

LES CAHIERS DE  
« EAU ET RIVIÈRES DE BRETAGNE »

# L'EAU L'URANIUM ET LA SANTÉ

N° 4 — Mars 1987  
Supplément à la revue « Eau et Rivières de Bretagne »  
1 impasse Camille Pelletan  
56100 LORIENT  
C.P.A.P. n° 52518

**30 Francs**

## « EAU et RIVIÈRES de BRETAGNE - A.P.P.S.B. »

Créée en 1969, afin de protéger les Salmonidés (saumons et truites) qui sont des poissons particulièrement sensibles à la dégradation des rivières, l'Association « Eau et Rivières de Bretagne — A.P.P.S.B. » a peu à peu étendu son action et sa réflexion à l'ensemble des problèmes relatifs à la gestion de l'eau, des sources aux estuaires.

Très rapidement, l'Association a été amenée à prendre conscience des atteintes graves, voire irréversibles, que nos modèles actuels de production et de consommation faisaient subir à l'environnement.

Il est apparu, en effet, que la dégradation de la qualité de l'eau des sources, des rivières, des estuaires, du littoral,... était la résultante des multiples agressions qui affectent le milieu naturel :

### Les pollutions :

- rejets plus ou moins épurés des agglomérations et des industries.
- rejets des effluents des élevages industriels (lisiers).
- lessivage des sols « enrichis » d'engrais chimiques et des produits de traitement des cultures.

**L'érosion des sols** favorisée par l'arasement des talus et certaines méthodes de culture qui entraînent vers les cours d'eau d'importantes masses de sédiments qui envasent les cours d'eau et colmatent les gravières où se reproduisent les salmonidés.

**La rectification des cours d'eau** effectuée lors des travaux connexes au remembrement ou à l'occasion des opérations de drainage, cette pratique enlaidit nos paysages, détruit la richesse des cours d'eau et favorise les crues.

**La destruction des zones humides** dont le maintien serait pourtant nécessaire pour régulariser le débit des cours d'eau, ralentir les crues et éviter les étiages trop accusés en période de sécheresse.

**L'enrésinement des vallées** qui acidifie l'eau et banalise nos paysages.

**La multiplication des plans d'eau** qui contribuent au réchauffement des eaux (pollution thermique) et aggravent les pertes par évaporation. Ces retenues impliquent des barrages souvent dépourvus des passes nécessaires aux espèces migratrices (anguilles, lamproies, saumons, truites, aloses...)

**Le gaspillage de l'eau** engendré par des mentalités et des techniques peu soucieuses d'économiser les ressources naturelles.

Bien d'autres facteurs aggravent encore ces atteintes à l'intégralité et à la richesse des milieux aquatiques que l'association « Eau et Rivières de Bretagne » s'est donnée pour objectifs de défendre.

L'association considère que la protection des ressources en eau est un impératif majeur.

Des secteurs entiers de l'économie régionale exigent en effet une eau de qualité : l'élevage, l'agro-alimentaire, la pisciculture, la conchyliculture, l'aquaculture, la pêche côtière, le tourisme... et tolérer la pollution au nom d'un certain « réalisme économique » c'est, en vérité, faire preuve d'une étrange myopie intellectuelle. Tous ceux qui se rendent ainsi complices de la pollution contribuent à fragiliser, voire à détruire les fondements de l'économie régionale dont les chances reposent sur la diversité et l'autonomie.

Au-delà des questions économiques se posent, bien entendu, de redoutables problèmes de santé sur lesquels il est urgent de lever le voile (nitrates, pesticides, métaux lourds, substances radio-actives...).

En apportant votre contribution aux efforts de l'association « Eau et Rivières de Bretagne » vous lui permettez de poursuivre son action en **totale liberté**.

## INTRODUCTION

### I - LES MINES D'URANIUM ET LEURS IMPACTS

- 1 - L'emprise au sol
- 2 - L'impact sur le régime des eaux
- 3 - Une pollution chimique
  - 3.1. La lixiviation in situ
  - 3.2. Les opérations de traitement
- 4 - Une pollution radioactive
  - 4.1. La radioactivité ambiante
  - 4.2. La dissolution des éléments radioactifs dans l'eau
  - 4.3. Les poussières radioactives ; le radon
- 5 - Les conséquences de la pollution de l'air et de l'eau

### II - L'URANIUM ET LA SANTE

- 1 - L'uranium et la radioactivité
  - 1.1. Quelques définitions
  - 1.2. Radiations naturelles et radiations technologiques
- 2 - La radioactivité et la santé
  - 2.1. Quelques définitions
  - 2.2. Les sources des données
  - 2.3. Les effets des radiations
  - 2.4. Les effets des faibles doses
  - 2.5. Quelques remarques

### III - LA REGLEMENTATION

- 1 - L'établissement des normes
- 2 - Le contrôle des normes
  - 2.1. La radioprotection dans les mines d'uranium
  - 2.2. La protection des populations avoisinantes

