

# RECHERCHES D'URANIUM MORBIHAN



DOSSIER UD CFDT MORBIHAN

*NOTA*

# S O M M A I R E

1 - METHODES DE RECHERCHE - PROCEDURE ADMINISTRATIVE	3 à 9
2 - LA RADIOACTIVITE .....	10 à 14
3 - EFFETS DES RADIATIONS .....	15 à 18
4 - SITUATION DES COMMUNES CONCERNEES PAR LES RECHERCHES DANS LE MORBIHAN .....	19 à 24
5 - LES CONDITIONS ET CONNAISSANCES NECESSAIRES A L'OUVERTURE D'UN CHANTIER .....	25 à 31
6 - IMPACTS RADIOLOGIQUES LORS DE L'EXTRACTION DU TRAITEMENT ET APRES .....	32 à 42
7 - CONSEQUENCES ECONOMIQUES .....	43 à 46
8 - CONSEQUENCES SANITAIRES .....	47 à 49
9 - RISQUES DU TRAVAIL DU MINEUR D'URANIUM .....	50 - 51
10 - MOYENS DE PREVENTION DES RISQUES DU TRAVAIL CHEZ LE MINEUR D'URANIUM .....	52 - 53

## A N N E X E S

1 - ARTICLES ACTUELLEMENT DANS LE COMMERCE QUI CONTIENNENT DES RADIONUCLÉIDES .....	54
2 - REMARQUE SUR LES CHAINES ALIMENTAIRES .....	55
3 - LES RADIATIONS .....	56 - 57
4 - LES VOIES DE TRANSFERT .....	58 - 59
5 - DOCUMENTATION UTILISÉE .....	60

## L E X I Q U E

61 - 62

### Ont participé à la rédaction de ce document :

- les syndicats F.G.A., EQUIPEMENT, SANTE, SECTION MEDECINE DU TRAVAIL,
- les Unions de Pays de Lorient, Vannes et Pontivy.

Pour la documentation utilisée, voir annexe N° 5.

## 1 - METHODES DE RECHERCHE - PROCEDURE ADMINISTRATIVE

### 1.1 - PROSPECTION D'URANIUM

On 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,
- d'autre part, des méthodes particulières à l'uranium.

#### 1.1.1. LEVERS GEOLOGIQUES

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.

#### 1.1.2. PROSPECTION RADIOMETRIQUE

C'est une méthode géophysique spécifique de la recherche de l'uranium, fondée sur les propriétés radioactives de ce métal et elle est utilisée comme les leviers géologiques au cours des phases successives de la recherche.

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 mesures sont espacés de quelques centaines 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'espacement) dans les zones jugées les plus intéressantes d'après les résultats de la première étape.

#### 1.1.3. AUTRES METHODES GEOPHYSIQUES

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 leviers 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 à la recherche de l'uranium. Elles sont largement utilisées pour les autres recherches minières, pour la prospection pétrolière et pour les études de génie civil.

#### 1.1.4. PROSPECTION GEOCHIMIQUE

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. La prospection géo-

chimique 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.

#### 1.1.5. SONDAGES

Quelquefois dès le stade des études géologiques régionales, mais le plus souvent au stade des recherches plus localisées, on a recours à des sondages. Ils seront très 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 petite dimension.

Les sondages peuvent être verticaux ou inclinés; leur diamètre peut atteindre un décimètre; leurs profondeurs sont très variables, de 20-30 mètres à 500-1000 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 que des débris("cuttings") des roches rencontrées.

#### 1.1.6. 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 (radio carottage)
- 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 les minéralisations uranifères mais à faciliter l'identification des terrains traversés et établir des corrélations des résultats de plusieurs sondages entre eux et avec les observations faites en surface

#### 1.1.7. TRANCHEES, 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 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.

### 1.1.8. PUIITS, 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 galeries, 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.

