institut National des Sciences et Techniques

Nucléaires (I.N.S.T.N.) CEN/SACLAY  
B.P. n° 6 - 91190 GIF-SUR-YVETTE  
Tél. : 941.80.00

- Centre de documentation EDF,  
29, avenue de Messine. Tél. : 764.56.40.  
Documentation fournie sur demande.

**Le document de référence** sur l'équilibre entre production et consommation de l'uranium dans le monde est le rapport intitulé « Uranium-Ressources, production, demande », établi périodiquement par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique et l'Agence de l'Energie Nucléaire de l'O.C.D.E. dont la dernière publication date de décembre 1977 et sera remise à jour à la fin de 1979. Ce rapport peut être obtenu directement auprès de l'Agence de



L'Energie Nucléaire de l'O.C.D.E., 2, rue André-Pascal, 75016 PARIS - Tél. : 524.82.00, ou consulté dans tous les centres d'information.

### **Des documents d'information sur l'énergie sont publiés par le Gouvernement :**

- par le service d'information et de diffusion « L'Energie nucléaire, données techniques, économiques, écologiques » ;

- par le ministère de l'Industrie : les « Dossiers de l'Énergie », série de documents traitant de l'ensemble des problèmes relatifs à la situation de l'énergie en France et dans le Monde. Au 1<sup>er</sup> juillet 1979, 19 dossiers ont été publiés :

- Rapports de la Commission Consultative pour la Production d'Électricité d'origine Nucléaire (4 tomes).

- Documents sur la politique énergétique O.C.D.E. – C.E.E. – Conseil Économique et Social Français.

- Rapport du Gouvernement Suédois sur l'implantation de centrales nucléaires en Suède.

- La sûreté nucléaire en France.

- Projet Rasmussen « Étude de la Sûreté des Réacteurs ».

- Rapport d'orientation sur la Recherche-Développement en matière d'énergie.

- Rapport de la Commission de l'Énergie sur les orientations de la politique énergétique.

- L'avenir du charbon.

- Rapport de la Commission de la production d'électricité d'origine hydraulique et marémotrice.

- Économies d'énergie pour la conception des voitures particulières.

- Les économies d'énergie.

- Rapport de la Commission d'étude pour l'utilisation de la chaleur.

- L'industrie électronucléaire française.

- L'Hydrogène.

- Les technologies pétrolières marines.

- Économies d'énergie dans l'industrie.

- La conférence internationale sur l'énergie d'origine nucléaire et son cycle de combustible.

- Rapport sur la Recherche-Développement en matière d'énergie.

- Récupération assistée des hydrocarbures.

Les « Chiffres-clés de l'énergie » sont également publiés chaque année à l'initiative de la Délégation Générale à l'Énergie devenue Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières.

Ces documents peuvent être obtenus à la Documentation Française - 29-31, Quai Voltaire, PARIS 7<sup>e</sup>.

Dans la collection « 25 Questions - 25 Réponses » ont été publiés :

- l'énergie nucléaire,

- le projet de la centrale nucléaire de CATTE-NOM,

- le projet de la centrale nucléaire de BELLEVILLE/LOIRE,

- Surrégénérateur. Le projet Superphénix à CREYS-MALVILLE,

- le projet de la centrale nucléaire de SAINT-ALBAN/SAINT-MAURICE,

- le projet de la centrale nucléaire de FLA-MANVILLE,

- le projet de la centrale nucléaire de NOGENT/SEINE,

- le projet de la centrale de PENLY,

- le projet de la centrale nucléaire de GOL-FECH,

- le retraitement - LA HAGUE,

- l'énergie nucléaire dans le monde,

- le projet de la centrale de PLOGOFF.

### **Textes législatifs et réglementaires :**

Certains textes sont publiés en fascicule séparé par les Journaux Officiels - 26, rue Desaix, 75732 PARIS CEDEX 15.

- Code Minier - fascicule rouge (1978).

- Droit du Sous-Sol et des Mines - fascicule n° 1187 (1976).

- Règlement Général sur l'exploitation des Mines et des Carrières - fascicule n° 1127 (1973).

