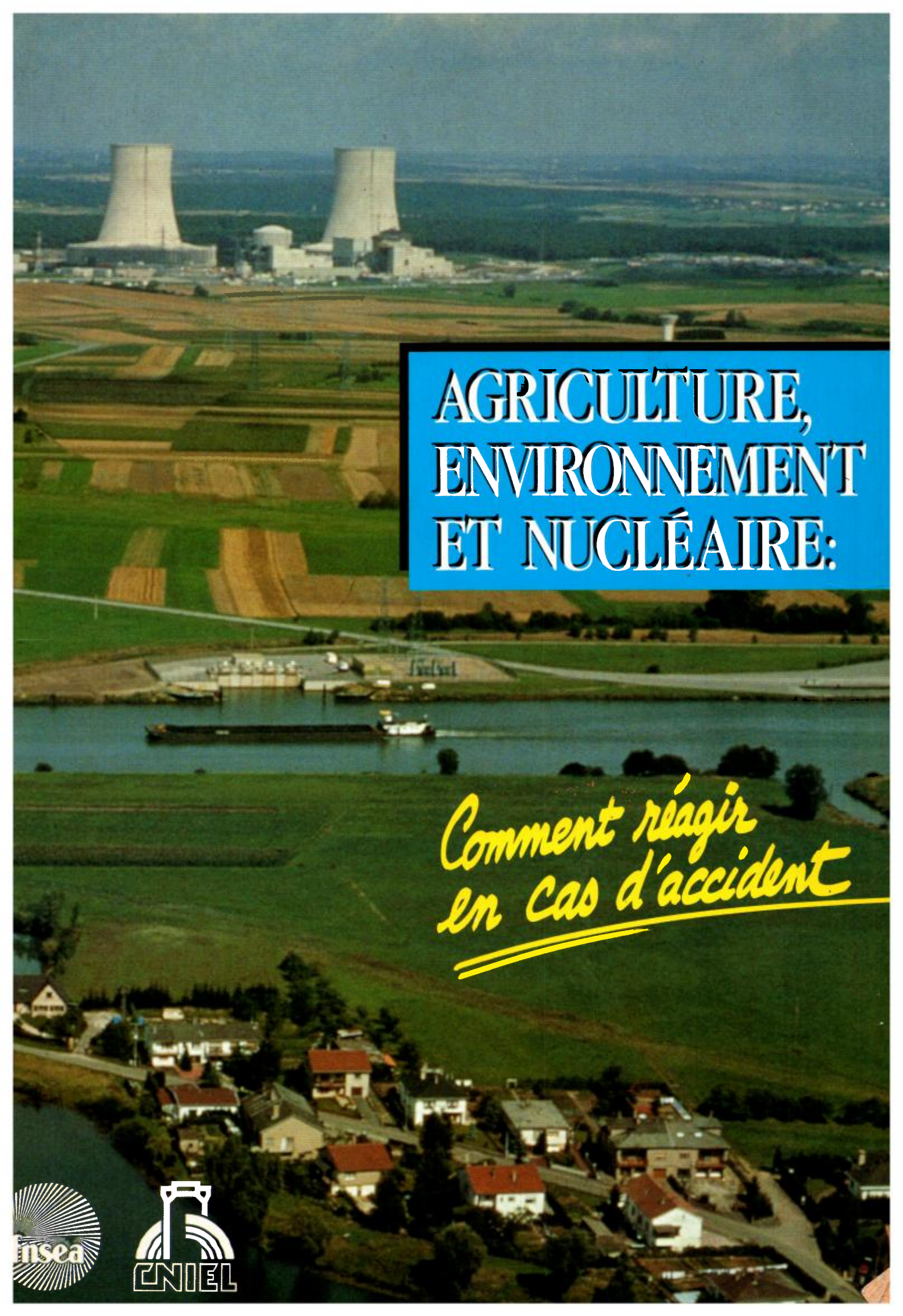




AGRICULTURE, ENVIRONNEMENT ET NUCLÉAIRE:

*Comment réagir
en cas d'accident*



AGRICULTURE, ENVIRONNEMENT ET NUCLÉAIRE:

*Comment réagir
en cas d'accident*

AVANT-PROPOS

L'agriculture est particulièrement concernée par le nucléaire.

Les agriculteurs, qui ont vivement ressenti les incidences de Tchernobyl sur leur profession, sont les premiers à s'inquiéter de toute hausse significative de radioactivité. Ils doivent connaître les dispositions à prendre en cas d'incident.

La FNSEA a tiré la leçon de cette cruelle expérience et a décidé de prendre l'initiative d'informer ses adhérents sur la conduite à tenir en pareil cas.

