

RECHERCHES D'URANIUM MORBIHAN



DOSSIER UD CFTD 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" α
Ce sont des noyaux d'hélium.

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

* Le rayonnement "gamma" γ
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 :

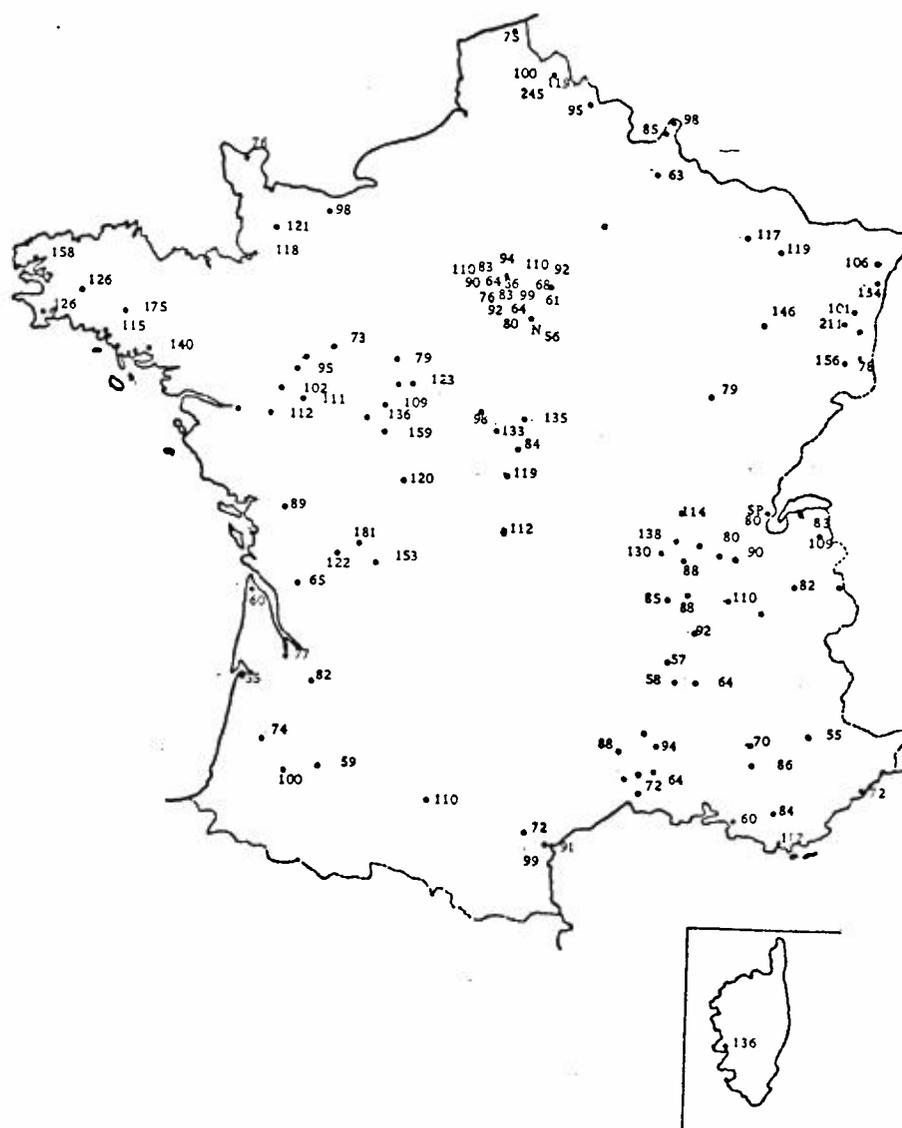
- les émissions de neutrons
- les émissions de protons

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

4 - SITUATION DES COMMUNES CONCERNEES PAR LES RECHERCHES
DANS LE MORBIHAN

4.1 - COMMUNES DU MORBIHAN CONCERNEES PAR LES PERMIS DE RECHERCHE

Deux sociétés ont fait des demandes : COGEMA et MINATOME

Certaines communes font l'objet de demande de ces deux sociétés :

*Plouray
Floerdut
Questembert
Rocheport-en-Terre
Larré
Malac
Pluherlin
Elven
Malansac
Pontivy
Bieuzy-les-Eaux
Quistinic
Le Sourn
Bubry
Cléguerec
Guern*

*Locmalo
Malguénac
Melrand
Pluméliau
St Barthélémy
Séglien
Allaire
St Jacut Les Pins
St Perreux
St Jean La Poterie
Bignan
Billio
Colpo
Cruguel
Guehenmo
Guillac*

*Lizio
Plaudren
Plumelec
Quily
Le Roc-St André
St Servant/sur/Oust
Sérent
St Jean Brévelay*

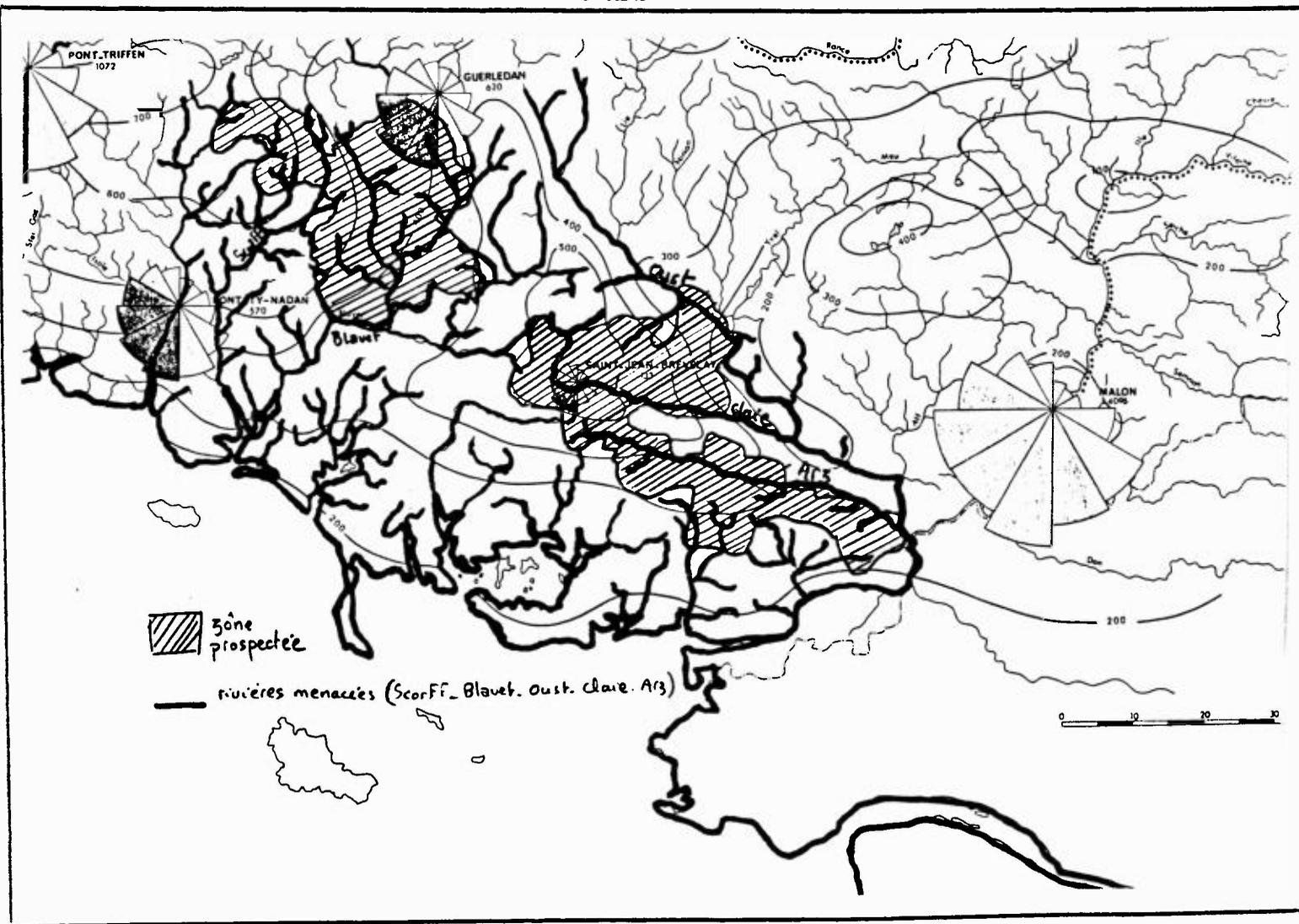
Au total, ce sont 40 COMMUNES concernées dans le département.

A noter également l'existence d'un nombre important de sites classés sur ces communes.

4.2 - L'EAU

Plusieurs rivières importantes passent dans les zones de recherches et peuvent être menacées en cas d'exploitation :

- le Blavet
- le Scorff
- l'Oust
- la Claie
- l'Arz



Lorsque l'on sait que l'alimentation en eau potable du Morbihan est pratiquement uniquement constituée d'eau de ruissellement de surface, on mesure les problèmes qui peuvent se poser.
A souligner également l'exploitation d'eau de source commercialisée à partir de LIZIO.

4,3 - L'INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE

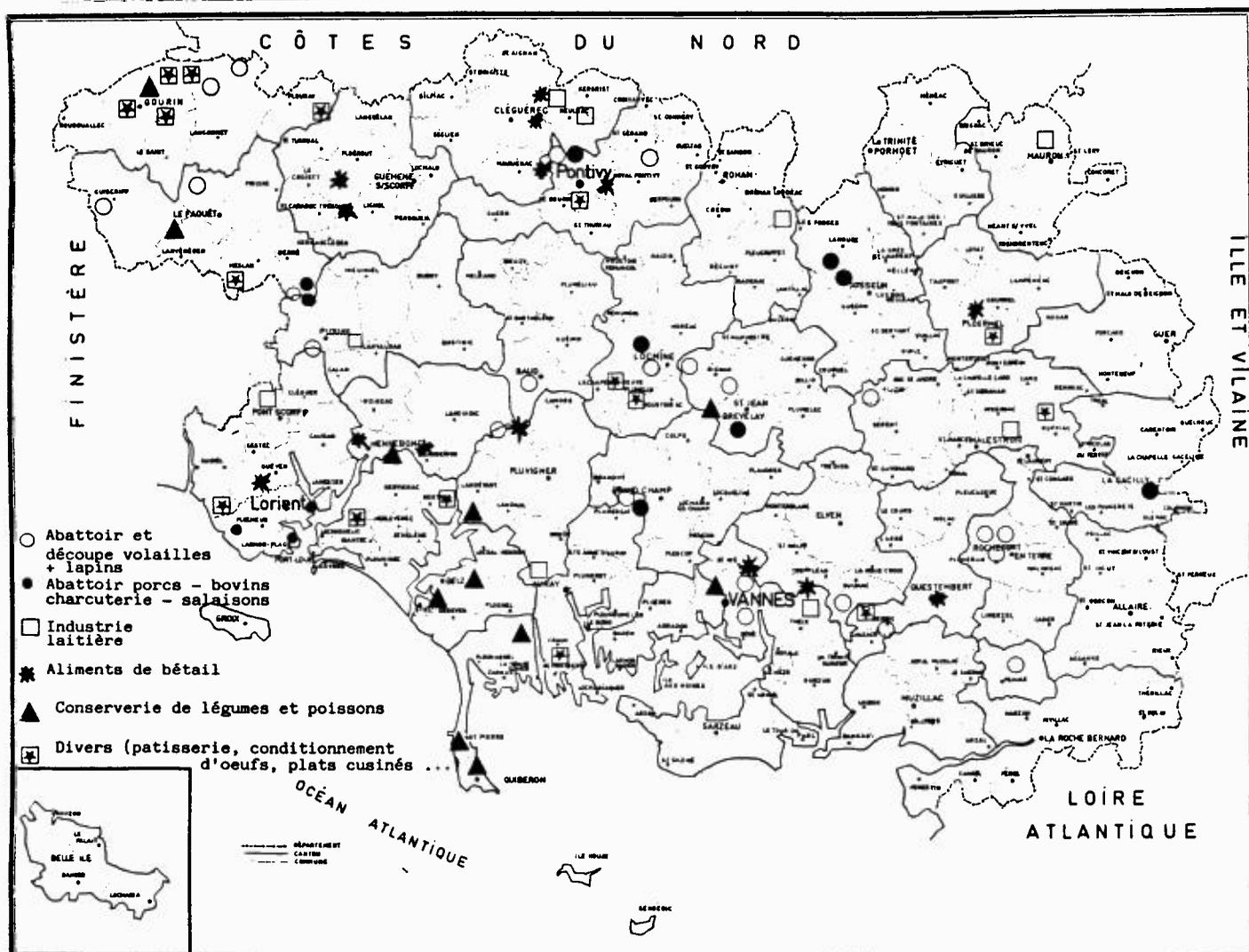
Au problème de l'eau se trouve immédiatement rattaché le problème de l'industrie agro-alimentaire qui, dans l'ensemble, est forte consommatrice d'eau.