Ces deux derniers fascicules contiennent les décrets d'application du Code Minier, dont la modification devrait intervenir prochainement, après la réforme introduite par la loi du 16 juin 1977, en vue d'une meilleure prise en compte des considérations d'environnement, et notamment des notices et études d'impact instituées par la loi sur la Protection de la Nature du 10 juillet 1976.

- En ce qui concerne la protection de l'environnement, il faut ajouter :

- protection de la nature : Loi n° 76-629 du

10 juillet 1976, décret n° 72-1141 du 12 octobre 1972.

- Police des Eaux : Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964, décrets n° 64-1094 du 15 décembre 1967 et n° 73-218 du 23 février 1973, décret du 1<sup>er</sup> août 1905.

— Toute question relative aux aspects législatifs ou réglementaires de la prospection et l'exploitation des mines d'uranium peut être adressée par écrit au Bureau de Législation - Services des Matières Premières et du Sous-Sol - Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières, ministère de l'Industrie - 99, rue de Grenelle - 75007 PARIS.

**Les Directions Interdépartementales de l'Industrie** sont les représentantes locales des administrations centrales tant de l'Industrie que de l'environnement industriel. Aussi sont-elles compétentes sur tous les sujets relatifs aux mines d'uranium évoqués dans cet ouvrage et peuvent-elles être consultées pour toute question les concernant :

#### ALES

6, avenue de Clavières  
30107 ALES CEDEX  
Tél. (66) 30.78.00

#### AMIENS

44, rue Alexandre-Dumas  
80026 AMIENS CEDEX  
Tél. (22) 95. 23.21

#### BORDEAUX

26, cours Xavier-Arnozan  
33076 BORDEAUX CEDEX  
Tél. (56) 44.88.40

#### CAEN

27, rue Saint-Ouen - Résidences Héлитas  
14039 CAEN CEDEX  
Tél. (31) 74.64.81

#### CLERMONT-FERRAND

15, rue Fontgièvre  
63000 CLERMONT-FERRAND  
Tél. (73) 37.23.13

#### DIJON

Cité Administrative Dampierre  
6, rue Chancelier de l'Hôpital  
21034 DIJON CEDEX  
Tél. (80) 43.81.12

#### DOUAI

941, rue Charles-Bourseul  
B.P. 838  
59508 DOUAI CEDEX  
Tél. (20) 87.16.14

#### LYON

11, rue Curie  
69456 LYON CEDEX  
Tél. (78) 52.25.03

#### MARSEILLE

37, bd Périer  
13295 MARSEILLE CEDEX 2  
Tél. (91) 53.92.33

#### METZ

1, rue Eugène-Schneider  
57045 METZ CEDEX  
Tél. (87) 30.02.81

#### NANTES

cap 44  
3, rue Marcel-Sembat  
44049 NANTES CEDEX  
Tél. (40) 73.74.70

#### ORLÉANS

43, avenue de Paris  
45000 ORLÉANS  
Tél. (38) 62.10.32

#### PARIS

152, rue de Picpus  
75012 PARIS  
Tél. 344. 33.30

#### RENNES

2, quai Richemont  
35000 RENNES  
Tél. (99) 30.96.02

#### ROUEN

68-70, Rampe Bouvreuil  
76037 ROUEN CEDEX  
Tél. (35) 98.21.66

#### STRASBOURG

6, rue d'Ingwiller  
67082 STRASBOURG  
Tél. (88) 32.56.02

#### TOULOUSE

Cité Administrative  
Boulevard Armand-Duportal  
31074 TOULOUSE CEDEX  
Tél. (61) 23.11.50



*Ce document a été conçu et réalisé  
avec l'aimable concours des services  
de la Direction Générale de l'Énergie  
et des Matières Premières  
du Ministère de l'Industrie*

Conception — réalisation

**Sofedir**

Société Française d'Éditions et d'Informations Régionales  
36, avenue du 1<sup>er</sup> Mai - 91120 PALAISEAU  
Tél. : 930.27.11

Photographies : B. Allard - P. Jahan - Minatome  
Photothèque E.D.F. - Photothèque Groupe TOTAL

© Copyright SOFEDIR

Tous droits de reproduction interdits France et étrangers

Dépôt légal : 4<sup>e</sup> trimestre 1979

Imprimé en France