## CONCLUSION

## BIBLIOGRAPHIE



DEMANDES DE PERMIS DE RECHERCHE DE L'URANIUM CONNUES FIN 1985

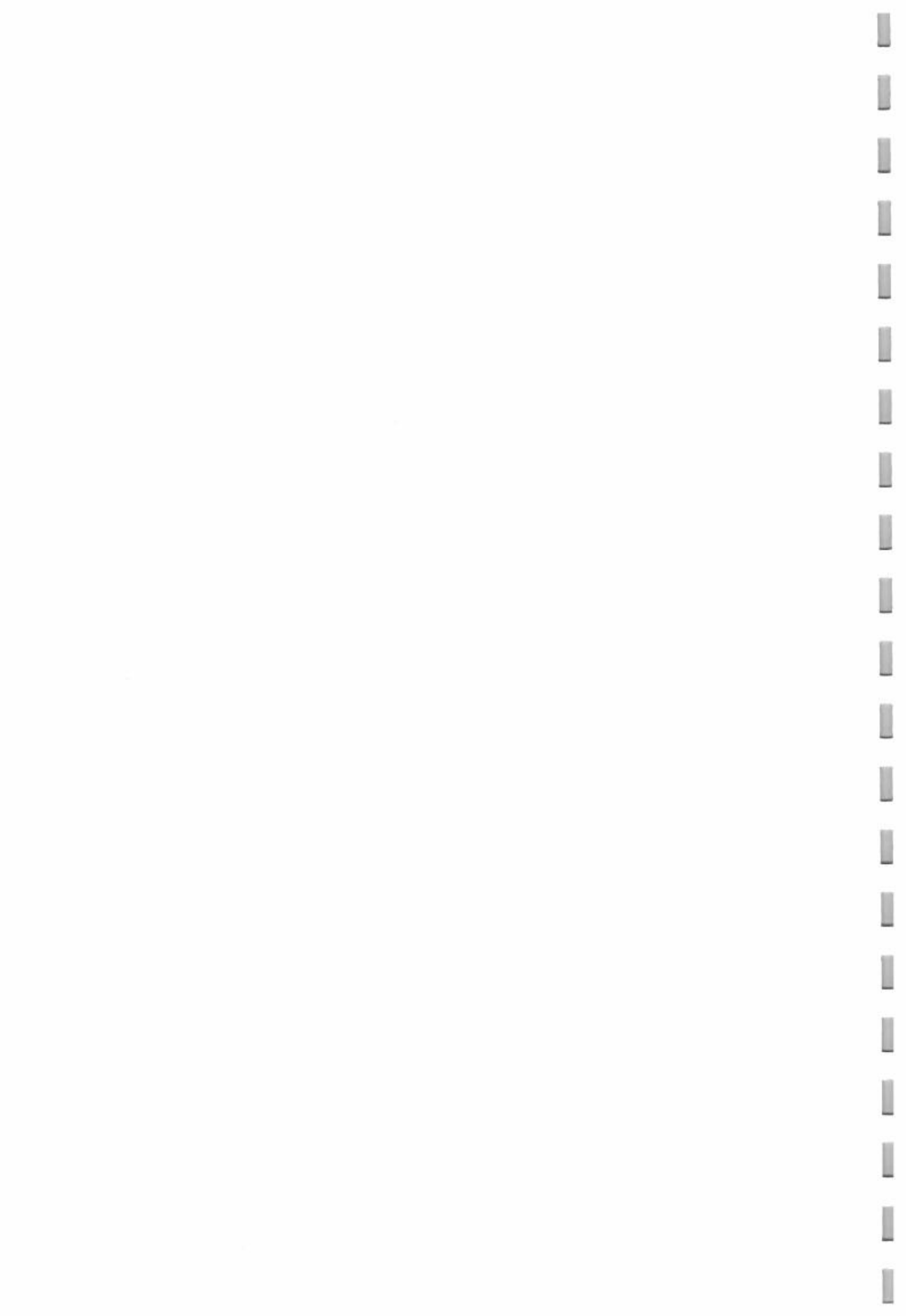
## I N T R O D U C T I O N

L'industrie nucléaire est en expansion, que ce soit pour des usages civils (production d'électricité) ou militaires (fabrication de bombes atomiques) et la recherche de l'uranium, matériau de base de l'énergie nucléaire, s'intensifie en Bretagne comme partout en France.

Les inconvénients et les dangers présentés par l'électronucléaire sont multiples, mais en Bretagne nous sommes aujourd'hui plus particulièrement concernés par la première étape du cycle nucléaire, l'extraction de l'uranium.

Les nuisances dues aux mines d'uranium sont bien connues dans certaines régions comme le Massif Central, la Vendée ou l'Hérault où l'on peut constater la destruction des terres et la pollution des eaux.

Les dangers liés à la pollution radioactive de l'air et de l'eau sont, par contre, l'objet de controverses : l'action des "faibles doses" est, en effet, un sujet de bataille d'experts et comme nous l'avons vu récemment avec l'accident de Tchernobyl, à chacun sa vérité, à chacun ses normes... notre protection dépend de l'intime conviction de nos "responsables".



I  
L E S M I N E S D ' U R A N I U M  
E T  
L E U R S I M P A C T S

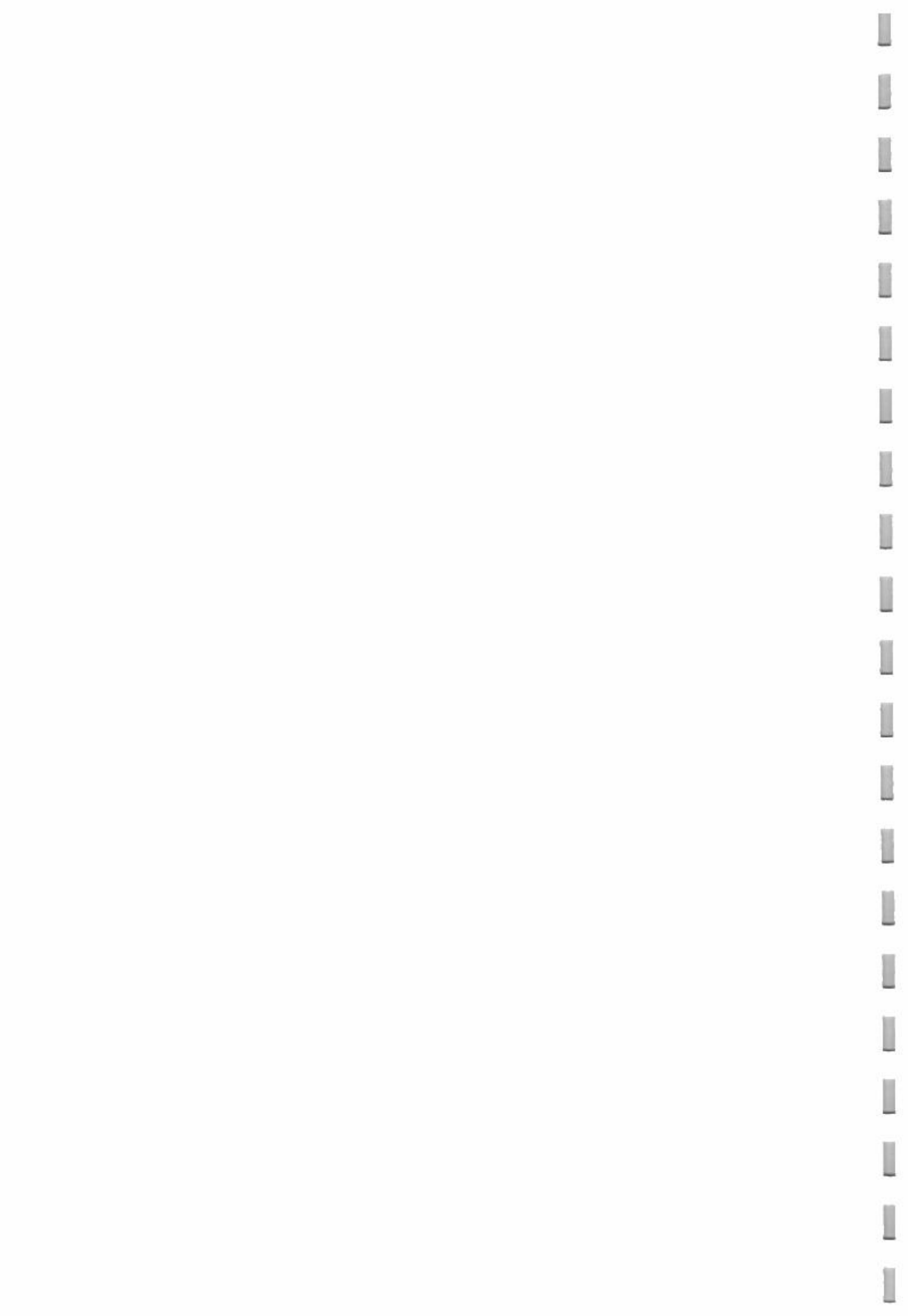
L'exploitation des gisements d'uranium entraîne de multiples nuisances ; d'une part les nuisances classiquement attachées aux mines et aux carrières (tirs d'explosifs, transports lourds, émission de poussières, bouleversement du paysage et du système hydrologique), d'autre part, des pollutions de natures chimique et radioactive.