La carte ci-contre montre que sont compris dans les zones de prospection :

- . 9 abattoirs ou ateliers de découpes de volailles (dont 7 en dindes) représentant plus de la moitié des abattages du Morbihan et plus de 3000 emplois,
- . 2 entreprises laitières,
- . 4 abattoirs porcs - bovins ou charcuterie - salaison,
- . 5 usines d'aliments du bétail, notamment dans le secteur de Pontivy,
- . 1 conserverie de légumes, des pâtisseries industrielles, un conditionneur d'oeufs,
- . 1 usine produisant de l'eau de source pour la consommation (de Lizio).

Cet ensemble d'entreprises représente un fort pourcentage des industries agro-alimentaires du Morbihan et emploie environ 6000 salariés.

On pourrait aussi ajouter les entreprises du Sud Morbihan qui s'alimentent avec de l'eau venue du nord, c'est-à-dire de la zone de prospection.



4.4 - L'AGRICULTURE

Les zones de prospection portent sur 20 % de la surface agricole utile du Morbihan. Elles concernent 5444 exploitations (20.9 % des exploitations du Morbihan).

Sur ces exploitations, en plus des cultures, on trouve :

- . 20.3 % du cheptel bovin lait ou viande du Morbihan,
- . près de 22 % du cheptel porcin,
- . 19 % des poules pondeuses,
- . plus du tiers de la volaille de chair élevée dans le Morbihan (poulets, dindes, pintades, canards).

SITES	GUERN + GLOMEL	PLUMELEC	CARGUILLOTIN - KERBELAY + TREMOUREUX
COMMUNES	PONTIVY - BIEUZY - QUISTINIC - LE SOURN - BUBRY - CLEGUEREC - GUERN - LOCMALO - MALGUENAC - MELRAND - PLUMELIAU - ST BARTHELEMY SEGLIEN - PLOURAY - PLOERDUT	BIGNAN - BILLIO - COLPO CRUGUEL - GUEHENNO - GUILLAC - LIZIO - PLAUDREN PLUMELEC - QUILY - ROC/ST/ ANDRE - SERENT - ST JEAN BREVELAY	QUESTEMBERT - ROCHEFORT/ en/TERRE - LARRE - MOLAC PLUHERLIN - ELVEN - MALANSAC - ALLAIRE - ST JACUT LES PINS - ST PERRELL ST JEAN DE LA POTERIE
NOMBRE D'HABITANTS	38 923	18 305	19 417
% / RAPPORT MORBIHAN	6.6 %	3.1 %	3.3 %
SURFACE AGRICOLE UTILE (EN HA)	41 401	24 716	19 050
% / RAPPORT MORBIHAN	9.7 %	5.8 %	4.5 %
NOMBRE EXPLOITATIONS	2 243	1 828	1 373
% / RAPPORT MORBIHAN	8.6 %	7.0 %	5.3 %
NOMBRE BOVINS (LAIT OU VIANDE)	26 005	20 233	15 993
% / RAPPORT MORBIHAN	8.5 %	6.6 %	5.2 %
NOMBRE DE TRUIES	8 285	6 265	1 803
% / RAPPORT MORBIHAN	11.1 %	8.4 %	2.4 %
NOMBRE DE POULETS + DINDES	1 265 000	2 211 000	761 000
% / RAPPORT MORBIHAN	10.0 %	17.4 %	6.0 %
NOMBRE DE POULES + POULETTES	474 000	345 000	232 000
% / RAPPORT MORBIHAN	8.7 %	6.3 %	4.2 %

L'agriculture est touchée au moins sous deux aspects par une éventuelle exploitation d'uranium dans le Morbihan :

- c'est une forte consommatrice d'eau,
- c'est aussi, évidemment, une utilisatrice de terrains cultivables.

Or, l'exploitation d'uranium risque de prendre beaucoup de terres à l'agriculture car il faut manipuler un gros volume de roches pour tirer peu d'uranium, les minerais bretons n'étant pas très concentrés.

Pour certaines exploitations agricoles, cette perte de terrain peut être fatale à leur survie.

D'autre part, les remises en culture des carrières sont toujours longues à se faire, souvent difficiles à exploiter (le niveau du sol ayant baissé, les terrains peuvent être humides) et ne concernent qu'une partie des terres prises à l'agriculture. En effet, il faut souvent aménager des plans d'eau qui n'existaient pas auparavant pour stocker l'eau de ruissellement captée par la carrière.

4.5 - L'ALIMENTATION

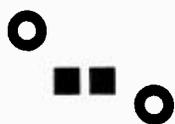
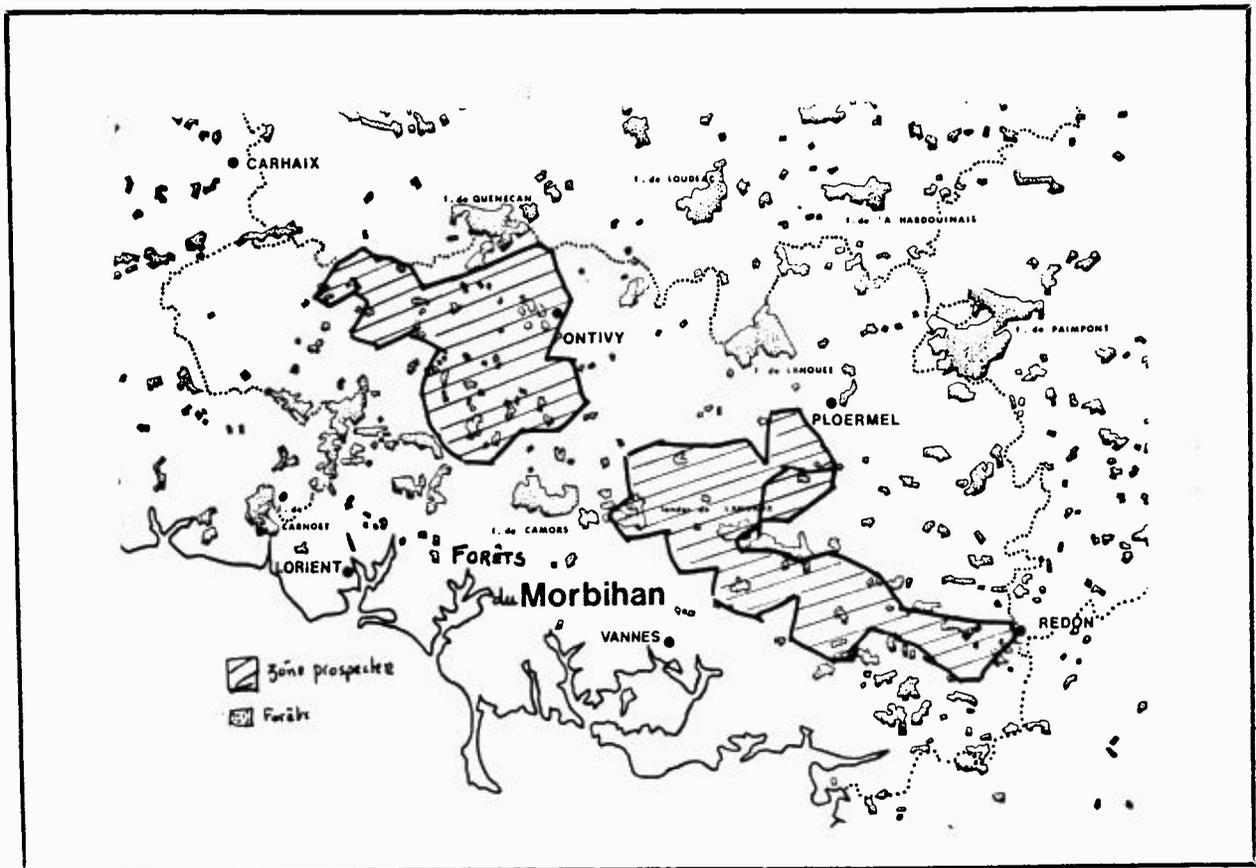
On ne peut terminer ce chapitre sur l'agro-alimentaire et l'agriculture sans rappeler les risques réels de concentration de la radioactivité tout au long de la chaîne alimentaire (VOIR ANNEXE 2)

Ce phénomène de concentration existe aussi pour tout ce qui touche à la vie aquatique (pêche, coquillages, crustacés, algues, etc...). Il a été de nombreuses fois mis en évidence par les scientifiques et il est parfaitement mesurable dans la nature.

4.6 - LA FORET

La forêt morbihannaise est déjà pauvre et, depuis longtemps, la CFDT prône son exploitation sérieuse qui permettrait de valoriser une matière première locale et de créer des emplois.

Les carrières ou les mines qui pourraient voir le jour peuvent amputer le patrimoine forestier, notamment dans la zone des Landes de Lanvaux.



<p>5 - LES CONDITIONS ET CONNAISSANCES NECESSAIRES A L'OUVERTURE DU CHANTIER</p>
--

L'élaboration d'un dossier d'étude d'impact, conformément aux dispositions réglementaires, est une entreprise délicate lorsqu'elle s'applique en préambule à l'ouverture d'une exploitation.

Ce document doit être très précis et de présentation accessible au Public.

Il doit proposer un plan général du dossier d'étude d'impact répertoriant l'ensemble des nuisances potentielles à analyser.

Il développera, ensuite, en détail, le programme des recherches nécessaires à l'étude de l'impact radiologique qui constitue la véritable clé de voute du dossier.

Ces recherches comprennent :

- * l'établissement d'un constat de l'état radiologique initial
- * l'évaluation des doses effectivement engagées par le Public du fait de l'ouverture de l'exploitation

5 - 1

DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES

La constitution d'un dossier d'impact sur l'environnement est, pour les maîtres d'ouvrage de certains projets, une obligation récente. En effet, les textes réglementaires pris en ce domaine en France sont :

- * Loi du 20 juillet 1976 relative à la protection de la nature et son décret d'application du 12 octobre 1977,
- * Loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement et son décret d'application du 21 septembre 1977.

Il est important de noter que ces documents sont destinés au Public, ce qui pose évidemment le problème de l'information du Public qui se présente pour tous les projets à vocation nucléaire puisqu'il s'agit d'être aussi complet que possible, sans pour autant submerger le lecteur de considérations techniques, mais aussi d'une compréhension aisée, sans prêter le flanc à la critique par suite d'une simplification abusive.