Les huit méthodes de prospection décrites ci-dessus représentent l'essentiel des moyens susceptibles d'être mis en oeuvre 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 :

- \* reconnaissance générale
- \* prospection à maille plus serrée dans les zones où les anomalies sont les plus intéressantes
- \* travaux détaillés sur les indices de minéralisation

A chaque stade, la décision de continuer les recherches peut être remise en cause 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 recherches ; après quoi, il reste encore à déterminer, par des études techniques et économiques, si une exploitation est envisageable.

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.

## 1.2 - PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHE

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.

En effet, le titulaire d'un tel permis 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,
- est le seul à pouvoir demander, en cas de découverte intéressante, un permis d'exploitation pour la substance dans le périmètre et pendant la durée de validité de son permis exclusif de recherches.

### PROCEDURE POUR L'OBTENTION D'UN PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHES

---

- *dépôt, par le prospecteur, d'une demande de permis auprès du Commissaire de la République, qui transmet le dossier à la Direction Interdépartementale de l'Industrie de la Région.*
- *vérification, par cette instance, du 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.*
- *la demande de permis exclusif de recherches est soumise à une enquête publique d'une durée de un mois minimum. Celle-ci est portée à la connaissance du public par tous moyens appropriés d'affichage, notamment sur les lieux concernés par l'enquête et selon l'importance et la nature du projet, de presse écrite ou de communication audiovisuelle. Le rapport et les conclusions motivées du commissaire enquêteur ou de la commission d'enquête sont rendus publics.*
- *la Direction Interdépartementale de l'Industrie procède également à une consultation des services administratifs intéressés et établit un rapport pour le Commissaire de la République 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'Energie Atomique, sur avis du Conseil Général des Mines, par un décret en Conseil d'Etat, 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 trois ans et peut être prolongé à deux reprises chaque fois de 3 ans sans nouvelle enquête.

L'existence d'un permis exclusif de recherches 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 Commissaire de la République peut accorder l'autorisation d'occupation temporaire d'un terrain.

### 1. 3 - PERMIS D'EXPLOITATION

Lorsqu'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.

Procédure à suivre pour la demande :

- dépôt de la demande de concession ou de permis d'exploitation à la Préfecture du département.
- transmission du dossier à la Direction Interdépartementale de l'Industrie 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,
  - \* une note d'impact décrivant les conditions générales dans lesquelles les travaux d'exploitation satisferont aux préoccupations d'environnement.
- enquête publique durant un mois minimum. Le public peut prendre connaissance du dossier et consigner ses observations ou oppositions dans un registre ouvert à cet effet.
- la Direction Interdépartementale de l'Industrie instruit le dossier et procède à la consultation des autres services administratifs. Son rapport est transmis au Commissaire de la République qui l'adresse, avec son propre avis, au Ministre de l'Industrie. Celui-ci consulte le Comité de l'Energie Atomique.
- décision d'octroi :
  - o 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. 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.

- o 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.

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.

## 1.4 - PROCEDURES COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES A LA MISE EN EXPLOITATION

Seul 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.

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 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
  - \* 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 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 Commissaire de la République peut imposer des conditions particulières à l'exploitant ou même interdire l'ouverture de 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.

Si des modifications notables se produisent en cours d'exploitation, une nouvelle déclaration est nécessaire selon la même procédure :

- demander un permis de construire pour les installations de surface
- demander pour certaines installations de surface une autorisation préalable, avec enquête publique, dans le cadre de la réglementation relative aux installations classées.

Pendant les travaux, toutes les réglementations s'appliquent et, notamment, celle de la Police des Mines exercée par le Commissaire de la République et celle de la Police des Eaux 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.



## 1.5 - LES RELATIONS AVEC LES PROPRIETAIRES DU SOL

Dans 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 de dommages éventuels
- . si l'intéressé bénéficie d'un titre minier, d'un permis exclusif de recherche ou d'un titre d'exploitation, obtenir en cas de désaccord avec le propriétaire une autorisation d'occupation temporaire qui peut être octroyée dans certains cas très particuliers par le Commissaire de la République.  
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.
- . en dehors de tout titre minier et dans des circonstances exceptionnelles, demander, à défaut de consentement des propriétaires du sol, une autorisation du Ministre chargé des Mines, le Ministre de l'Industrie.