Les plaquettes d'information réalisées précédemment par le Gouvernement fédéral suisse et, en 1962, par le ministère de l'Agriculture français n'étant plus adaptées, la FNSEA a donc exposé son projet en 1986 auprès de MM. BOITEUX, directeur général d'EDF, CAPRON Administrateur Général du Commissariat à l'Énergie Atomique, TEILLAC, Haut-Commissaire au Commissariat à l'Énergie Atomique.

L'intérêt d'une telle étude était évident.

La FNSEA et l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire du CEA ont, dès lors, mis leurs moyens en commun pour réaliser cet ouvrage — le premier du genre — qui tente d'apporter les réponses actuelles des experts aux principales questions pratiques, que se posent les exploitants agricoles et les autres partenaires de la filière laitière, relatives à leurs productions, à la sauvegarde des milieux et qui concernent également l'ensemble de la population.

Ce premier travail a nécessité beaucoup de temps et de consultations. J'en remercie très vivement, au nom de toute la profession, ses auteurs. Il a permis, tant à la profession agricole qu'aux scientifiques qui y ont collaboré, de mieux appréhender la multiplicité et la difficulté des problèmes soulevés. A tel point, qu'il devrait en résulter de nouveaux axes de recherches, avec l'engagement de chercheurs et de crédits sur un long terme afin de tenter de réduire encore davantage non seulement les incertitudes mais surtout les conséquences directes et indirectes d'un incident, quel qu'il soit.

Raymond LACOMBE
Président de la FNSEA

• COMITÉ DE RÉDACTION :

- Pour la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles :

M. René LOYAU, administrateur
Président de la Commission "Environnement".

M. Gérard GRIPERAY, Sous-directeur.

- Pour le Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière :

M. Jean-Claude ROTEREAU, Chef du Service scientifique et technique.

- Pour l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire :

M. René COULON, Agronome,
M. Jacques DELMAS, Agronome,
M. Philippe GUETAT, Agronome,
M. Claude MADELMONT, Docteur vétérinaire,
M. Rémy MAXIMILIEN, Docteur en médecine.

• PERSONNES CONSULTÉES :

Nous remercions également les Fédérations départementales des syndicats d'exploitants agricoles, les Associations spécialisées, les Instituts techniques de la profession et les membres de la Commission "ENVIRONNEMENT" de la FNSEA pour le temps consacré en discussion et pour la lecture critique des ébauches des fiches. Leurs remarques et leurs suggestions constructives et pratiques ont été particulièrement précieuses.

Cette brochure a également été soumise pour avis à :

M^{me} Josette BENARD, chargée de mission à France-Nature-Environnement, membre du Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaire (CSIN), membre de la Commission locale d'information de La Hague,

M^{me} Nathalie MELIK, vétérinaire-inspecteur à la Direction Générale de l'alimentation du ministère de l'Agriculture,

M. le Professeur Pierre PELLERIN, ministère chargé de la Santé, Directeur du Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI),

ainsi qu'à un certain nombre de personnalités compétentes.

Toutes ces personnes sont vivement remerciées par la FNSEA.

- Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à la confection matérielle, notamment :

M^{me} Micheline THIBAUT,

M^{me} Andrée ROBELIN,

M. Pierre GAU.

M^{me} Danièle DUCHEMIN



Pourquoi cette brochure

La radioactivité est aujourd'hui communément utilisée à diverses fins, notamment pour la production d'électricité. Comme tous les établissements industriels, les installations nucléaires peuvent être le siège d'accidents, du plus bénin, qui immobilise l'installation pendant quelque temps, jusqu'au plus grave comme l'accident de Tchernobyl.

Il est apparu très vite après la découverte de la radioactivité qu'elle pouvait présenter des dangers pour la santé. Mais il est apparu aussi que ces dangers pouvaient être évités. D'où la naissance de deux disciplines : la sûreté nucléaire et la radioprotection présentes à tout moment, depuis le stade de la conception des installations jusqu'à celui de leur fonctionnement et de leur démantèlement.

Curieusement, ces efforts ont contribué à l'apparition du mythe Nucléaire, qui est considéré comme forcément dangereux puisqu'on s'en protège.

Par contre, pour d'autres activités industrielles, plus anciennes, ou plus diversifiées, les contrôles étaient plus difficilement réalisables. La mise en oeuvre du même esprit de protection aurait certainement conduit à augmenter notablement les coûts de production alors qu'elles jouissaient au même moment d'une bienveillance relative accompagnée d'un certain fatalisme.

Ce n'est que depuis peu de temps que l'on s'interroge globalement sur la sécurité des activités industrielles, et force est de constater que les activités nucléaires ne sont pas l'industrie la plus dangereuse, y compris en cas d'accident.