5 - 2

CONSTITUTION DU DOSSIER D'ETUDE D'IMPACT

Conformément à la loi du 20 juillet 1976, il doit suivre le plan général suivant :

⑤ - 2.1

ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

Elle doit porter notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels (agricoles, forestiers, maritimes, de loisirs, etc..) qui seront affectés par les installations projetées (mine par exemple), et, d'une façon générale, sur tous les paramètres nécessaires à l'évaluation des transferts dans le milieu naturel.

On doit aussi inclure dans ce chapitre : LE CONSTAT DE L'ETAT RADIOLOGIQUE INITIAL DU SITE appelé parfois état radiologique de référence ou état radiologique "zéro" qui seul permet une appréciation correcte de l'impact radiologique des installations projetées.

Schéma qu'il pourrait avoir

5 - 2.1 (a) - Caractéristiques générales de l'environnement

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| . situation géographique | . faune, flore |
| . relief | . population et habitat |
| . météorologie | . activités agricoles |
| . géologie | . activités industrielles |
| . hydrogéologie, hydrologie | . activités touristiques |

5 - 2.1 (b) - Description et analyse du paysage initial

- . éléments naturels structurants du paysage
- . éléments artificiels ponctuels du paysage

5 - 2.1 (c) - Conditions de circulation

- . voies de communication
- . volume et nature des trafics associés

5 - 2.1 (d) - Situation initiale relative au niveau phonique

- . inventaire des sources sonores existantes
- . mesures phoniques et analyse de la nuisance sonore initiale

5 - 2.1 (e) - Situation initiale relative à l'atmosphère

- . données météorologiques
- . qualité atmosphérique (analyse des nuisances existantes)

5 - 2.1 (f) - Situation initiale du milieu aqueux

- . données physiques des eaux de surface et des eaux souterraines
- . qualités chimiques des eaux de surface et des eaux souterraines
- . nature et importance des transports et dépôts solides

5 - 2.1 (g) - Etat radiologique de référence de la région du site

- . situation radiologique initiale de l'atmosphère
- . situation radiologique initiale des eaux (superficielles et souterraines)
- . situation radiologique initiale des sols et sédiments
- . situation radiologique initiale de la biosphère et plus particulièrement des chaînes alimentaires (voir chapitre suivant)
- . radiations ambiantes : mesures et cartographie

5 - 2.1 (h) - Conclusion

L'expérience montre, d'une façon générale, qu'un maître d'ouvrage (COGEMA, MINATOME... a intérêt à engager toutes les actions nécessaires à la constitution aussi exhaustive que possible de ce chapitre, afin qu'il ne lui soit pas éventuellement attribuées, par la suite, des nuisances dont il ne serait pas responsable.

5 - 2.2 ANALYSE DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

On pourrait procéder ainsi :

5 - 2.2 (a) - Caractéristiques de l'installation

- . description de l'installation et de son fonctionnement
- . données liées aux activités sur le site : personnel, aménagement, servitudes ...

5 - 2.2 (b) - Impact de l'installation sur l'environnement

- . phase d'exploitation
- . phase postérieure à la fermeture de l'installation surtout si les résidus miniers sont destinés à être stockés sur le site.

5 - 2.2 (c) - Impact socio-économique

- . description de l'investissement
- . impact social : emploi, apport démographique, structure d'accueil du personnel de chantier
- . impact économique

⑤ - 2.3

RAISONS POUR LESQUELLES LE PROJET A ÉTÉ RETENU

Il s'agit d'aller plus loin que la présence du minerai.

5 - 2.3 (a) - Critères liés à l'environnement

5 - 2.3 (b) - Critères de sûreté vis-à-vis des phénomènes extérieurs, naturels et artificiels

5 - 2.3 (c) - Critères liés à l'économie du projet

⑤ - 2.4

MESURES ENVISAGÉES PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE

- . Aménagement paysager
- . Mesures envisagées pour optimiser le trafic routier engendré par l'exploitation minière
- . Limitation du niveau phonique
- . Limitation et contrôle sur l'impact atmosphérique
- . Limitation et contrôle de l'impact sur les eaux
- . Limitation et contrôle de l'impact radiologique
- . Estimation des dépenses correspondant aux mesures de limitation et de compensation de l'impact sur l'environnement.

5 - 3

ETABLISSEMENT DU CONSTAT SUR L'ÉTAT RADIOLOGIQUE INITIAL DU SITE

Ce constat est une pièce maîtresse, puisque c'est à son issue que l'on aura l'état radiologique de référence, pour obtenir les mesures de l'état radiologique de référence. Il n'est nullement question d'entreprendre des mesures radiologiques tous azimuts dans l'environnement, une enquête sur le site s'avère le plus souvent nécessaire afin de concentrer les mesures sur les voies les plus probables du transfert de la radioactivité vers l'homme.

⑤ - 3.1

ENQUÊTE PRÉALABLE SUR LE SITE

Elle devrait être orientée vers une première connaissance qualitative ainsi que quantitative des domaines suivants :

- * utilisation de l'eau
- * pratique agricole
- * habitudes alimentaires de la population
- * activités touristiques et de loisirs

Son objectif est de sélectionner parmi les différentes voies potentielles d'exposition du public celles dont la probabilité d'utilisation ne sera pas négligeable lors du fonctionnement de l'exploitation et après cessation de celle-ci.

Nous prendrons ici quelques exemples de chaînes avec des risques d'irradiation à différents niveaux, la liste d'exemples étant bien sûr illimitée :

. Irradiation et contamination externe

Rejet → rivière → baignade : homme

. Contamination interne

Rejet → rivière → poissons → homme

Rejet → nappe phréatique : eau de boisson → homme

Rejet → rivière → vache → lait → homme

Il faudra compter sur une étude de 18 à 24 mois pour les mesures sur les milieux biologiques et un an au moins pour des mesures sur les milieux physiques. Tout cela à cause des variations saisonnières.

Il revient souvent plus cher, et pour des résultats médiocres, de faire ce constat en catastrophe que de le faire en ayant le temps d'y réfléchir et de faire un travail de terrain et de laboratoire sérieux.

⑤ - 3.2 PROGRAMME DES MESURES

Un certain nombre de mesures radiologiques à effectuer à ce stade initial seront, ultérieurement, reprises pour la surveillance de l'environnement lors du fonctionnement de l'exploitation minière. Elles constituent donc le point de départ de chroniques qui pourront être poursuivies parfois bien au-delà de la période d'exploitation.

- Les mesures seront effectuées périodiquement sur la durée du constat qui doit durer au moins un an (fréquence mensuelle serait idéale) sur des échantillons prélevés en divers points des voies potentielles de transfert (*)

(*) transfert : ex. eau → plante → homme

- L'ensemble des mesures est regroupé sous forme de tableaux.
- Cartographie de l'intensité des rayonnements ambiants.

5 - 4 EVALUATION DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE

C'est une opération complexe mettant en jeu par exemple des enquêtes de terrain, des données expérimentales en laboratoire en in situ ainsi que des modélisations des étapes du transfert de la radioactivité vers l'homme.

Les diverses opérations nécessaires à l'évaluation de l'impact radiologique peuvent être schématiquement regroupées en 6 étapes qui sont :

- o la définition des termes sources
- o l'examen sur le terrain des voies de transfert
- o la recherche des voies les plus critiques
- o la recherche de données expérimentales sur les coefficients de transferts (en laboratoire et in situ)

- o la modélisation quantitative des voies critiques
- o le calcul des expositions des personnes du public

Ces études sont chères et leur coût doit rester compatible avec l'enjeu économique du projet.

5 - 4.1

DEFINITION DES TERMES SOURCES

Il faut entendre par terme source l'expression sous forme de moyennes et de maxima des concentrations et flux en radioisotopes du milieu naturel immédiatement en aval des installations minières.

La définition quantitative des termes sources pour un projet est extrêmement délicate. Elle dépend en effet d'une multitude de facteurs dont certains peuvent d'ailleurs évoluer dans le temps (ex. : cadence de l'exploitation).

Un certain nombre de ces facteurs peut être déjà connu au moment de la production du dossier d'impact. D'autres, par contre, ne seront véritablement appréciés qu'après l'ouverture de l'exploitation. Or, à la différence des dossiers de sûreté tels qu'ils sont établis pour les installations nucléaires de base, il n'existe pas, pour le dossier d'étude d'impact, de procédure de révision périodique du document. Le rédacteur se trouve alors confronté au problème suivant : fournir une évaluation vraisemblable de l'impact radiologique à partir de données de bases assez peu fiables ou inexistantes.

5 - 4.2

EXAMEN SUR LE TERRAIN DES VOIES DE TRANSFERT A L'HOMME

La diversité écologique de l'environnement naturel implique une variété considérable des voies possibles de transfert des radios éléments vers l'homme :

- l'utilisation de l'eau en aval du site
- les habitudes alimentaires de la population
- les activités touristiques et de loisirs

5 - 4.3

RECHERCHE DES VOIES DE TRANSFERT LES PLUS CRITIQUES

Cette étape de l'étude revient à sélectionner parmi les groupes de population précédemment distingués, celui ou ceux qui présentent la potentialité d'exposition la plus élevée.

5 - 4.4

RECHERCHE DE DONNEES EXPERIMENTALES SUR LES COEFFICIENTS DE TRANSFERT

Les coefficients de transfert sont l'expression de la variation de la concentration d'un radioélément donné dans le milieu qui constitue son support entre deux points d'une même chaîne de transfert de la radioactivité.

5 - 4.4 (a) - Recherche expérimentale des coefficients de transfert du milieu physique naturel

D'importantes recherches ont eu lieu sur ce thème. Il est nécessaire de mettre en oeuvre des campagnes de simulation de diffusion en vraies grandeurs par lâcher de traceur.

5 - 4.4 (b) - Recherche expérimentale des facteurs de concentration dans les chaînes alimentaires

Là encore, le stock d'information existant est important. Mais il est courant de constater que les chaînes alimentaires mises en évidence par de précédentes enquêtes soient suffisamment particulières pour ne pas correspondre à la situation.

Il faut donc entreprendre des expériences qui tiennent compte du terrain.

Il est particulièrement souhaitable de connaître les opérations de l'industrie alimentaire (lavage, broyage, congélation, etc...) pour les estimations des quantités de radioéléments parvenant réellement jusqu'au consommateur.

5 - 4.5 MODELISATION QUANTITATIVE DES VOIES CRITIQUES

Recherches bibliographiques et mesures servent à l'élaboration de modèle de transfert permettant de suivre mathématiquement le cheminement jusqu'à l'homme des radionucléides dispersées dans le milieu naturel.

5 - 4.6 CALCUL DES EXPOSITIONS DES PERSONNES DU PUBLIC

Ces calculs peuvent montrer que la radioactivité apportée dans certains milieux ou aliments pourra être distinguée des fluctuations naturelles par définition ; il y a alors un impact radiologique qui doit être quantifié.

5 - 5 CONCLUSION

L'objectif est d'arriver à convaincre tant les administrations que les exploitants qu'un dossier d'étude radiologique sérieux demande beaucoup de travail et qu'il faut s'y prendre très à l'avance. La principale difficulté pour l'exploitant va consister à opérer un choix entre les actions nécessaires pour répondre aux exigences des administrations responsables de celles qui peuvent apparaître superflues. Aucune règle générale ne pourra être retenue, chaque site représentant un cas d'espèce.