Dans tous les cas, à la fin d'une occupation temporaire, la remise en état des sols et des sites est effectuée et le propriétaire du sol reprend alors tous ses droits sur ses terrains.



## 2.1 - QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITE ?

La radioactivité, c'est la propriété que possèdent certains éléments de se transformer par désintégration en un autre élément (par suite d'une modification du noyau de l'atome) tout en émettant des rayonnements corpusculaires ou électromagnétiques.

## 2.2 - CATEGORIES DE RAYONNEMENTS

Les éléments radioactifs émettent, lorsqu'ils se transmutent, quatre sortes de rayonnements :

\* Le rayonnement "alpha"  $\alpha$   
Ce sont des noyaux d'hélium.

\* Le rayonnement "bêta"  $\beta$   
Ce sont des grains élémentaires d'électricité (électrons) animés d'une grande vitesse.

\* Le rayonnement "gamma"  $\gamma$   
Ce sont des ondes électromagnétiques.

\* Le rayonnement "X"  
Ces rayons sont de même nature que les rayons gamma. Ils accompagnent, en général, les rayons alpha et aussi certaines transformations de noyaux n'émettant ni alpha, ni bêta, ni gamma.  
Les rayons X peuvent aussi être engendrés indépendamment de la radioactivité, par exemple dans les tubes à haute tension utilisés en médecine (radio-diagnostic, radio-thérapie).

Les rayons "alpha" et "bêta" sont *émis* soit seuls, soit accompagnés d'un rayon "gamma". Ils sont éjectés à grande vitesse et ont, de ce fait, une énergie cinétique.

L'énergie des rayons "gamma" et "X" est liée non pas à une vitesse d'éjection (toutes les ondes électromagnétiques se transmettent à la vitesse de la lumière).

Les rayons "alpha", "bêta", "gamma", "X", pénètrent dans la matière qui les ralentit et absorbe peu à peu leur énergie par formation de paires d'ions. Ils sont appelés pour cette raison : "rayonnements ionisants".

PROPRIETES DES RAYONNEMENTS

Les rayons "alpha" sont très ionisants et, pour cette raison, ils sont freinés énergétiquement le long de leur trajet. Ils sont donc extrêmement actifs mais de sphère d'action réduite puisqu'ils ont une faible force de pénétration.

Les rayons "bêta" sont moins ionisants, donc plus pénétrants que les rayons "alpha".

Les rayons "gamma" traversent de grandes épaisseurs de matière. Leur profondeur de pénétration est fonction de leur énergie ; si celle-ci est élevée, ils ne peuvent pratiquement être arrêtés que par des matériaux lourds avec des épaisseurs qui se mesurent en décimètre (plomb) ou en mètres (béton).

Les rayons "X" ont des effets biologiques très analogues à ceux des rayons "gamma"

REMARQUE : Il existe deux autres rayonnements, non liés aux transmutations radioactives naturelles qui ont une grande importance en radio-protection :