## 1 - L'EMPRISE AU SOL

La teneur en uranium des minerais uranifères est très faible, de l'ordre de 1 à 5 pour 1000 (1 à 5 Kg d'uranium pour 1 tonne de minerai), ce qui oblige à déplacer d'énormes quantités de roches. Il existe deux types d'exploitation, les galeries souterraines ou les carrières à ciel ouvert, mode d'exploitation le plus rentable. Après extraction, un tri est effectué pour séparer les roches contenant suffisamment d'uranium (le minerai) des roches stériles. Une mine d'uranium entraîne donc la formation d'excavations et de montagnes de déblais stériles particulièrement importantes, ce qui a pour conséquences une stérilisation de la terre sur des surfaces importantes et une atteinte à l'esthétique du paysage.

Des terres agricoles, des bois, des forêts sont détruits et une fois épuisées, les exploitations sont rarement remblayées. Dans les tas de minerais traités sur place, la présence d'acide sulfurique rend très difficile la réinstallation d'une végétation. En fait la "reconstitution" des sites miniers pose des problèmes qui n'ont pas encore de solution comme en témoigne M. Sousselier (chargé de mission au CEA, 9) : "Les déchets des mines représentent des quantités très importantes. ( ). Pour stocker définitivement ces résidus l'idée la plus simple serait de les remettre en place dans les mines. ( ). Mais deux facteurs s'opposent





à cette solution. En premier lieu, l'état physicochimique du minerai a été modifié lors des opérations d'extraction et de traitement. Une certaine atteinte a été portée au confinement du radium dans sa situation naturelle. ( ). Le second facteur tient au volume des déchets. ( ). Par ailleurs, pour des motifs de génie minier il n'est pas possible de remettre tous ces résidus au fond des mines".

## 2 - L'IMPACT SUR LE REGIME DES EAUX

Les exploitations peuvent avoir pour conséquence la disparition ou l'abaissement des nappes phréatiques, le tarissement des puits, la réduction du débit des sources et des cours d'eau, ce qui signifie que l'alimentation en eau des populations et du cheptel ainsi que l'irrigation des cultures sont compromises.

## 3 - UNE POLLUTION CHIMIQUE

### 3.1. La lixiviation\* in situ

La lixiviation in situ est un procédé d'extraction utilisé lorsque le minerai est pauvre qui a été expérimenté dans le Forez (Massif Central) : des forages sont effectués et on y injecte de l'acide sulfurique ou de la soude qui dissolvent l'uranium contenu dans le minerai. La solution uranifère est récupérée par pompage.

Cette technique présente de gros risques de pollution pour les eaux souterraines.

\* lixiviation : synonyme de percolation. Opération qui consiste à faire passer lentement un solvant (l'acide sulfurique le plus souvent dans le cas de l'uranium) à travers des couches de minerai pour en extraire un constituant soluble (l'uranium)

Il existe différents procédés de concentration, tous de nature chimique. Voici à titre d'exemple, les différentes étapes d'un procédé qui utilise l'attaque par acide sulfurique (pour un minéral de teneur 1,5 pour 1000) :

- concassage
- broyage (obtention de particules d'un demi-millimètre de diamètre)
- adjonction d'eau (0,8 m<sup>3</sup> par tonne de minéral) on obtient une sorte de boue dense
- attaque acide à 60° C : 40 kg d'acide sulfurique plus 1,5 kg de chlorate de sodium par tonne de minéral (consommation de 10 000 tonnes d'acide sulfurique/an pour une usine d'une capacité de 250 tonnes d'uranium/an). L'uranium contenu dans le minéral est solubilisé.
- séparation liquide - solide sur filtres à bande :  
La partie "solide" est constituée de la gangue stérile, qui se présente sous forme de sable contenant 25 % d'humidité. Elle est envoyée dans le bassin de décantation.  
La partie "liquide" est la solution uranifère. Elle subit ensuite :
- l'extraction de l'uranium par solvant aminé dilué dans du kérosène
- précipitation : la solution d'ammonium est chauffée à 95° et on ajoute de l'ammoniac. L'uranium précipite sous forme de diuranate d'ammonium
- filtrage et lavage du diuranate d'ammonium
- séchage
- enfûtage : fûts métalliques de 200 litres.

LES PRINCIPALES ETAPES D'UN TRAITEMENT DE CONCENTRATION (6)

### 3.2. Les opérations de traitement

Le minerai contenant entre 1 et 5 pour 1000 d'uranium, il faut lui faire subir des traitements de concentration, que l'on effectue dans une usine qui peut se trouver à proximité ou sur un autre siège d'exploitation.