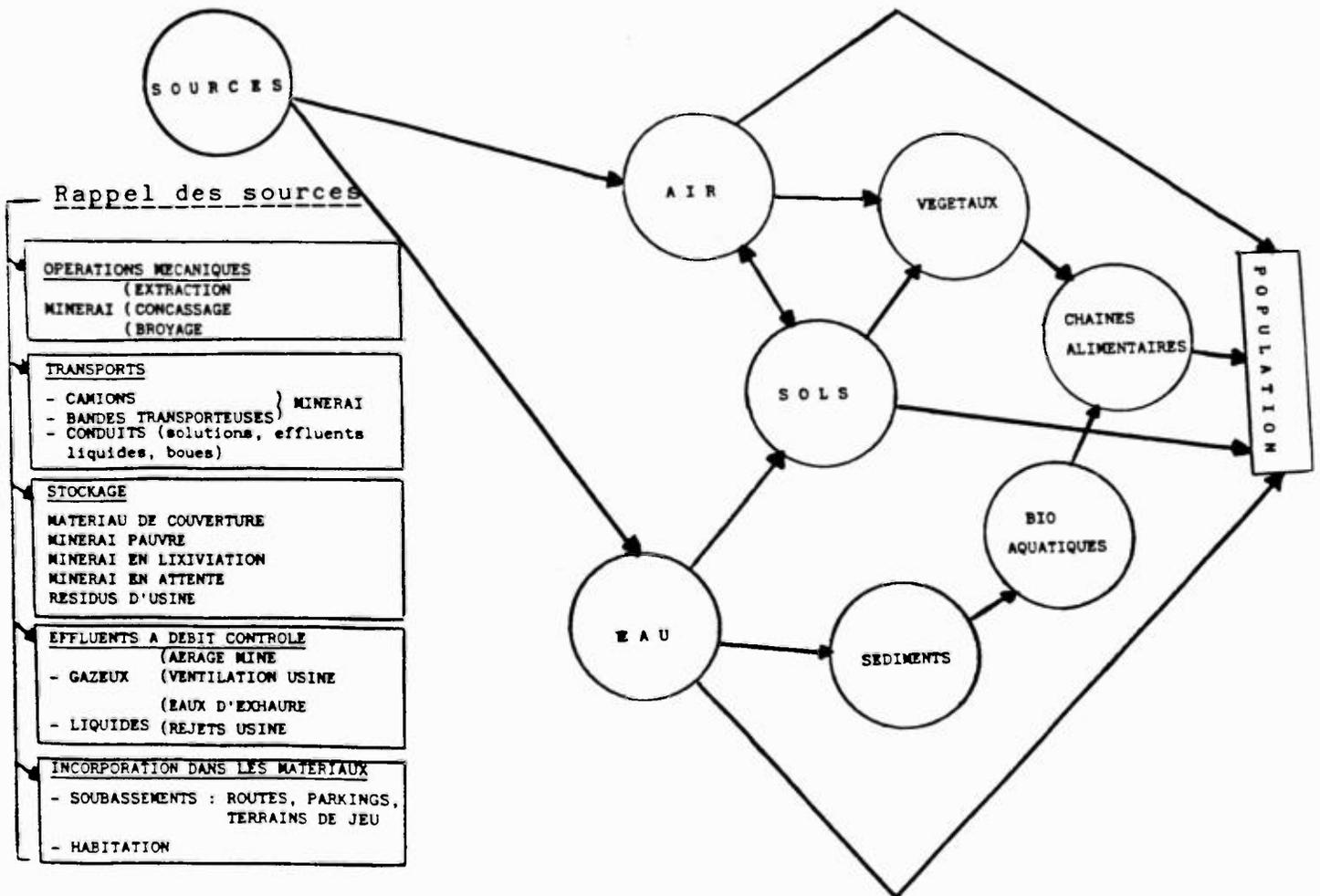


6 - IMPACTS RADIOLOGIQUES LORS DE L'EXTRACTION, DU TRAITEMENT ET APRES

INTRODUCTION

L'industrie nucléaire cherche à être irréprochable. Aussi, dans le but d'appréhender la globalisation des conséquences radiologiques, il est nécessaire de déterminer tous les impacts radiologiques même si on considère qu'ils sont très minimes comme dans l'extraction des minerais d'Uranium.

6 - 1 VOIES DE TRANSFERT (VOIR ÉGALEMENT ANNEXE 4)



⑥ - 1.1 SELECTION DES VOIES DE TRANSFERT LES PLUS SIGNIFICATIVES

Parmi les nombreuses voies de transfert des radionucléïdes, nous prenons celles qui sont les plus critiques.

Influence de la spécificité du site sur l'importance des voies de transfert

Les voies de transfert critiques sont différentes d'un site minier à un autre, elles dépendent :

- de la disposition du site minier par rapport aux lieux habités actuels ou futurs,
- de l'utilisation du sol,
- de la capacité de dispersion du site,
- de la capacité d'absorption des milieux récepteurs.

Ainsi, les dernières voies de transfert qui mènent à l'homme peuvent être reliées :

- à l'atmosphère (inhalation, irradiation externe),
- à l'eau,
- aux poissons,
- au lait,
- à la viande des animaux autres que poissons,
- aux légumes,
- aux céréales,
- aux fruits,
- au vin, cidre, etc...

Les voies de transfert ayant amené les radionucléïdes aux milieux récepteurs sont plus ou moins complexes :

- introduction directe dans le cas de la chaîne : eau - poissons,
- introduction indirecte comme par exemple les chaînes :
 - . eau - sédiments - poissons - chair du poisson,
 - . irrigation ou inondation - terre - racines des plantes - partie foliaire des plantes - animaux - chair et lait,
 - . air - dépôts foliaires - absorption foliaire.

⑥- 1.2

MODELISATION DES VOIES DE TRANSFERT

Pour quantifier les flux le long des voies de transfert, on dispose de modèles mathématiques.

Irradiation externe

L'irradiation externe est calculée en fonction, de l'intensité et de la géométrie des sources, de l'angle sous lequel elles sont vues par la population et de la distance à laquelle se situe la population. En général, cette irradiation n'existe pas pour la population si le confinement des résidus, en particulier, est bien fait.

Dispersion atmosphérique

Des modèles mathématiques permettent de calculer des coefficients de transferts atmosphériques pour les gaz en particulier. Les modèles les plus complets sont basés sur les paramètres :

- vitesse et fréquence du vent dans chaque secteur autour des sources,
- dispersion verticale (épaisseur des couches de mélange, classes de stabilité),
- températures et principalement durées des périodes d'inversion de température,
- pluviométrie,
- hauteur de l'émission,
- topographie.

Pour avoir une bonne connaissance de ces paramètres liés aux variations saisonnières, il faut collecter les données pendant 1 à 3 ans.

En première analyse, on peut utiliser des abaques simplifiées qui réduisent l'ensemble des caractéristiques météorologiques aux 2 situations suivantes :

- mauvaises conditions de dispersion (vents dont la vitesse est inférieure à 1,5 m/s.)
- bonnes conditions de dispersion (vents dont la vitesse est supérieure à 1,5 m/s.)

Ces abaques permettent de dégrossir les problèmes en l'absence de données précises obtenues sur le site même ; connaissant l'intensité de la source on en déduit, pour toute distance sous le vent, la valeur des concentrations maximales au niveau de même hauteur que le point d'émission. Ces abaques ne doivent pas être utilisées à faible distance et ne sont d'aucun secours en cas d'inversion de température. Il s'agit de valeurs ponctuelles.

A des distances de la source comparables aux dimensions des bâtiments ou des obstacles naturels, on observe souvent des zones de concentration élevées et difficiles à calculer dues à l'existence de tourbillons. Une cheminée protège des retombées au sol sur une distance de cinq à six fois sa hauteur.

Rappelons que pour quantifier l'impact radiologique on doit disposer de valeurs annuelles qui correspondent à des valeurs de concentrations moyennes autour du site.

Pour obtenir ces valeurs moyennes on doit connaître en plus des coefficients de transfert atmosphériques (bonnes et mauvaises dispersions) :

- la rose des vents,
- les fréquences d'occurrence des situations de bonnes et mauvaises dispersions dans chaque secteur de la rose des vents.

Ce modèle simplifié ne s'applique qu'en région de plaine et sans tenir compte des variations de température et des chutes de pluie ou de neige.

Ces modèles pourraient s'appliquer au transfert des poussières mais à condition d'y introduire des paramètres relatifs :

- à l'envol des poussières (qui dépend de la fréquence des vents forts supérieurs à 5 m/s et à 10 m/s.) ,
- aux dépôts par gravité,
- à la perte par lavage de l'atmosphère,
- à l'interception par le relief,
- à l'interception par la végétation.

L'étude prévisionnelle du transfert des poussières est très complexe et les résultats très approximatifs. Il est plus réaliste de faire des mesures sur place.

Migration dans les sols

Le modèle mathématique utilisé est basé sur :

- la porosité du sol,
- la masse spécifique du sol,
- le coefficient de transfert du radium entre l'eau et le sol,
- la concentration en radium de l'eau qui traverse le sol,
- la vitesse à laquelle l'eau traverse le sol,
- le coefficient de diffusion du radium.

On peut ainsi déterminer :

- soit l'épaisseur de sol nécessaire pour que, au bout d'un temps donné, la concentration de radium dans l'eau ne dépasse pas une limite fixée,
- soit calculer le temps au bout duquel, pour une épaisseur de sol donnée, on ne dépasse pas la limite fixée.

Dépôts foliaires

Seules les particules fines (inférieures à 1 micromètre) sont retenues par les feuilles.

Un modèle mathématique unique est délicat à appliquer ; les espèces, selon leur morphologie, auront plus ou moins de capacité à intercepter et retenir les poussières. Des études sont faites en fonction des espèces et on constate que le rapport : poids de poussières retenues au poids de plante sèche peut varier d'un facteur 20 selon les espèces et les conditions climatiques.

Il est donc important d'obtenir les valeurs caractéristiques à chaque plante étudiée.

Irrigation avec de l'eau chargée en radium

Les radionucléides peuvent atteindre la plante :

- soit directement par dépôt sur la partie aérienne de la plante,
- soit indirectement par absorption racinaire.

La voie par dépôt sur la partie aérienne est la plus importante. Son estimation dépendra :

- de la fréquence des arrosages,
- du débit d'arrosage,
- de l'activité de l'eau d'arrosage,
- de la nature de la plante.

Ainsi les concentrations dans les plantes peuvent varier d'un facteur 10 en un même lieu du fait même de leur nature.

Les calculs donnent des valeurs très approximatives et autant que faire se peut, il est recommandé d'effectuer des mesures.

Concentration en radium dans les milieux vivants

Les modèles utilisent le facteur de transfert comme paramètre essentiel.

Le facteur de transfert est défini par le rapport de l'activité massique d'un radionucléide présent dans le maillon n+ 1 à l'activité massique du même radionucléide dans le maillon n, l'activité étant rapportée au même poids pour chacun des deux maillons.

Les besoins alimentaires de l'homme, en ce qui concerne le calcium, sont très élevés et pratiquement incompressibles, notamment pour les jeunes. Comme le radium est un alcalinoterreux, malgré sa parenté très lointaine avec le calcium, il a paru important de suivre le comportement des deux éléments dans les chaînes trophodynamiques, d'où le fréquent recours à la notion de rapport absorbé :

$$\frac{\text{Ra/Ca dans le maillon } n + p}{\text{Ra/Ca dans le maillon } n}$$

Par exemple, dans la chaîne eau - plancton - poissons herbivores - poissons carnivores, s'il s'agit du radium dans les poissons carnivores par rapport au radium dans le plancton, on aura $n = 1$ $p = 2$.

6 - 2 SOURCES RADIOACTIVES

Dans le cas des mines d'extraction, c'est surtout le stockage des résidus de traitement de l'usine qui pose problème.

⑥ - 2.1 DESCRIPTION DES SOURCES RADIOACTIVES

Elles sont définies par les caractéristiques suivantes :

- nature physico-chimiques,
- radioactivité contenue,
- possibilité d'émettre les radionucléides qu'elles contiennent,
- dimensions,
- situation géographique.