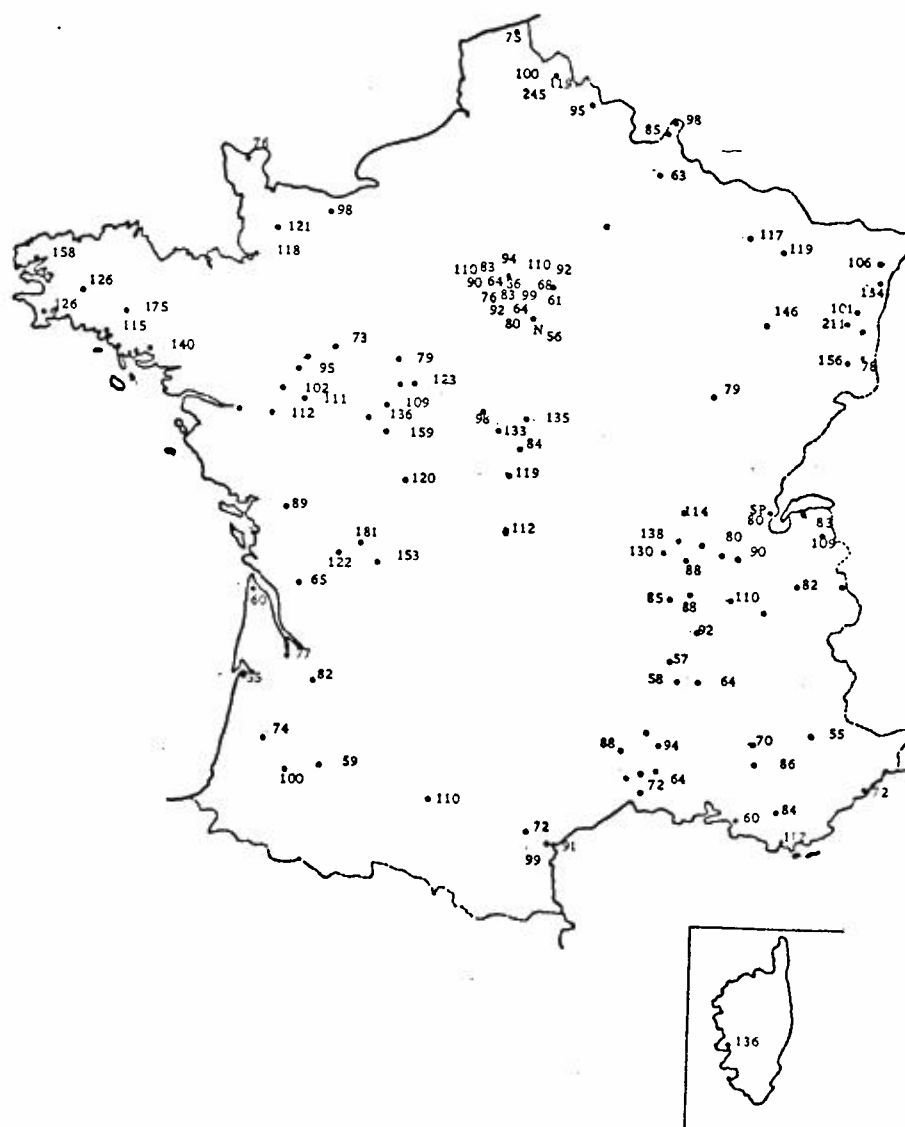
- les émissions de neutrons
- les émissions de protons

## 2.3 - DIFFERENTES SOURCES DE RAYONNEMENTS

### 2.3.1 - RAYONNEMENTS NATURELS

#### a) Irradiation externe

- Rayonnement cosmique : provient de l'univers interstellaire et nous arrive de toutes les directions de la voûte céleste.  
Le débit de dose varie peu du niveau du sol à 1 km d'altitude. Il augmente ensuite rapidement.
- Rayonnement tellurique : dû aux radioéléments naturels présents dans les roches de la planète (potassium 40, uranium, thorium, et leurs descendants, notamment radium). C'est essentiellement un rayonnement "gamma". Il dépend beaucoup de la nature du sol et est particulièrement important dans les régions granitiques relativement riches en uranium ou en thorium.



- Dose annuelle d'origine tellurique et cosmique en France (µrad/a ).

- . Irradiation artificielle : due principalement aux matériaux accumulés par l'homme pour construire les maisons, les lieux de travail, etc...

Le granit, la brique rouge et le béton représentent les matériaux les plus radioactifs. Le plâtre, les pierres calcaires et le bois conduisent aux doses absorbées les plus faibles.

#### b) Irradiation interne

Les radionucléides produits naturellement ou artificiellement pénètrent dans l'organisme humain par voie digestive et par voie respiratoire. Cette radioactivité est véhiculée de plusieurs manières :

##### \* radionucléides d'origine cosmique

La pénétration des rayons cosmiques dans la haute atmosphère se traduit par la naissance de produits radioactifs qui, après transformation, pénètrent par photosynthèse et métabolisme dans le règne végétal et animal.