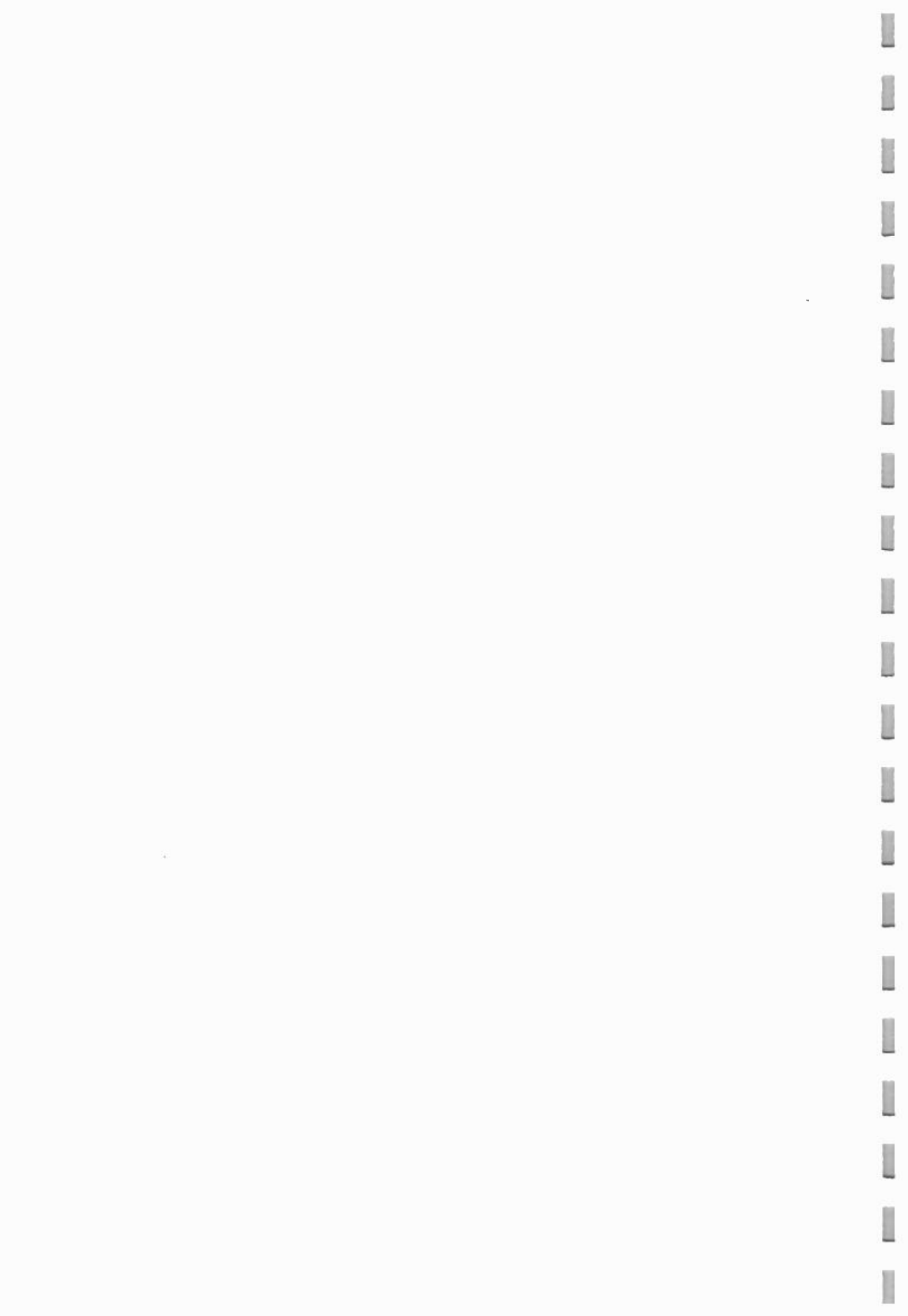
Ci-contre les principales étapes d'un traitement de concentration (6).

Une fois l'uranium extrait du minerai, il reste des déchets constitués du minerai broyé et imprégné de substances chimiques. Cette boue est envoyée dans un bassin de stockage où les solides se décantent et s'accumulent. Dans certaines installations, on traite le minerai sans le réduire en poudre fine et les résidus sont transportés à l'état presque sec jusqu'à une aire de stockage.

Les effluents liquides provenant du bassin de décantation sont rejetés après traitement dans un cours d'eau. Ces effluents, quoique traités, contiennent des substances polluantes (acide sulfurique, métaux lourds, nitrates, sulfates, amines, chlorures) et des produits radioactifs (uranium, radium, radon, thorium, plomb).

Le bassin de décantation présente lui-même des dangers :

- risque de débordement, par exemple en cas de gros orage,
- risque d'infiltration dans le sous-sol et donc de pollution des eaux souterraines ou des sources,
- lorsque l'usine est fermée, "le contrôle et l'entretien des dispositifs de retenue continueront longtemps à



poser des problèmes" (21). Les boues déposées au fond contiennent du radium, du thorium, de l'uranium, corps dangereux et radioactifs pour une période pratiquement illimitée.