Les principales sources à considérer sont, par ordre décroissant de radioactivité :

- stockages de résidus de traitement de l'usine,
- effluents à débit contrôlé des :
 - . mines souterraines
 - . mines à ciel ouvert
- stockage des minerais,
- tas de matériaux pour la lixiviation,
- effluents à débit contrôlé de l'usine,
- incorporation dans les matériaux.

Les autres sources telles que les transports par camions, bandes, conduites ... les stockages de matériaux de couverture, de matériaux dont la teneur est trop faible pour être exploités dans l'usine (stériles, lixiviation ...) sont en moyenne, autour du site, des sources négligeables par rapport aux précédentes ; cependant, elles doivent être, dans certains cas, prises en compte pour examiner l'impact local.

⑥ - 2.2 STOCKAGE DES RÉSIDUS DE TRAITEMENT DE L'USINE

Les résidus contiennent tous les radionucléides naturels, sauf l'uranium, qui étaient dans les mines, l'activité est d'environ 70 % de celle de l'ensemble du minerai traité sur place.

Etant donné que le stockage des résidus regroupe l'activité de tous les minerais voisins ou non d'un site donné, il représente la plus grosse source radioactive potentielle sur ce site.

Le stockage des résidus est également la source qui a la plus grande surface apparente et son ouverture sur les vecteurs, air et eaux de surface sera variable en fonction :

- de son lieu géographique et de la nature du confinement :
 - . plateau
 - . fosse
 - . vallée
 - . carrière
- de son mode de gestion :
 - . humidité inférieure à 60 % (fraction du volume des pores remplies d'eau)
 - . humidité inférieure à 100 %
 - . sursaturés
 - . recouverts d'une couche d'eau plus ou moins épaisse
 - . recouverts d'une couche de matériaux non radioactifs plus ou moins épaisse
- des caractéristiques du sol de soubassement :
 - . hydrogéologie,
 - . nature des matériaux
- des conditions atmosphériques :
 - . vent (vitesse, direction, fréquence)
 - . température (y compris le phénomène d'inversion de la température)
- du temps :
 - . pendant exploitation,
 - . après exploitation

Tous ces paramètres conditionnent l'émission des rayonnements et la mobilisation des radionucléïdes que le stockage contient. On remarque également que c'est à cette source que l'on associe le plus grand nombre de voies de transfert :

- irradiation externe par exposition directe (lieux d'habitation ou lieux de passage situés à proximité et au-dessus des lieux de stockage),
- émission de radon et, pour certaines régions, pertes de poussières par érosion éolienne,
- entrainement par les eaux de ruissellement, des radionucléïdes solubles,
- éventuellement, rupture de confinement des boues.

⑥ - 2.3 EFFLUENTS À DÉBIT CONTRÔLÉ DÛS AUX MINES

- MINE SOUTERRAINE

En ce qui concerne les effluents gazeux, elle constitue essentiellement une source ponctuelle de radon dont on peut mesurer le débit à la sortie des cheminées d'aération. Compte-tenu du temps mis par le radon à sortir des mines, les effluents contiennent des descendants dont le facteur d'équilibre radioactif peut tendre vers 1.

L'émission de poussières radioactives est en général négligeable par rapport à l'émission de radon. Ces émissions ne sont pas influencées par les conditions atmosphériques.

En ce qui concerne les effluents liquides, elle peut constituer également une source ponctuelle facile à contrôler.

- MINE A CIEL OUVERT

Pour les effluents gazeux et l'émission de poussières radioactives, la mine à ciel ouvert constitue une source de grandes dimensions, difficilement contrôlable et d'intensité variable puisqu'elle dépend des conditions atmosphériques en plus des conditions techniques d'exploitation, et notamment de l'utilisation des explosifs.

Pour les effluents liquides, elle constitue, comme la mine souterraine, une source ponctuelle facile à contrôler.

Dans les mines, les effluents liquides viennent d'eaux de surface ou souterraines qui ont pénétré dans les chantiers soit directement (eau de pluie dans les mines à ciel ouvert), soit par des voies souterraines ou des fissures. A ces eaux peuvent s'ajouter le fluide de forage, les eaux apportées par le remblayage et les infiltrations provenant de tas de stériles, de tas de lixiviation abandonnés et de tas de minerais.

Le volume de ces eaux est variable et leur rejet peut être réduit si :

- . elle est utilisée dans la mine pour les besoins en eau,
- . on colmate les sources au moyen de ciment,
- . on détourne les eaux de surface qui alimentent les mines,
- . on utilise cette eau dans l'usine de traitement et/en récupère éventuellement l'uranium
on

⑥ - 2.4

STOCKAGE DES MINERAIS

Bien qu'étant une source de grandes dimensions, la surface apparente et l'activité radioactive contenue sont nettement plus faibles que dans le stockage de résidus de traitement de l'usine.

On retrouve ici les mêmes voies de transfert que dans le cas du stockage des résidus mais avec des débits de radioactivité très nettement inférieurs, cette différence étant due, non seulement à la plus faible activité contenue dans la source mais aussi à cause des caractéristiques physico-chimiques moins favorables à l'ouverture sur les vecteurs de transfert.

Toutefois, les opérations de concassage et de broyage constituent une source de poussières à considérer si le minerai est sec.

⑥ - 2.5

TAS DE MATÉRIAUX POUR LA LIXIVIATION

La teneur en uranium et l'activité radioactive en jeu sont très inférieures à ceux du stockage de minerai. De plus, les liquides de lixiviation sont récupérés et les possibilités de fuites étant très réduites, on peut considérer que le transfert d'effluents liquides est négligeable. Les effluents gazeux et les émissions de poussières sont également négligeables en cours d'exploitation. A long terme, les feuilles de plastique destinées à la récupération des liquides se détériorent et les infiltrations d'eaux de pluie sont à considérer. L'émission du radon l'est aussi en fonction du volume des matériaux traités.

6 - 3

ETUDE DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE

LES LIMITES DE L'IMPACT - Qui subit le détriment ?

L'étude de l'impact radiologique consiste à quantifier les concentrations en radionucléides relatifs à chaque vecteur et milieu récepteur, ainsi que les débits de radioactivité des voies de transfert pour en déduire les irradiations auxquelles le public risque d'être exposé.

Il est à noter qu'en l'absence de public, l'impact radiologique est nul par définition. C'est-à-dire qu'il n'est pas associé de détriment au fait que l'environnement et la biosphère reçoivent une charge de radioactivité supérieure à celle qu'ils auraient naturellement.

De même, on notera que les groupes critiques ne sont considérés que statistiquement, on ne s'intéresse pas aux doses individuelles, si les limites de dose individuelle ne sont pas dépassées.

⑥ - 3.1

JUSQU'À QUELLE DISTANCE FAUT-IL ÉTUDIER L'IMPACT RADIOLOGIQUE ?

Certains radionucléides sont susceptibles d'être dispersés à de très grandes distances (radium, poussières radioactives issues du minerai) voire dans toute la biosphère (radon).

Les concentrations deviennent, bien sûr, très rapidement non détectables.

Cependant, elles sont calculables théoriquement et, compte-tenu de ce que la population prise en compte croît avec la distance, la dose collective associée aux populations lointaines peut ne pas être faible vis-à-vis de celle associée aux populations locales. Pour rester dans le domaine du bon sens et, également, pour être opérationnel, nous considérons trois zones :

- . la zone où la population, si elle y réside, risque d'être soumise à une exposition supérieure aux limites annuelles imposées par la législation. On peut appeler cette zone : Zone de Détriment Individuel Potentiel.
- . la zone qui s'étend au-delà et jusqu'aux distances telles que l'influence de l'activité minière n'est plus détectable expérimentalement parmi les fluctuations naturelles. On peut appeler cette zone : Zone de Détriment Collectif Potentiel.
- . la zone qui s'étend au-delà de la zone précédente.

Il est clair que suivant la voie de transfert considérée, il y aura, à chaque fois, à définir la surface de ces zones. La première permet de définir la capacité du site environnant le site minier à recevoir un radionucléide le long d'une voie de transfert donnée ; c'est la quantité de radioactivité qui, dispersée dans l'environnement, aboutit à une zone 1 de surface supérieure ou égale à celle de la concession. La deuxième zone n'est définie qu'à partir des données expérimentales supposées récoltées, avant ouverture du chantier minier, sur l'état radiologique initial du site.

⑥ - 3.2

PENDANT COMBIEN DE TEMPS DOIT-ON ÉTUDIER L'IMPACT RADIOLOGIQUE ?

Certains radionucléides transférables ont une période radioactive très longue (thorium : 80 000 ans, radium : 1600 ans) et certains rejets de radioactivité risquent donc d'être théoriquement de durée infinie à l'échelle humaine. Le calcul de la dose collective des populations futures est un exercice auquel on peut se livrer. Il aboutit facilement, si le temps d'intégration n'est pas limité, à une prépondérance des détriments du futur vis-à-vis de ceux du présent. Toujours pour rester dans les limites du bon sens et de l'opérationnel, nous considérons 4 périodes :

- la période d'exploitation du site minier,
- la période de remise dans le domaine public avec maintien d'une surveillance par un organisme institutionnalisé,
- la période où les déchets sont abandonnés sans surveillance,
- la période où des bouleversements géologiques deviennent vraisemblables.

⑥ - 3.3

DE QUEL NIVEAU D'INFORMATION FAUT-IL DISPOSER EN CE QUI CONCERNE LA VARIABILITÉ DANS LE TEMPS ?

Contrairement au cas de certains toxiques chimiques qui peuvent avoir des effets instantanés ou à court terme, les doses d'irradiation que le public peut absorber aux alentours d'un site minier sont toujours faibles, et seuls les effets à long terme sont à envisager. Cela signifie que l'on peut ne s'intéresser qu'aux quantités de radioactivité reçues sur un temps assez long, par exemple l'année. La connaissance des débits d'irradiation à existence plus courte n'est utile qu'au niveau des interprétations.

6 - 3,4

DONNÉES SUR L'ÉTAT RADIOLOGIQUE INITIAL DANS L'ENVIRONNEMENT
DES SITES MINIERES

RADON

Les valeurs sont très variables d'un site à l'autre et variables également en fonction de la méthode de mesures qui permet d'obtenir des valeurs soit ponctuelles, soit moyennes. Les mesures doivent donc être conduites avec soin et interprétées avec prudence.

En ce qui concerne le flux de radon, les valeurs mesurées s'étalent entre 10^{-13} et 10^{-11} Ci / M² . s. la moyenne admise à la surface de la terre est de 5.10^{-13} Ci / m² . s.

En ce qui concerne la concentration de l'air en radon, les valeurs s'étalent de 0,01 à quelques picocuries par litre.

Rappelons qu'il n'est pas possible d'extrapoler les valeurs d'un site à un autre et à chaque nouveau site correspond de nouvelles valeurs.

POUSSIÈRES

Dans l'atmosphère, les concentrations en radioéléments à vie longue sont à la limite de sensibilité des appareils de surveillance (10^{-3} pCi / m³)

Au voisinage des installations de broyage, on peut rencontrer, si le minerai est sec, des concentrations de l'ordre de 1 à 10 pCi/m³.

Il existe peu de données concernant les concentrations en poussières avant exploitation, cependant, à titre indicatif, on peut citer la valeur de 5.10^{-4} pCi/m³ en uranium 238 mesurée près d'un futur site minier français.

RADIUM

Le radium peut être mesuré dans les eaux ou dans certains milieux récepteurs destinés directement ou indirectement à l'alimentation de la population.