##### \* radionucléides naturels principaux

Les radionucléides qui jouent une part prépondérante dans l'irradiation interne des individus sont le potassium 40, le rubidium 87, et les familles de l'uranium 235, 238 et du thorium 232.

Les doses d'irradiation varient avec les pays, les habitudes alimentaires, la consommation de tabac.

##### \* radionucléides gazeux

Le radon 222 et le radon 220 (appelé thoron) proviennent respectivement de l'uranium 238 et du thorium 232.

La nuisance principale qu'ils occasionnent consiste en une irradiation de l'appareil respiratoire. Ces gaz s'échappent du sol, de l'eau et surtout des bâtiments.

### 2.3.2 - RAYONNEMENTS ARTIFICIELS ET RAYONNEMENTS NATURELS RENFORCES

#### \* Les voyages en avion

se traduisent par un accroissement de la dose collective.

#### \* La combustion du charbon

dans les centrales thermiques, se traduit par le rejet de cendres volantes riches en radionucléides naturels.

#### \* Les matériaux de construction

leur utilisation systématique peut conduire à une augmentation importante de la dose annuelle dans la mesure où ils renferment des radionucléides à forte concentration.

#### \* Les rayonnements artificiels banalisés

il existe un grand nombre de produits de consommation courante qui contiennent des radionucléides. (VOIR LISTE EN ANNEXE - ANNEXE 1)

#### \* Industrie nucléaire

il s'agit surtout d'irradiation par contamination. On attribue en France à l'industrie

nucléaire quelques mrem/an pour les groupes vivants au voisinage immédiat des centrales ou usines de retraitement.

### 2.3.3 - CONTAMINATION ET IRRADIATION DUES AUX EXPLOSIONS NUCLEAIRES

Les essais nucléaires dans l'atmosphère se traduisent par la formation de radionucléides qui tombent progressivement sur le sol et dans les mers.

Les retombées nucléaires se traduisent par des irradiations internes et externes qui s'évaluent en moyenne à quelques mrad/an. Nous avons cependant une augmentation spectaculaire de certains produits radioactifs tel que le tritium par exemple.

### 2.3.4 - IRRADIATION MEDICALE

La dose relative à l'irradiation médicale présente plusieurs caractéristiques particulières notamment le fait que ce soit :

- la dose annuelle la plus élevée induite par une source de rayonnements non naturelle
- une dose "justifiée" par rapport à l'avantage attendu par l'individu et la société (examens médico-légaux)

Les irradiations médicales sont pratiquées à des fins thérapeutiques ou à visées diagnostiques.

## 2.4 - SOURCES DE RAYONNEMENTS D'UNE MINE D'URANIUM

Les 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 de radon, gaz radioactif qui se dégage en permanence, ainsi que de ses dérivés
- la contamination par les produits radioactifs contenus dans les eaux

### 2.4.1 - 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 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 concerne donc surtout le personnel d'exploitation.

On retrouve également une autre source d'irradiation qui n'est pas négligeable, surtout pour le personnel d'exploitation : le stockage des résidus de traitements et des différents matériaux qui contiennent des radionucléides naturels.

#### 2.4.2 - L'IRRADIATION INTERNE

Elle peut être causée par les poussières de minerais mises en suspension dans l'air, poussières qui contiennent tous les éléments dérivés de l'uranium, et surtout le gaz radon et ses descendants. Ce gaz radioactif se forme au sein de la roche à partir du radium. Il se 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.

#### 2.4.3 - LA CONTAMINATION DES EAUX

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.

Dans une exploitation de mine d'uranium, les 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 de 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.

Ces précautions permettent en principe le respect des concentrations admises pour les eaux de boisson à l'aval des exploitations minières d'uranium.

En résumé, on estime que les risques apportés à la population avoisinante proviennent :

- des rejets de l'air en provenance de la mine,
- des stocks de minerai ou de stériles (matériaux dont la teneur est trop faible pour être exploités) ; leur degré d'humidité doit être suffisant pour éviter l'envol de poussières radioactives,
- des bassins de décantation des eaux sortant des usines de concentration du minerai,
- des produits agricoles consommés du fait des retombées éventuelles de poussières ou des arrosages avec de l'eau présentant un taux de radioactivité élevé (ANNEXE 2),

(Normalement, si toutes les précautions sont prises, les risques d'irradiation et de contamination doivent être faibles).