#### 4 - UNE POLLUTION RADIOACTIVE

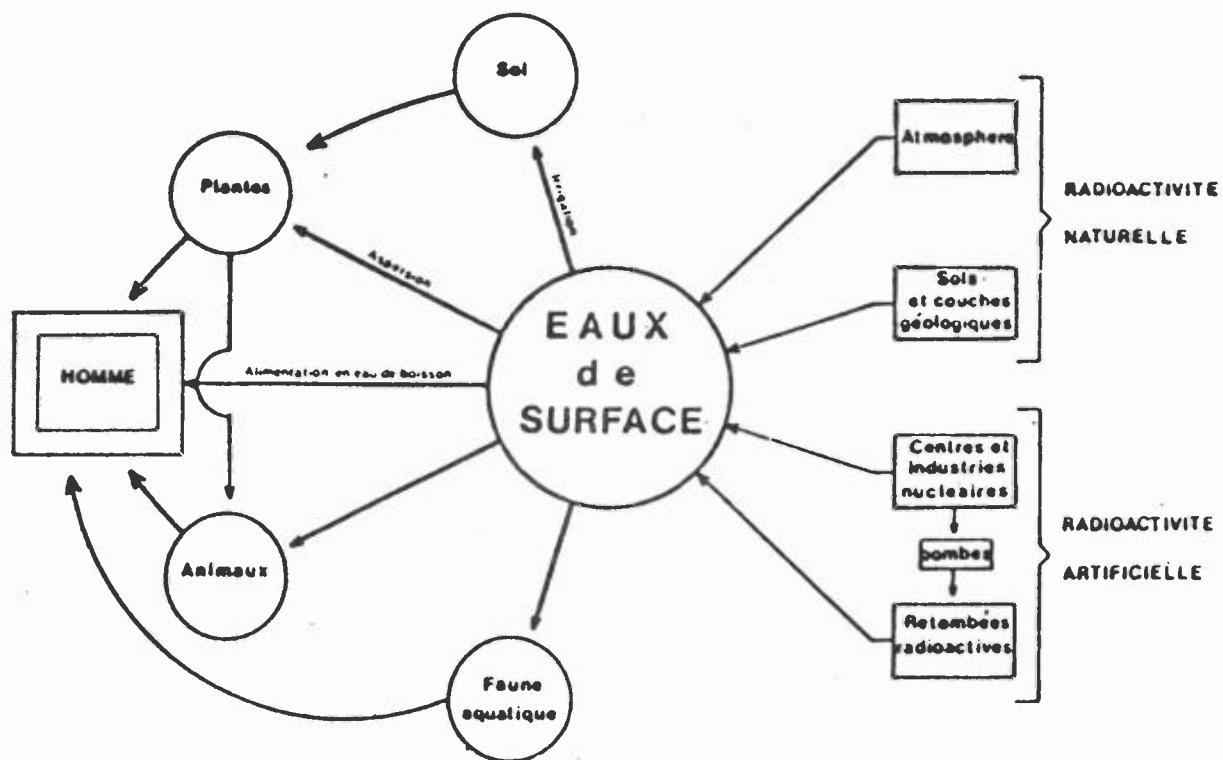
La mine et l'usine de traitement présentent plusieurs sources de pollution radioactive :

- . une augmentation de la radioactivité ambiante
- . la libération d'éléments radioactifs dans l'eau
- . l'émission de poussières radioactives et du radon, gaz radioactif.

"Tant que le minerai reste en bloc, recouvert par des couches géologiques ayant fait l'épreuve du temps, la surface exposée à l'air et à l'eau reste extrêmement faible. Alors que pour un même volume, le minerai extrait et concassé offre une bien plus grande surface d'attaque et donc un grand risque de pollution. C'est le principe du café : versez de l'eau pure sur du café en grain et sur la même quantité de café moulu... comparez les résultats !!" (15)

##### 4.1. La radioactivité ambiante

Dans le minerai, l'uranium est accompagné des éléments de sa chaîne de désintégration (ils sont au nombre de 13 : thorium, polonium, radium, bismuth, plomb...). A l'état naturel les éléments radioactifs sont emprisonnés dans les roches et les rayonnements sont arrêtés par les terrains de recouvrement. L'extraction met les gisements à découvert.



INTERVENTION DES EAUX DE SURFACE DANS LA CONTAMINATION  
EVENTUELLE DE L'HOMME (4)

#### 4.2. La dissolution des éléments radioactifs dans l'eau

La mine et l'usine de traitement utilisent beaucoup d'eau. Dans les mines, on utilise de l'eau pour arroser le minerai lors du forage. Il y a également des eaux d'infiltration.

Les eaux issues du bassin de décantation sont rejetées dans le ou les cours d'eau voisins. L'augmentation de la concentration en radium dans l'eau est fonction des processus de dilution et de sédimentation. "Les mécanismes de transfert du radium sont mal connus et des recherches dans ce domaine sont encore nécessaires" (17).

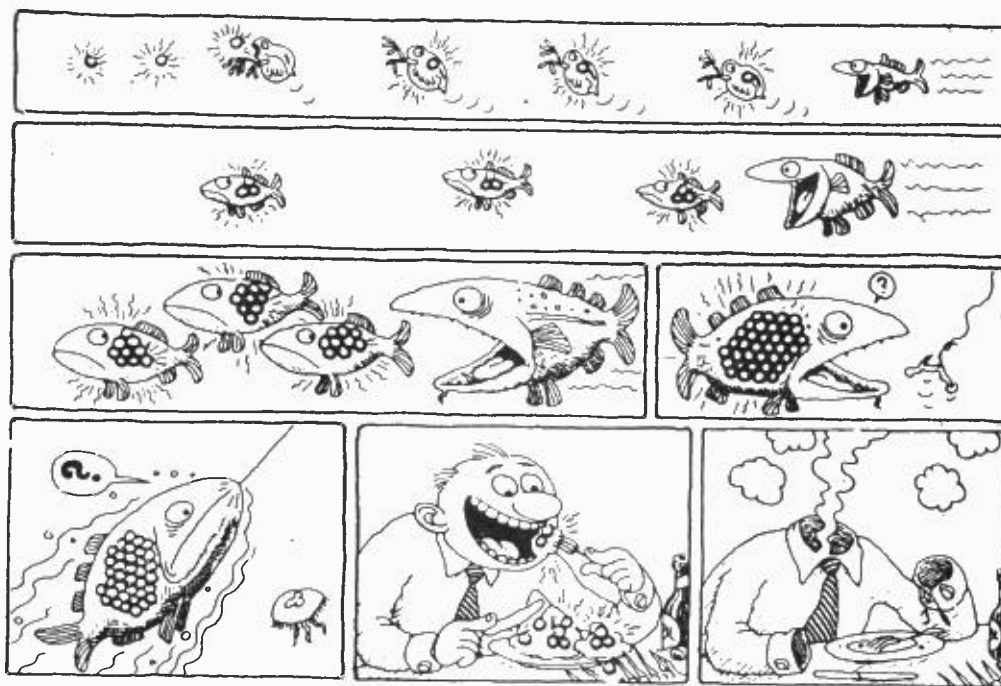
Outre la pollution due au rejet du bassin de sédimentation, les cours d'eau et les nappes phréatiques sont également menacés par le lessivage des stériles et des tas de minerais traités.

#### 4.3. Les poussières radioactives ; le radon

Le concassage, la manutention du minerai, le roulage des engins sur les pistes, les dépôts exposés aux vents sont à l'origine de poussières. Celles-ci contiennent tous les éléments de la chaîne de désintégration de l'uranium et notamment le radium. Elles sont inhalées par les mineurs et les populations proches ou retombent sur le sol, l'eau et les végétaux. Formé par la désintégration du radium, le radon est un gaz radioactif dont "le dégagement est d'autant plus important que la roche est plus divisée" (17). Il se trouve donc en grande concentration dans les mines.