6 - 4

CALCUL DES DOSES COLLECTIVES

Ce calcul peut être fait compte-tenu des habitudes alimentaires, du nombre d'habitants dans les zones où les irradiations dues au site minier sont significatives par rapport aux irradiations naturelles, du lieu d'habitation et de la répartition du temps de présence autour du site minier.

Ces calculs ne peuvent être qu'approximatifs et demandent un long travail de recherche de données.

Les modèles mathématiques qui aboutissent à la détermination des doses engagées pour différents organes utilisent des valeurs moyennes déduites de mesures et d'hypothèses. Outre la connaissance des paramètres cités précédemment, il faut considérer :

- l'ingestion d'eau de boisson
- consommation des produits de la pêche :
 - . quantité ingérée
 - . facteurs de concentration eau - poissons
- consommation de produits du jardin :
 - . quantité d'eau d'arrosage
 - . concentration en radionucléides dans le sol
 - . coefficient de transfert terre-légumes pour les diverses variétés (légumes à feuilles et à fruits, fruits et légumes à racines avec :
 - * absorption par voie foliaire et absorption par voie racinaire pour la première catégorie des plantes,
 - * absorption par voie racinaire uniquement pour la deuxième catégorie de plantes)
 - . quantité de légumes et de fruits ingérés
- consommation des produits laitiers :
 - . coefficient de transfert : terre- nourriture, nourriture - lait,
 - . concentration dans les sols où les plantes ont poussé,
 - . dépôt foliaire pour l'absorption foliaire,
 - . nourriture du bétail selon les saisons (différentes variétés et quantité ingérée).

Ces calculs peuvent être effectués dans un premier temps en admettant une concentration unitaire de chaque radionucléide dans les milieux vecteurs : air et eau ou, éventuellement, certains milieux récepteurs. Ensuite on peut donner à cette concentration la valeur réelle fournie par les modèles de diffusion atmosphérique ou de dispersion dans les aquifères.

0/0 ■ 0/0

7 - CONSEQUENCES ECONOMIQUES

L'industrie de l'uranium, bien que récente, se situe d'ores et déjà, par son chiffre d'affaires, parmi les toutes premières, et spécialement en France, où elle occupe le premier rang des industries minières métalliques.

7.1 EXPLOITATION

L'exploitation de l'uranium n'est économiquement rentable que dans des formations géologiques où il se trouve à teneur élevée, de l'ordre de quelques milliers de PPM. (PPM : partie par million, soit gramme par tonne).

De ce fait, la France se situe parmi les pays où son exploitation revêt un intérêt économique certain.

L'utilisation industrielle du minerai suppose une succession d'étapes intermédiaires :

- la prospection , mettant en oeuvre des procédés :
 - . radiométriques utilisant les propriétés radioactives du minerai,
 - . géochimiques, par analyse des eaux et des sols,
 - . géophysiques par l'étude des structures géologiques.
- l'extraction à ciel ouvert ou souterraine
- le traitement permettant une concentration du produit d'extraction
- le raffinage qui permet l'obtention :
 - . d'hexafluorure, directement utilisable dans les usines d'enrichissement
 - . d'uranium métal.

7.2 L'ÉNERGIE

En 1974, le premier choc pétrolier a fait envisager une autre source d'énergie : l'uranium naturel dont le prix, sur deux ans, a subi une augmentation importante et brutale (pratiquement X 7).

Depuis lors, l'impact prolongé de la crise pétrolière et ses conséquences sur la consommation énergétique s'est traduit par une importante réduction des prévisions de puissance, et en conséquence, du programme électro-nucléaire. (fig. 1).

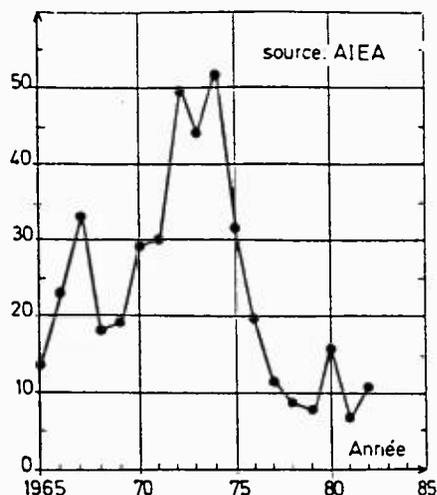


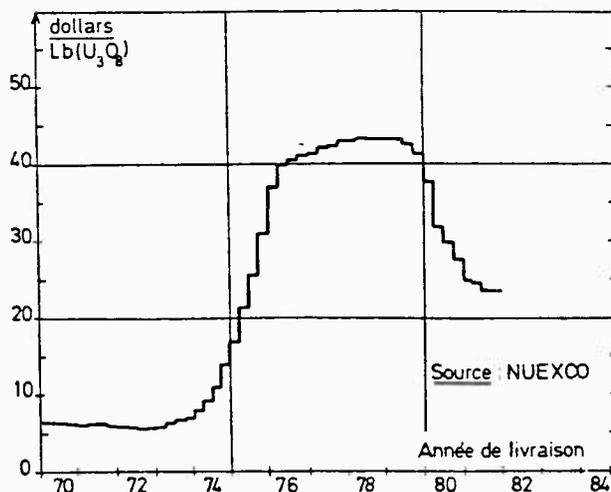
Fig. 1 — Evolution des commandes de réacteurs nucléaires de puissance.

Les raisons de cette baisse importante des besoins estimés sont liées, en outre, aux phénomènes suivants :

- l'incertitude portant sur la sécurité du nucléaire (accident de Three Miles Island aux USA),
- la limitation des investissements lourds en période de crise,
- les difficultés de maîtrise technique,
- des réserves consécutives à la maîtrise de l'indépendance politique du cycle des combustibles des réacteurs à eau légère, lié à l'imprévision des limites d'application civiles ou militaires de l'uranium lui-même et des technologies de pointe qu'il met en oeuvre.

En conséquence, en cinq ans, après la forte ascension du prix de l'uranium qui avait nécessité un accroissement du nombre des mineurs, le marché amorce une décroissance qui se poursuit depuis 79. (figure 2).

Cela se traduit par des licenciements ou des reports d'ouverture d'exploitation.



(fig. 2) — Evolution du prix de la livre d'U₃O₈ pour livraison immédiate.

7.3 DES RISQUES

Les ressources minières de la Bretagne, très prisées jusqu'à l'expansion industrielle et l'installation des Maîtres de Forges en Lorraine, furent mises au rebut pour cause de non-rentabilité.

Aujourd'hui, certains minerais sont réappréciés au niveau international. Des sites bretons retrouvent leur intérêt, la hausse des cours rendant compétitive l'extraction des minerais réputés.

Les besoins en uranium du programme électronucléaire français sont couverts à environ 50 % par la production nationale. Mais si les ressources de notre pays sont notables, elles sont insuffisantes pour couvrir les besoins à long terme. Aussi la France importe de grandes quantités de matières premières de certains pays d'Afrique (Niger - Gabon).

La recherche d'uranium dans un désert ne poserait sans doute pas de problème écologique majeur. Mais on ne peut en dire de même dans une région comme la Bretagne où l'habitat disséminé et la petite agriculture sont partout présents.

CONSÉQUENCES SUR L'EMPLOI

a) impact sur le monde rural

Dans l'état actuel des choses, nous ne pouvons nous référer qu'à des études faites sur des situations similaires existantes, par exemple Le Limousin où l'uranium est exploité depuis de nombreuses années;

Si l'activité minière se montre créatrice d'emplois, des conséquences secondaires apparaissent.

Par exemple, de 1962 à 1975, la population de la concession minière de la Cruzille, dans le Limousin, a baissé d'environ 11 % passant de 21500 à 19100 habitants.

En effet, la disparition des terres agricoles, en raison de l'emprise foncière de l'exploitation minière et l'incertitude des exploitants agricoles quant au devenir de leurs terres font que l'on a constaté un exode rural important et donc une région désertifiée et appauvrie.

En plus du démembrement de nombreuses exploitations agricoles, il faut citer :

- . la fuite des industries agro-alimentaires (problème de l'eau)
- . plus de touristes ni d'installations pour retraités
- . diminution des permis de construire par suite de la peur de la population d'habiter en zone insalubre.

b) impact sur le monde ouvrier et les collectivités

Une grosse mine du Limousin peut employer 5 ou 600 personnes dont près de 60 % prises dans la main-d'oeuvre locale. Le reste, cadres et techniciens viennent de l'extérieur. Une usine de concentration de minerai dans ce même secteur emploie environ 300 personnes

En plus de cette contribution à l'emploi, la région, le département concerné, les diverses collectivités locales sont eux aussi intéressés financièrement à l'exploitation de l'uranium bien que, contrairement aux autres carrières, les mines d'uranium ne sont pas soumises à la taxe professionnelle.

Mais les communes et le département doivent s'interroger sur le coût que vont leur entraîner les travaux miniers (route, adduction d'eau, etc...).



8 - CONSEQUENCES SANITAIRES

Les principales nuisances rencontrées dans l'extraction de l'uranium minéral sont celles inhérentes à toute industrie minière auxquelles viennent s'ajouter les risques radio-actifs.

8.1 LES RISQUES CLASSIQUES

LE BRUIT : le niveau sonore du marteau perforateur (100 à 110 décibels) est particulièrement agressif.

Les pertes auditives qui affectent, au début, la perception des aigus, s'étendent progressivement à toute la gamme des fréquences et ce, malgré le port du casque anti-bruit.

LES VIBRATIONS MECANIQUES sont produites essentiellement par le marteau perforateur et les engins de roulage, le premier entraînant des lésions ostéo-articulaires à type d'arthrose, les seconds affectant principalement le rachis par inadaptation des sièges des véhicules. Ces lésions apparaissent rapidement chez le jeune mineur.

LA POLLUTION AERIENNE . Plusieurs facteurs interviennent à ce stade et principalement :

- l'aérosol d'huile servant à la lubrification des marteaux perforateurs,
- les gaz d'échappement des moteurs diésels qui, à eux seuls, représentent une toxicité parfois supérieure à la cigarette avec ses risques cancérigènes et d'intoxication oxycarbonée,
- les poussières en suspension dans l'air et leur conséquence directe : la silicose,
- les gaz d'explosion dont l'inhalation est mortelle à forte concentration.

AUTRES SOURCES DE POLLUTION

- la nature géologique de la mine souterraine d'uranium en fait un milieu froid et humide,
- les chutes de pierre peuvent être cause de traumatismes physiques importants.

8.2 LES RISQUES RADIO-ACTIFS

Que l'extraction soit à ciel ouvert ou souterraine, les risques radio-actifs sont de trois ordres :

- . l'irradiation externe du corps entier par le minéral et les gaz radio-actifs,
- . les poussières radio-actives en aérosol,
- . le radon (gaz radio-actif émetteur de rayon alpha) et ses produits de filiation.

Il va de soi qu'en raison du confinement, le mineur de fond est le plus exposé. Le risque majeur est l'inhalation du radon, agent cancérigène notoire qui nécessite une ventilation particulière efficace des galeries.

Dans ce domaine, les précautions en matière d'hygiène et de sécurité peuvent minimiser ce risque de telle sorte que le danger potentiel qu'il représente soit ramené à un niveau bien inférieur à celui des risques classiques de l'extraction minière.

8.3 DES INCERTITUDES DEMEURENT

Un problème majeur subsiste : l'évaluation des nuisances. Elle est particulièrement difficile pour les risques radioactifs et spécialement pour ceux liés à la présence du radon, en raison en effet :

- de la durée d'exposition : ce qui nécessite un contrôle dosimétrique rigoureux et prolongé,
- de l'interaction de plusieurs facteurs (radon, gaz d'échappement, inhalation de poussières radio-actives par exemple),
- des variations du risque en fonction de l'âge du sujet,
- des difficultés d'évaluation de la répartition de la dose inhalée aux différents tissus de l'arbre pulmonaire.