### 3 - EFFETS DE RADIATION

(VOIR ANNEXE 3)

Toutes les radiations, qu'elles soient naturelles ou artificielles, qu'elles soient perceptibles ou non, exercent des effets plus ou moins importants sur les êtres vivants.

Ces effets se traduisent au niveau biologique par :

- l'altération des cellules de l'organisme,
- la mort si un organe essentiel est atteint, à court ou long terme, suivant les cas et les doses reçues.

A dose égale, les rayonnements alpha sont beaucoup plus nocifs que les rayonnements bêta. L'ionisation provoquée par un corpuscule bêta est clairsemée tandis que celle produite par un alpha est dense.

Les effets d'une irradiation dépendent de trois facteurs :

- le champ irradié, c'est-à-dire la région du corps ou l'organe qui a subi l'irradiation,
- la dose reçue,
- le débit sous lequel elle a été reçue.

La connaissance de ces trois éléments est indispensable pour apprécier le risque éventuellement consécutif à une irradiation.

#### CHAMP IRRADIE

On parle d'irradiation globale lorsque tout le corps d'un individu a été soumis au rayonnement et d'irradiation partielle lorsque seulement une partie de celui-ci a été exposée.

L'irradiation due à la composante tellurique et cosmique de la radioactivité naturelle est globale alors que celles consécutives aux examens radiologiques et à la radiothérapie ne sont que partielles ; en réalité, dans ces opérations, on ne peut jamais irradier une région du corps en annulant complètement la dose reçue par le reste de celui-ci mais on s'efforce d'avoir une dose aussi réduite que possible en dehors de la région examinée ou traitée.

En ce qui concerne la contamination radioactive, la répartition de l'irradiation dépend du contaminant, telle substance se concentrant plus spécialement dans tel organe (exemple : l'iode dans la glande thyroïde, le radium dans le squelette).

Les organes particulièrement sensibles sont : les organes formateurs de sang (moëlle osseuse, ganglions lymphatiques), le tube digestif et la paroi interne de l'intestin, la peau, les glandes sexuelles.

#### DOSE RECUE

La gravité des effets à court terme d'une irradiation aiguë croît avec la dose reçue. Après une irradiation globale, on constate chez l'être humain des malaises légers vers 100 rem, des nausées ou vomissements qui disparaissent en quelques jours vers 200 rem, ou des manifestations graves intestinales ou sanguines vers 400, 500 rem. L'irradiation globale peut être mortelle à partir de 500 - 600 rem en l'absence de traitement approprié.

## DEBIT DE DOSE

L'effet d'une dose totale donnée, appliquée à une région déterminée du corps, dépend de la "durée d'étalement", c'est-à-dire du débit de dose ou du fractionnement éventuel de l'exposition en plusieurs séances espacées. Les irradiations à fort débit sont, toutes choses égales par ailleurs, les plus nocives concernant les effets à court terme ; il en est probablement de même pour les effets à long terme.

L'influence du débit de dose est essentiellement liée aux processus de réparations des dommages biologiques.

Comme dans le cas d'atteinte par d'autres agents agressifs (brûlure, intoxication, infection), il y a guérison si la lésion n'a pas dépassé certaines limites, grâce aux réparations qui s'effectuent dans les cellules et au remplacement des cellules tuées par d'autres nées à partir du tissu sain.

## DIVERSES SORTES DE CONSEQUENCES DE L'EXPOSITION DES ETRES VIVANTS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

---

Les radiologistes classent les effets des rayonnements ionisants en deux catégories :

- \* les effets somatiques ou action sur les individus eux-mêmes,
- \* les effets génétiques ou action sur leur descendance.