Quant aux résidus de traitement, leur teneur en radium n'est que très légèrement inférieure à celle du





Légumes	Césium 137			Strontium 90		
	Sable	Calcaire	Argile	Sable	Calcaire	Argile
Choux .....	4			78		20
Haricots verts ..		12			5	
Pommes de terre	50		2	15		2,5
Salades .....		42	9	51	14	28
Tomates .....	5		0,4	2,5		0,5

VALEURS DU FACTEUR DE CONCENTRATION POUR QUELQUES VEGETAUX, SELON LA NATURE DU TERRAIN (20)

Radioélément	Période	Facteur de concentration dans le plancton végétal marin
Cobalt 60	5 ans	1 000
Carbone 14	5 800 ans	4 000
Zinc 65	245 jours	20 000
Phosphore 32	14 jours	30 000
Fer 55	3 ans	40 000
Plomb 210	21 ans	40 000
Cérium 144	285 jours	90 000

minéral (97 %) ; la présence de radium entraîne une production continue de radon.

Le radon est un gaz lourd qui se disperse difficilement dans l'air et en l'absence de vent ou en période de brouillard, il peut atteindre dans l'atmosphère des concentrations dangereuses. Par ailleurs, il se dissout dans l'eau.

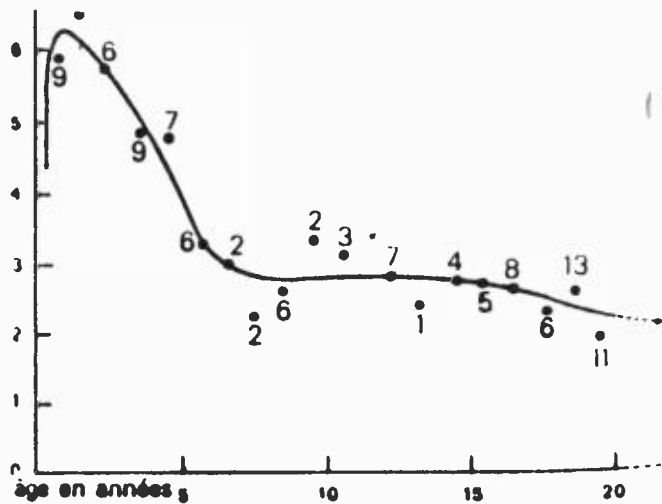
## 5 - LES CONSEQUENCES DE LA POLLUTION DE L'AIR ET DE L'EAU

L'air et l'eau pollués contaminent directement la population mais aussi les aliments : la pollution du sol et des eaux d'arrosage et d'alimentation est concentrée par les végétaux et par les animaux. Nous sommes donc également contaminés par les plantes, la viande, le lait.

Une étude effectuée sur un site minier (12) précise que c'est essentiellement l'herbe (où la concentration en radium est 10 à 100 fois supérieure à la concentration dans l'eau) qui apporte le radium au lait. Dans la rivière qui reçoit le rejet du bassin de décantation, la concentration en radium est jusqu'à 10 fois plus élevée en aval du rejet qu'en amont. Dans le poisson, la concentration moyenne est 66 fois plus forte à 1 kilomètre en aval qu'en amont.

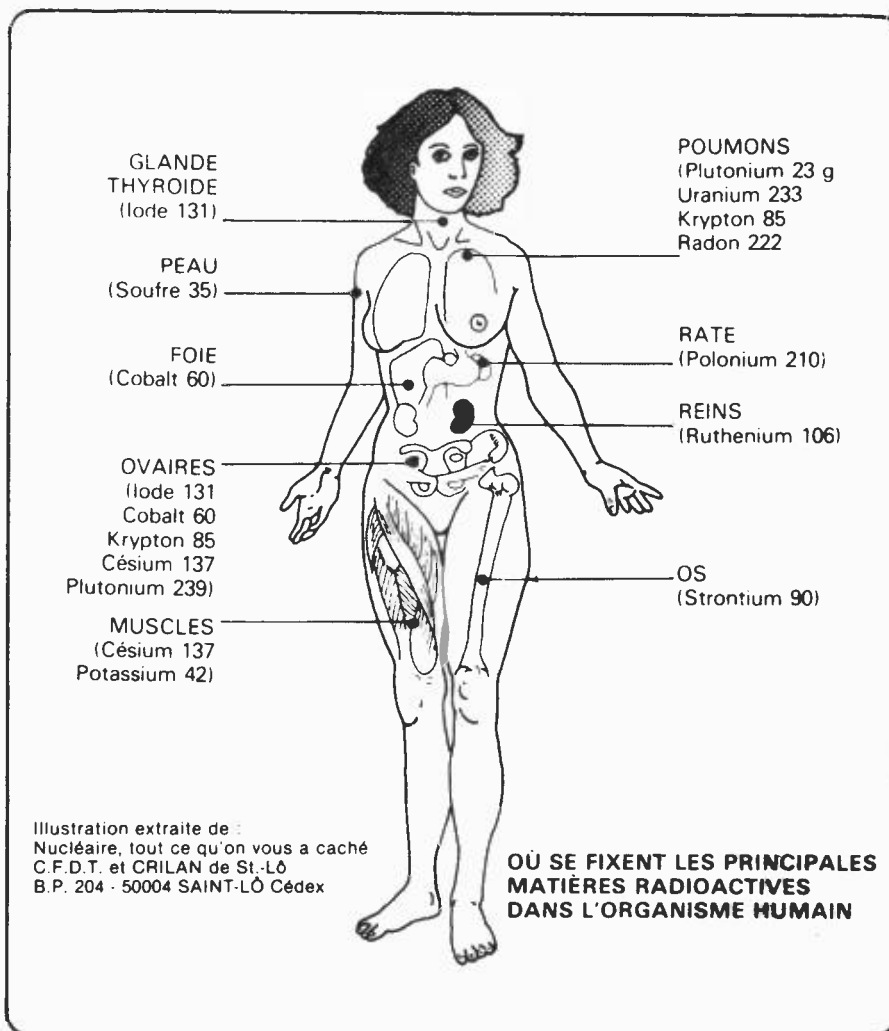
Il y a concentration des éléments radioactifs dans les chaînes alimentaires et aussi dans le corps humain : le strontium\* s'accumule dans les os en se substituant au calcium; le césium\* et le potassium s'incorporent aux muscles... etc, (fig. au verso).