8.4 QUELQUES DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Les études épidémiologiques dont nous disposons font état d'une mortalité importante par cancer et principalement du poumon.

- . à Terre-Neuve, 51 cas rencontrés contre 2,8 prévus (1964)
- . aux USA, 437 cas contre 276,6 prévus parmi lesquels 70 cancers pulmonaires contre 11,7 prévus (1973)
- . la troisième étude réalisée en Tchécoslovaquie met en évidence la relation linéaire entre l'effet, le cancer, et l'exposition cumulée (exprimé en WLM (1)). (Figure 3)

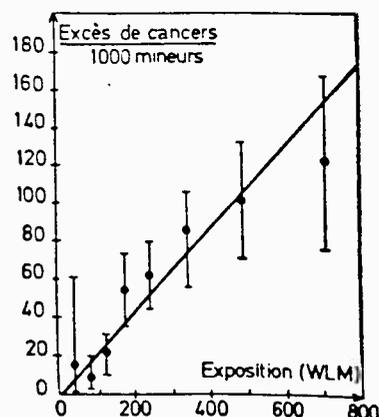


Fig. 3 — Relation entre le taux d'induction de cancers du poumon et l'exposition. Mineurs tchécoslovaques.

La France ne réalise que depuis peu une étude épidémiologique.

Deux difficultés subsistent néanmoins :

- l'une que le législateur peut aider à surmonter en modifiant les textes réglementaires permettant l'analyse des décès professionnels,
- l'autre liée au manque de données dosimétriques précises et prolongées. Cette lacune peut être rapidement comblée si la volonté d'avancer anime les principaux intéressés.

(1) WLM : niveau activité par mois. dose maximale admissible wlm
notion volumique d'activité radio-active.

o o o

9-RISQUES DU TRAVAIL DU MINEUR D'URANIUM

TRAVAIL DU MINEUR PLUS RISQUES DUS A LA RADIOACTIVITE DE L'URANIUM

9 - 1 RISQUES DU TRAVAIL DU MINEUR CLASSIQUE

⑨ - 1.1 INSUFFISANCES RESPIRATOIRES CHRONIQUES

par Silicose ou Silicotuberculose. Maladie professionnelle évoluant vers la mort par asphyxie même après cessation d'exposition au risque dû à l'exposition aux poussières éventuelles de silice et également à la pollution de l'air par les gaz d'échappement des engins diésel ou autres.

⑨ - 1.2 RISQUES DE SURDITÉ

par exposition toujours supérieure à 85 décibels dans les galeries en raison de la mécanisation importante pour l'extraction de minerai.

⑨ - 1.3 RISQUES LIÉS AUX VIBRATIONS

Risques liés aux vibrations des perforateurs Havens et autres engins de forage pneumatiques.

⑨ - 1.4 RISQUES LIÉS AUX POSTURES DE TRAVAIL

étant donné que les galeries souterraines sont souvent étroites et que les postes de travail sont rarement aménagés en fonction des besoins biométriques de l'homme au travail.

A long terme, ces postures de travail mal adaptées entraînent des affections de la colonne vertébrale aggravées par l'humidité des ambiances de travail.

⑨ - 1.5 RISQUES LIÉS AUX ACCIDENTS DE TRAVAIL

particulièrement fréquents et graves chez les mineurs. Eboulement avec effondrement des galeries lié aux tirs par explosifs pas bien contrôlés.

9 - 2

RISQUES DU TRAVAIL CHEZ LE MINEUR DES MINES D'URANIUM

Il s'agit de risques liés à la radioactivité chronique émise par une juxtaposition de doses infimes de radiations ionisantes. Ils sont au nombre de trois :

9 - 2.1

Les poussières de minerai mises en suspension dans l'air et inhalées par le mineur qui entraînent une irradiation interne.

9 - 2.2

Le rayonnement émis par le minerai et les gaz radioactifs qui s'en échappent et entraînent donc une irradiation externe.

9 - 2.3

Enfin le radon qui se dégage (gaz radioactif qui se désintègre par émission Alpha)

Les deux premiers risques (2.1 et 2.2) peuvent être parfaitement contrôlés par des mesures fréquence des ambiances dans lesquelles se trouvent les travailleurs et par l'irradiation externe. Le port d'un dosimètre permettra d'être renseigné sur les doses de radiation ionisantes reçues.

Par contre, le 3e risque est de loin le plus important car les études entreprises aux U.S.A. et en Tchécoslovaquie ont bien montré que le risque était très difficile à évaluer.

Des enquêtes épidémiologiques pratiquées dans ces deux pays ont montré que pour les mineurs exposés aux émanations de radon

En Autriche, la probabilité d'avoir un cancer du poumon était 50 fois plus grande chez les mineurs d'uranium autrichiens qu'elle ne l'était pour la population de Vienne.

Aux U.S.A., des études plus fines ont montré que le maximum de morts par cancer pulmonaire était entre 10 et 14 ans d'exposition et que dans cette population de mineurs américains, on notait 24 morts observés alors que dans les populations non exposées, on n'avait que 3,42 morts prévisibles.

9 - 3

CONCLUSION

Le mineur d'uranium est donc exposé à des risques très importants pour sa santé :

- risques pulmonaires
- risques articulaires
- risques auditifs
- risques du cancer pulmonaire à long terme

dans la mesure où les systèmes de sécurité sont mal adaptés.

10 - MOYENS DE PREVENTION DES RISQUES DU TRAVAIL CHEZ LE MINEUR D'URANIUM

Nous distinguons :

- * LES MOYENS TECHNIQUES
- * LES MOYENS SOCIAUX

10 - 1 LES MOYENS TECHNIQUES

10 - 1.1 LA MÉDECINE DU TRAVAIL

Théoriquement, le décret du 15.3.1967, relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des radiations ionisantes, prévoit en association étroite avec un contrôle sévère des équivalents de doses reçues individuellement une surveillance médicale très stricte des travailleurs D.A.T.R. (directement affectés aux travaux sous rayonnements) surveillance médicale dont voici les points principaux :

- examen clinique général
- interprétation des examens
- mise en observation ou inaptitude "mise au vert"
- dossier médical spécial individuel à garder 30 ans
- fiche d'irradiation et dossier médical donc cadre très précis pour surveiller le personnel DATR, mais déjà beaucoup plus floue pour le personnel NDA (non directement affectés) ou NA (non affectés) mais pouvant cependant pénétrer en zone contrôlée pour des durées et dans des conditions déterminées assez largement d'ailleurs.

Donc, théoriquement, bonne surveillance médicale mais dans les grosses entreprises. Toujours le même problème de la surveillance médicale si nous tombons sur des mines d'extraction d'uranium employant moins de dix salariés, avec peut-être des chantiers mobiles et très difficile à bien en préciser les contours.

10 - 1.2 LES SERVICES DE RADIO - PROTECTION

Institués par le même décret du 15.3.1967, ce sont des services chargés d'assurer la sécurité des travailleurs soumis aux radiations ionisantes. Mais ces services sont surtout très structurés dans les centrales nucléaires et le même problème de l'efficacité de ces services de radioprotection dans les petites exploitations d'extraction de minerais d'uranium sont à apprécier.

10 - 2

LES MOYENS SOCIAUX

10 - 2.1

INFORMATION GÉNÉRALE

Information générale de tout le personnel pouvant être amené à travailler dans les mines sur les risques de la profession :

- * risques classiques
- * risques liés à la radioactivité

Moyens : Presse ; Radios ; Syndicats ; CE ; CHSCT ; etc...

10 - 2.2

ASPECT ÉCONOMIQUE

Aspect économique de l'implantation de ces mines d'uranium. Intérêt de grosses entreprises avec surveillance médicale et service de radioprotection beaucoup plus structuré permettant également, par l'expression des salariés (le Règlement Intérieur et l'action du CHSCT), les évaluations des nuisances et l'amélioration des conditions de travail.

Action syndicale pour obtenir une réduction du temps de travail, la meilleure prévention des risques étant la diminution du temps d'exposition aussi bien journalier qu'annuel.

A retenir l'expérience des Suédois ou tout travail à risque important est largement payé (salaire + +) et n'est jamais exercé plus de trois ans, ce qui réduit nettement les risques d'apparition du cancer du poumon.

De plus, l'action concertée des travailleurs pour obtenir une mécanisation et une robotisation devra diminuer les risques nombreux dont peuvent être victimes les mineurs d'uranium.

CONCLUSION

Etant donnée l'importance des risques et devant la difficulté de la mise en place des moyens de prévention classiques (Médecine du Travail ; Service de Radioprotection),

il serait bon (ces risques étant souvent connus de tous) que pour, toute implantation de mines d'extraction, soit obligatoire l'installation d'un Comité d'Hygiène de Sécurité et de Conditions de Travail (C.H.S.C.T.).