### 1/ EFFETS SOMATIQUES

Ils peuvent être divisés en deux groupes :

- . effets précoces : ceux-ci concernent les irradiations aiguës c'est-à-dire à dose et débit de dose relativement élevés (ex. 50 rem en quelques minutes).
- . effets tardifs : ils peuvent concerner aussi bien les irradiations aiguës que les irradiations permanentes à plus faible débit de dose.

Les effets somatiques précoces diffèrent des effets tardifs par plusieurs caractères :

- Ils ne se manifestent que si la dose dépasse une certaine valeur, ou seuil d'action. Les seuils sont différents pour les divers effets.
- Leur apparition est certaine : après un temps de latence qui varie suivant l'effet considéré, mais dépasse rarement quelques jours à quelques semaines, ils se manifestent obligatoirement.
- Leur gravité croît en fonction de la dose. La dose mortelle pour l'homme, en l'absence de traitement, se situerait vers 500 - 600 rem pour une irradiation globale.



Exemple d'effet somatique précoce : action des rayons "bêta" sur la peau, par exemple sur une main :

au-dessus d'un seuil qui se situe vers quelques centaines de rem, on voit apparaître, suivant la dose, une simple rougeur, une brûlure ou érythème ressemblant à un coup de soleil (de 400 à 1000 rem) ou une atteinte grave (radiodermite) très longue à guérir (au-delà de 1500 rem).

Les effets somatiques tardifs sont notamment les cancers et les leucémies. Ils peuvent ne se manifester que des années ou des dizaines d'années après les irradiations. Trois caractères les opposent aux précédents :

- Il n'existerait pas de seuils d'apparition, c'est-à-dire que certains d'entre eux pourraient apparaître à partir de doses assez faibles.
- On ne les observe pas chez tous les sujets irradiés et le temps de latence (durée qui s'écoule entre l'irradiation et l'effet) est indéterminé.
- Leur gravité serait indépendante de l'importance de la dose reçue ; par contre, la probabilité d'apparition de l'effet augmenterait avec cette dose.

## 2/ EFFETS GENETIQUES

Les rayonnements ionisants peuvent produire des mutations. Elles se manifesteront peu chez les descendants directs des irradiés, mais surtout au cours des générations ultérieures.

Il faut admettre, par prudence, que les effets sont dépourvus de seuil et indépendants du débit de dose.

### Quelques exemples d'effets tardifs

#### 1 - Cancérisation

Toutes les radiations ionisantes sont cancérigènes. La probabilité de cancérisation par irradiation externe est assez faible dans l'ensemble. Les tumeurs malignes n'apparaissent jamais d'emblée, c'est-à-dire aussitôt après l'irradiation. La période d'incubation peut atteindre plusieurs dizaines d'années. Certains facteurs favorisent la cancérisation : foyers inflammatoires, prédispositions héréditaires, le tabac chez les mineurs d'uranium.

#### 2 - Peau

Radiodermites, néoplasme.

#### 3 - Squelette

Lésions malignes du squelette par des irradiations externes, mais surtout après pénétration d'un radioélément dans l'organisme.

#### 4 - Appareil respiratoire

Cancer du poumon chez les mineurs dû à l'inhalation excessive du gaz radon et des particules radioactives qui en dérivent.

Une partie est rejetée, l'autre se fixe sur l'arbre bronchique qui se trouve alors soumis à une irradiation alpha intense et ininterrompue.

5 - Thyroïde

Cancer de la thyroïde suite à l'irradiation du thorax chez des enfants atteints d'hypertrophie thymique (cette thérapeutique ne se pratique plus).

6 - Leucémie

De nombreuses observations prouvent incontestablement que les radiations ionisantes sont capables de provoquer des leucémies.

7 - Cataracte

Peut être produite par l'irradiation du cristallin.

8 - Raccourcissement de la longévité

Due surtout à l'augmentation des cancers et à une accélération du processus de vieillissement.

9 - Effets héréditaires

(voir plus haut)

10 - Incidence pour une femme enceinte

Les dangers concernent les doses d'irradiation supérieures à 1 rem reçue à l'abdomen dans les 6 premières semaines de la grossesse (destruction de l'oeuf ou du fœtus, malformation).

2/2