\* Certains radioéléments sont absorbés par les végétaux et les animaux parce qu'ils sont des isotopes d'oligo éléments nécessaires à la vie, d'autres sont absorbés parce qu'ils présentent une parenté chimique très étroite avec des éléments entrant dans la composition des tissus biologiques.



Concentration du strontium 90 (en picocurie\* par gramme de calcium) dans le squelette humain en fonction de l'âge en 1966. Les chiffres indiquent le nombre d'échantillons analysés. D'après Loutit in "Environmental contamination by radioactive materials", Vienne AIEA ed. 1969, p. 27 (18)

LES ENFANTS ONT UN POTENTIEL DE RETENTION POUR LE STRONTIUM SUPERIEUR A CELUI DES ADULTES

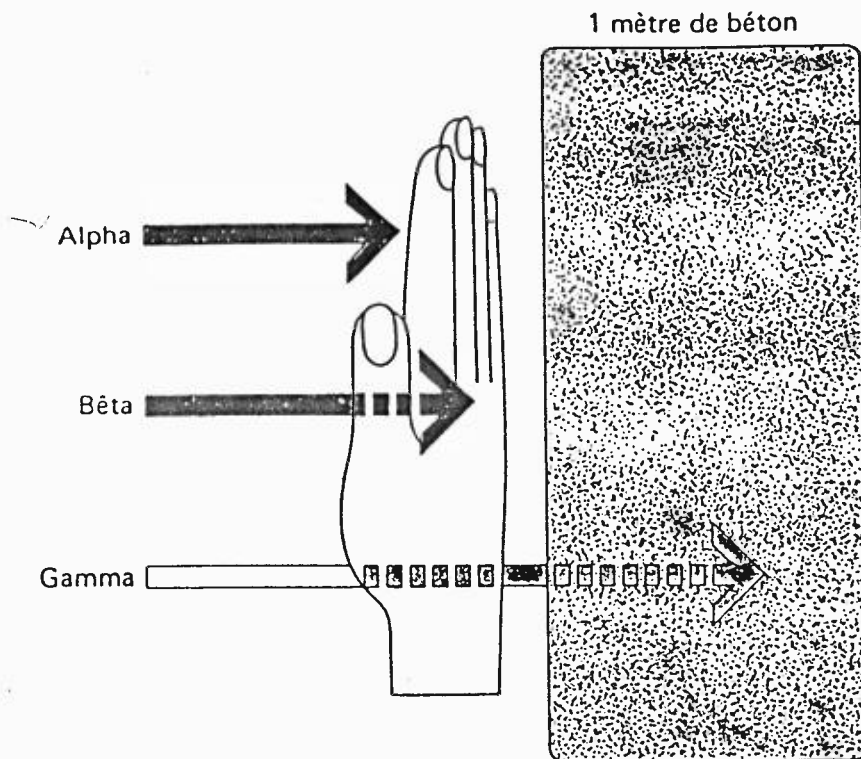


II

L ' U R A N I U M

E T

L A S A N T E



## TYPES DE RAYONNEMENTS

Le terme "rayonnement", qui a une acception très vaste, couvre des domaines aussi divers que la lumière et les ondes hertziennes, mais on l'emploie le plus souvent pour désigner les rayonnements ionisants, c'est-à-dire des rayonnements capables de donner naissance à des particules chargées (ions) dans les matières qu'ils frappent. Cette remarque vaut tant pour la matière inerte que pour la matière vivante et c'est pourquoi les rayonnements ionisants peuvent présenter un danger pour la santé de l'homme.

Il existe plusieurs types de rayonnements ionisants: rayonnements alpha, bêta et gamma, rayons X et neutrons, dont chacun a des caractéristiques différentes. On dit des atomes qui émettent de tels rayonnements qu'ils sont radioactifs.

## POUVOIR DE PENETRATION DES RAYONNEMENTS (2)

# 1 - L'URANIUM ET LA RADIOACTIVITE

## 1.1. Quelques définitions

Dans les conditions naturelles, nous sommes exposés en permanence à des radiations qui émanent de la terre (des minerais en particulier), de la mer et de l'espace (ce sont les rayons cosmiques que nous envoient le soleil et les étoiles).

Constituées d'électrons\* (rayons  $X$  ou  $\gamma$  ou  $\beta$ ) ou de particules élémentaires nucléaires\* (rayons  $\alpha$ ) les radiations sont invisibles, se déplacent à des vitesses très élevées et pénètrent dans les organismes vivants à des profondeurs variant selon leur nature.

- les rayons  $\alpha$  (alpha) sont arrêtés par les couches superficielles de la peau
- les rayons  $\beta$  (beta) peuvent traverser plusieurs centimètres de tissu
- les rayons  $\gamma$  (gamma) et les rayons  $X$  peuvent traverser plusieurs mètres de plomb.

Ces radiations sont dites ionisantes car elles possèdent la propriété d'arracher les électrons aux couches périphériques des atomes\* et ainsi de les ioniser. Les ions ainsi produits sont capables de modifier les constituants cellulaires. Plus la dose d'irradiation est forte, plus le nombre d'ions apparus est grand et plus les dommages causés aux tissus sont importants.

\* La matière est constituée de particules extrêmement petites appelées atomes, qui se composent d'un noyau (composé de protons et de neutrons) autour duquel gravitent des électrons. L'assemblage des atomes constituent les molécules.

### Les unités de mesure de rayonnement

- La quantité d'énergie absorbée par un tissu irradié s'exprime en gray (Gy). Autrefois, on l'exprimait en rad.  $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ .
- Pour tenir compte de la qualité de chaque type de rayonnement ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , ...), on utilise le sievert (Sv) ou le rem.  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ .
- Le sievert est la dose en gray multipliée par le facteur de qualité du rayonnement. 1 rem vaut 1 rad pour les rayons X et  $\gamma$  et 10 rad pour les rayons  $\alpha$ .
- le débit s'exprime en rems par heure, par an, etc...
- Le Curie mesure le nombre de désintégrations par seconde qui se produit dans un matériau radioactif. La nouvelle unité internationale est le Becquerel.  $1 \text{ curie} = 37 \text{ milliards de Becquerel}$ .