ARTICLES ACTUELLEMENT DANS LE COMMERCE
QUI CONTIENNENT DES RADIONUCLÉIDES

Produits et appareils	Nucléides	Activité ou masse par produit (valeurs approximatives)	Produits et appareils	Nucléides	Activité ou masse par produit (valeurs approximatives)
1. Produits et appareils radio-luminescents			3. (suite)		
a) Radionucléides contenus dans les peintures et matières plastiques			b) Tubes à décharge (lumière)	⁸⁵ Kr	0,01-10 µCi
1) Montres et horloges	³ H, ¹⁴⁷ Pm, ²²⁶ Ra	5-25 mCi, 65-200 µCi, 0,1-3 µCi	e) Tubes à décharge	¹⁴⁷ Pm	3 µCi
2) Instruments pour l'aéronautique	³ H, ¹⁴⁷ Pm, ²²⁶ Ra	< 10 Ci, < 0,3 Ci, < 20 µCi	d) Tubes à cathode froide	³ H	90 µCi
3) Boussoles	³ H, ¹⁴⁷ Pm	5-50 mCi, 10 µCi	e) Starters pour lampes fluorescentes	²²⁶ Ra	1 µCi
4) Cadrans d'instruments et repères	³ H	25 mCi	f) Lampes à décharge (à vapeur de mercure sous haute pression)	Thorium naturel	6 mCi, 0,8-1,2 % en poids
5) Instruments, panneaux de signalisation et indicateurs	¹⁴⁷ Pm	0,75 Ci	g) Tubes à vide		2 g, 0,01 mCi
6) Cadrans et aiguilles de thermostats	³ H	25 mCi	h) Lampes électriques	³ H	0,01 mCi
7) Marquage lumineux pour serrures d'automobile	³ H, ¹⁴⁷ Pm	2-15 mCi, 2 mCi	i) Lampes germicides, lampes à rayonnement solaire, lampes pour éclairage extérieur ou industriel	¹⁴⁷ Pm, ⁶⁰ Co	30 µCi, 5 µCi
8) Cadrans de changement de vitesse	³ H	25 mCi	j) Lampes lumineuses	⁶³ Ni, ¹³⁷ Cs	5 µCi, 5 µCi
9) Boutons de sonnette	³ H	0,3 mCi	k) Tubes éclateurs		
10) Compteurs de vitesse	¹⁴⁷ Pm	0,1 mCi	l) Dispositifs de protection pour haute tension	¹⁴⁷ Pm	3 µCi
11) Cadres pour montres de plongée	³ H	0,3 mCi	m) Fusibles pour basse tension	¹⁴⁷ Pm	3 µCi
12) Dispositifs lumineux pour pêche à la ligne	¹⁴ C	3-4 mCi	3. Dispositifs antistatiques		
13) Niveaux à bulle d'air	³ H	5-25 mCi	a) Paratonnerres	²²⁶ Ra, ²⁴¹ Am	0,2-1 mCi, 0,06-0,7 mCi
b) Tubes scellés			b) Dispositifs antistatiques incorporés aux instruments	²²⁶ Ra, ²¹⁰ Po	10 µCi, 0,05-0,5 mCi
1) Horloges	³ H	0,2-0,4 Ci	c) Pinceaux antistatiques	²⁴¹ Am	2-25 µCi
2) Boussoles ordinaires		0,2-0,4 Ci	d) Dispositifs antistatiques incorporés aux balances de précision	³ H	1 mCi
3) Compas de navigation	³ H, ⁸⁵ Kr	0,2-2 Ci	4. Détecteurs de gaz et d'aérosols (fumées)		
4) Instruments de navigation		0,25 Ci	Détecteurs de fumée et d'incendie		
5) Repères	³ H, ⁸⁵ Kr	4 Ci, 0,3 Ci			
6) Instruments, panneaux de signalisation et indicateurs	³ H, ⁸⁵ Kr	2 Ci, 0,25 Ci	Uranium naturel ou appauvri	7,5 mg, 20 µCi	
7) Panneaux indicateurs de sortie dans les bâtiments publics		15 Ci	5. Produits céramiques, verre, alliages, etc., contenant de l'uranium ou du thorium		
8) Grands panneaux de signalisation		30 Ci	a) Porcelaine	Uranium naturel	10 ⁻⁷ µCi cm ² de surface
9) Petits panneaux indicateurs de sortie		2 Ci	b) Couvertes pour vaisselle en matière céramique	Thorium naturel, Uranium naturel ou appauvri	20 % en poids de la couverture, 20 % en poids de la couverture
10) Signalisation des marches		2 Ci	c) Verrerie, émail sur verre, fritte pour émail sur verre	Thorium naturel, Uranium naturel ou appauvri	10 % en poids, 10 % en poids < 30 % en poids
11) Bouées et signaux d'amarrage	³ H	2 Ci	d) Lentilles optiques	Thorium naturel	< 0,5 g, < 4 % en poids
12) Cadrans de téléphone public		0,5 Ci	e) Manchons pour becs de gaz à incandescence		
13) Repères pour interrupteurs d'éclairage		0,2 Ci	f) Alliages magnésium-thorium		
14) Boutons de sonnette		10 mCi	g) Produits et appareils contenant des terres rares tels que charbons pour arc, pierres à briquet, additifs pour la métallurgie, lentilles de précision, tubes de télévision, céramique pour l'électronique, dispositifs à micro-ondes, etc.	Thorium naturel, Uranium naturel ou appauvri	0,25 % en poids, 0,25 % en poids
15) Sources lumineuses miniatures		20 mCi	h) Baguettes de soudure	Thorium naturel	1-2 % en poids
2. Dispositifs électroniques et électriques			6. Autres dispositifs, y compris les instruments scientifiques		
a) Tubes électroniques	³ H, ⁶³ Ni, ¹⁴⁷ Pm, ⁶⁰ Kr, ⁶⁰ Co, ²²⁶ Ra, ¹³⁷ Cs	1-10 ⁴ µCi, 1-5 µCi, 1 µCi, 1-5 µCi, 0,15-5 µCi, 0,1 µCi, 5 µCi	a) Appareils de chromatographie en phase gazeuse	³ H, ⁶³ Ni	250 mCi, 12 mCi
			b) Compteurs de charges statiques	²⁴¹ Am	0,5-50 µCi
			c) Jetons pour distributeurs automatiques	¹⁴ C	2 µCi
			d) Cliques bancaires	¹⁴ C	0,01 µCi

ANNEXE N° 2

REMARQUE SUR LES CHAINES ALIMENTAIRES

Des études ont permis de connaître les facteurs moyens de concentration des principaux groupes d'êtres vivants aquatiques, pour tous les radionucléides susceptibles de présenter un danger.

Grâce à de telles données, et à quelques autres relatives à la dispersion des substances par le vent et les pluies, à l'absorption par les sédiments, etc... il est possible de déterminer, pour chaque radionucléide rejeté dans l'environnement, la chaîne alimentaire la plus concernée et le groupe humain le plus vulnérable qui y correspond.

Par exemple, la chaîne alimentaire dite "chaîne critique" pour les rejets atmosphériques d'iode radioactif est la suivante :

REJET → HERBE → VACHES → LAIT → ENFANTS

et le groupe le plus vulnérable est celui des enfants susceptibles de boire ce lait.

LES RADIATIONSUNITÉ DE DOSE ABSORBÉE EN IRRADIATION : LE RAD

On appelle dose absorbée ou plus brièvement "dose", l'énergie cédée par le rayonnement dans chaque unité de masse de matière.

Elle s'exprime usuellement en rads (symbole : rad)

1 rad = 10^{-2} joule/kilogramme

ou souvent en millirad (mrad) (1 rad = 1000 mrad)

ÉQUIVALENT DE DOSE ABSORBÉE - UNITÉ : LE REM

Les effets biologiques des rayonnements dépendent :

- de la nature et de l'énergie incidente du rayonnement,
- de la nature et de la fonction des tissus atteints, de l'état physiologique des cellules (phase de repos ou de multiplication) etc...,
- du débit de dose.

Pour les besoins pratiques de la radioprotection, on a défini une unité en correspondance avec la dose et qui rend mieux compte que cette dernière de l'effet biologique à attendre, c'est "l'équivalent de dose absorbée" (en abrégé : équivalent de dose).

L'équivalent de dose s'exprime en rem (initiales de "rad équivalent man").

Il est égal au produit de la dose exprimé en rad par deux facteurs multiplicatifs (facteur de distribution de dose et facteur de qualité).

Sous multiple : milli rem (mrem) (1 rem = 1000 mrem)

ACTIVITÉ D'UN RADIONUCLÉIDE - UNITÉ : LE CURIE

L'activité d'une certaine masse d'un radioélément se mesure par le nombre de transmutations (on dit souvent "de désintégrations") qui s'y produisent dans un intervalle de temps donné.

L'activité est généralement exprimée en curies.

Le Curie (symbole : Ci) est défini comme l'activité d'un gramme de radium 226 pur, isotope isolé par Marie Curie en 1898. Il équivaut à 3710^9 (37 milliards) de désintégrations par seconde.

Pour les besoins pratiques, on utilise très souvent ses sous multiples :

millicurie (mCi) = 10^{-3} Ci = 0,001 Ci = 1 millième de curie

microcurie (μ Ci) = 10^{-6} Ci = 0,000001 Ci = 1 millionième de curie

nanocurie (nCi) = 10^{-9} Ci = 1 milliardième de curie

picocurie (pCi) = 10^{-12} Ci

Remarques :

L'activité d'une masse isolée d'un radioélément donné diminue spontanément peu à peu du fait de la destruction progressive de ce nucléide par transmutation.

La durée au bout de laquelle l'activité initiale est divisée par 2 s'appelle la période radioactive.



A N N E X E - 4 -

VOIES DE TRANSFERT

en direction de l'air

- 1 - envol de poussières de minerai et émission de radon
- 2 - poussières de minerai déposées au sol
- 3 - émission de radon et pertes de poussières par érosion éolienne (minerai - résidus)
- 4 - retour d'air (mine) et ventilation usine (radon - uranate)
- 5 - contamination de l'air des locaux habités par le radon des matériaux de structures (routes - parkings - terrains de jeux)

en direction de l'eau

- 6 - entraînement, par les eaux de ruissellement, des radionucléides solubles (surversé des bassins de rétention des résidus de traitement)
- 7 - rejet :
 - des eaux d'exhaure (usine)
 - des effluents liquides de l'usine (radionucléides solubles)

en direction du sol

- 8 - pertes de matériaux de transport (minerai - boues)
- 9 - rupture des dispositifs de confinement des boues (résidus de traitement)
- 10 - dépôts de poussières sur les sols
- 11 - inondation et irrigation

en direction des végétaux

- 12 - dépôt sur les végétaux - absorption foliaire (venant de l'air)
- 13 - prélèvement racinaire (venant du sol)

ANNEXE 4 - VOIES DE TRANSFERT

en direction des sédiments

14 - dépôt des alluvions (venant de l'eau)

en direction du milieu aquatique

15 - incorporation dans les organismes végétaux aquatiques
(venant des sédiments et de l'eau)

en direction de la chaîne alimentaire

16 - introduction directe (végétaux - poisson)
introduction indirecte (viande - produits laitiers)

en direction finale de la population

- 17 - regroupement de l'ensemble des transferts par :
- . ingestion
 - . eaux de boisson (eaux de surface et puits)
 - . inhalation
 - . irradiation externe par exposition directe :
 - stationnement à proximité ou sur les stockages
(après démantèlement)
 - matériaux de construction
 - sols contaminés



ANNEXE N° - 5 -

DOCUMENTATION UTILISEE

Ont principalement été utilisés des documents élaborés par :

- ⊛ Nicole FOURCADE
- ⊛ Daniel FAISANTIEU
- ⊛ Jean-Claude ZERBIB

Ils ont réalisé un excellent travail qui, utilisé par ceux qui sont responsables de l'extraction d'uranium et des conditions dans lesquelles cette extraction doit être réalisée, éviterait beaucoup d'erreurs.

Autre documentation :

- le dossier électro-nucléaire (CEA CFDT)
- Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (1977)

0.0
0

LEXIQUE

RADIATION

se dit de l'énergie émise et propagée sous forme d'ondes à travers un milieu matériel et des ondes électromagnétiques.

RADIO ELEMENT

élément radioactif naturel ou artificiel. Les radioéléments naturels émettent des rayons β négatifs tandis que les radioéléments artificiels émettent des rayons β positifs et négatifs.

ATOME

particule d'un élément chimique qui forme la plus petite quantité pouvant se combiner.
Un atome est constitué par un noyau chargé d'électricité positive, autour duquel gravitent des électrons, ou grains élémentaires d'électricité négative.
Les noyaux sont formés eux-mêmes d'un assemblage de protons (qui portent chacun une charge électrique positive) et de neutrons (dépourvus de charge électrique).

Le nombre de protons est égal au nombre d'électrons. On l'appelle Z ; c'est le numéro atomique.

Pour préciser complètement les propriétés du noyau, il faut connaître Z et le nombre de neutrons N.
N + Z donne directement le nombre de masse atomique.

Exemple : uranium 238 (U 238)
238 : indique que le noyau est composé de 238 particules (92 protons, 146 neutrons)
On notera encore : U^{238}_{92}

NUCLEIDE

un type d'atome défini par N + Z prend le nom plus précis de nucléide.

RADIONUCLEIDE

nucléide radioactif.

ISOTOPE

les divers nucléides de même numéro atomique (Z), qui ne diffèrent donc que par le nombre de neutrons (N), sont appelés isotopes de l'élément considéré.

Ainsi, le carbone 14 (Z = 6, N = 8, N + Z = 14) est un isotope du carbone 12.

L'uranium naturel est composé par un mélange de 3 isotopes :

99.3 % de U 238
0.7 % de U 235
0.006 % de U 234

(ces trois éléments ont le même numéro atomique Z = 92)

RADIOISOTOPE

isotope radioactif.

TRANSMUTATION

décomposition de certains atomes lourds (l'atome naturel le plus lourd est celui de l'uranium) en donnant naissance à un noyau plus léger.

Cette désintégration pouvant être accompagnée par l'émission d'électrons (ou rayons β), de noyaux d'hélium (ou rayons α) et de radiations très pénétrantes (ou rayons γ).

LIXIVATION

technique utilisée pour les minerais qui ne sont pas très riches en uranium (entre 200 g et 500 g à la tonne).

Elle 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 en usine.