L'uranium est un élément radioactif : il émet des radiations  $\alpha$  et  $\gamma$  en se désintégrant. Le temps nécessaire pour que la masse d'un élément diminue de moitié est appelée période ou demi-vie. Pour les 3 isotopes\* de l'uranium ces temps sont les suivants :

$U_{238}$  ( 99,30 %) : 4,5 milliards d'années

$U_{234}$  ( 0,0054 %) : 250 000 ans

$U_{235}$  ( 0,70 %) : 700 millions d'années

### 1.2. Radiations naturelles et radiations technologiques

L'intensité de l'irradiation naturelle varie selon l'habitat. Ainsi en mer les rayons ultra violets sont de fortes intensités. Cette radioactivité naturelle est souvent considérée à priori comme inoffensive mais on ignore si elle n'est pas à l'origine de cancers ou de mutations.

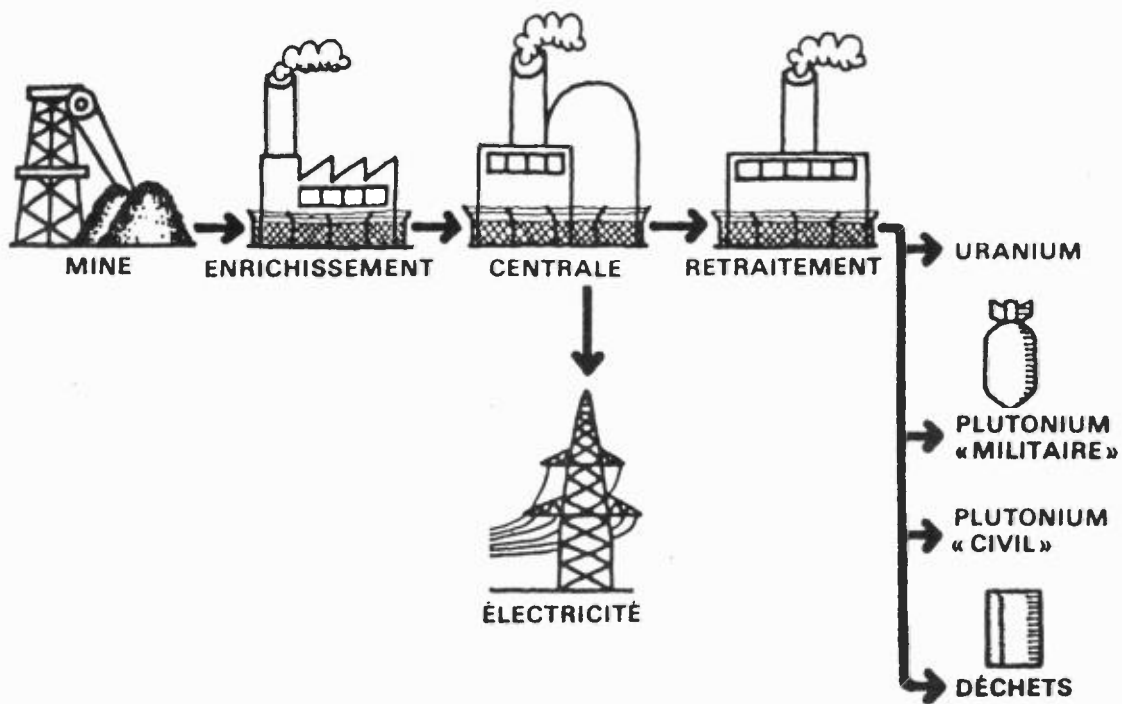
La radioactivité naturelle, qui en France est en moyenne de 100 à 120 m rem\* par an, comprend principalement une irradiation externe, de 80 à 90 m rem correspondant aux rayonnements terrestres et cosmiques. L'homme subit, en outre, une contamination interne car les matières radioactives qui pénètrent dans son organisme se fixent dans les organes.

Aux sources naturelles d'irradiation s'ajoute une irradiation technologique. Depuis une vingtaine d'années l'utilisation de la radioactivité ne cesse de croître ; outre

\* isotopes : atomes d'un même élément qui diffèrent entre eux par le nombre de neutrons

\* voir ci-contre





LE CYCLE NUCLEAIRE (5)

Au long du cycle de l'uranium, de la mine à l'usine de traitement, des radionucléides sont diffusés dans l'environnement par les effluents gazeux et liquides

les essais militaires (\*) et la production d'électricité (le cycle nucléaire), il faut ajouter la radiologie médicale, les tubes cathodiques de télévision, l'industrie, la recherche scientifique... Les matières radioactives que rejette dans l'air et dans l'eau l'industrie nucléaire induisent des contaminations internes ; cas où les effets de la radioactivité sont les plus graves.

Ces activités conduisent à une augmentation progressive de l'irradiation ambiante.

On suppose que le fond de rayonnement naturel (et les rayonnements artificiels) ont certains effets sur la santé ; il est possible, selon les estimations du BEIR Committee (\*\*) qu'ils provoquent jusqu'à 1 % environ de l'ensemble des cas de cancers et de tares génétiques. (3).

(\*) En 1962 lorsque fut signé le traité d'interdiction des essais nucléaires dans l'atmosphère, l'équivalent de 8 500 bombes de type Hiroshima avait été libéré dans l'air depuis 1950. Les résidus radioactifs ne se distribuent pas uniformément à la surface de la terre : entraînés dans la circulation atmosphérique globale, ils retombent principalement dans l'hémisphère nord entre 40 et 50° de latitude. (Environ 30 % de la quantité totale retombent au voisinage immédiat du lieu de l'explosion).  
Les radioéléments à vie longue n'ont toujours pas disparu et le Comité des Nations Unies estime la dose à 8 m rem/an jusqu'à l'an 2000. Ces radioéléments auront donc eu le temps de s'accumuler dans les organismes. Actuellement encore la majeure partie de la radioactivité artificielle des eaux superficielles est due aux tests nucléaires.  
Les essais souterrains engendrent des dégagements gazeux qui ne sont pas négligeables : 10 % des résidus gazeux passent dans l'atmosphère.

(\*\*) BEIR Committee : Comité des effets biologiques des rayonnements ionisants des Etats-Unis.