Ces remarques n'enlèvent rien au fait qu'il existe dans le domaine nucléaire, comme ailleurs, une probabilité d'accident. Tout risque, si minime soit-il, justifie un effort permanent d'analyse du fonctionnement des installations et de leurs défaillances et donc l'amélioration continue des systèmes de sûreté.

Des études se poursuivent depuis longtemps dans le domaine nucléaire ; il est possible aujourd'hui de présenter une synthèse qui permettra à tout un chacun, de se faire une idée de ce qu'est "le Nucléaire" en dehors de tout événement émotionnel et médiatique, de comprendre les risques inhérents à chaque type d'installation, leur nature, et d'apprécier les moyens dont on dispose pour se protéger lorsqu'au terme ultime d'un accident, des éléments radioactifs sont libérés dans l'environnement.

L'environnement est le récepteur des polluants émis en situation accidentelle, c'est-à-dire des éléments radioactifs en cas d'accident nucléaire ; il est aussi leur vecteur vers tous les individus qui l'exploitent, en vivent et y vivent.

Les individus seront concernés :

- par la mise en place des mesures de protection car celles-ci perturberont inévitablement leurs activités. Ces perturbations interviendront même s'il ne s'agit que de mesures préventives qui peuvent se révéler ultérieurement superflues car les actions menées au niveau de l'installation auront limité les conséquences de l'accident.

- en tant qu'agents économiques, par la contamination possible de leurs productions et donc leur perte, que ce soit pour répondre à un véritable souci de protection sanitaire ou pour des raisons de sensibilité de l'opinion.

- en tant qu'individus, puisque les installations nucléaires sont généralement implantées en zone rurale.

Cette brochure ne se veut pas alarmiste. Cependant, comme la probabilité (même si elle est très faible) d'une émission de produits radioactifs ne peut être négligée, il est apparu souhaitable d'informer les populations, de leur donner des indications sur les mesures cohérentes qui se révéleront efficaces à coup sûr et surtout d'attirer leur attention sur les erreurs à ne pas commettre.

Il s'agit de règles de bon sens qui aideront chacun à réagir de manière appropriée aussi bien de lui-même que sur les directives des Pouvoirs publics.

*Cette brochure donne également l'occasion d'apporter un certain nombre d'informations permettant de mieux connaître **"Le Nucléaire"**.*

AVERTISSEMENT :

Les informations présentées dans cette brochure résultent d'un travail d'ensemble et constituent le premier document d'information "grand public" en ce domaine.

Elles n'ont pas la prétention de traiter d'une façon absolue et exhaustive d'un domaine si vaste et si complexe. Certaines connaissances sont parfois relativement récentes ; elles constituent un tout et l'extraction, parfois tentante, d'une information fragmentaire doit être évitée : sortie de son contexte et du fait qu'une expression aussi simple que possible a souvent été recherchée, elle peut en effet paraître, à tort, erronée.

AVANT-PROPOS , par le Président Raymond LACOMBE	3
PRÉAMBULE : Pourquoi cette brochure	5
1 Quelques notions sur la radioactivité et les rayonnements ionisants	9
• les atomes • la radioactivité • les rayonnements ionisants	
• la période radioactive • l'exposition	
2 Les unités de mesure	13
3 La période radioactive (décroissance de la radioactivité)	15
4 Comment les rayonnements ionisants atteignent l'homme	17
5 Les effets des rayonnements ionisants sur la santé	19
6 Les sources de radioactivité	21
6.1 Sources naturelles	22
6.2 Sources artificielles	23
7 Les normes réglementaires les niveaux d'intervention en cas d'accident	25
8 Organisation de l'intervention en cas d'accident nucléaire	29
8.1 Organisation générale	31
8.2 Les plans d'intervention	32
8.3 Les moyens d'intervention	32
8.4 Les sources d'information	33
9 Les échelles de grandeurs	35
10 Les risques d'accident dans les activités nucléaires	37
10.1 La mine	40
10.2 L'usine de concentration du minerai	40
10.3 L'usine de transformation	41
10.4 L'usine d'enrichissement	41
10.5 L'usine de fabrication du combustible	42
10.6 Le réacteur nucléaire	43
10.7 Le retraitement	46
10.8 Le stockage des déchets	47
10.9 Le stockage en profondeur	47
10.10 Les centres d'études nucléaires	48
10.11 Les réacteurs nucléaires de recherche et d'essais	48
10.12 Les centres militaires	49
10.13 Les ionisateurs	49
10.14 Les transports	50
11 Les différents groupes d'éléments radioactifs de l'industrie nucléaire	53

12 Ce qui conditionne la gravité de l'accident	63
12.1 Dans l'installation	65
12.2 Dans l'environnement	67
13 Les parades ou comment se protéger	69
13.1 Le confinement	71
13.2 L'évacuation	75
13.3 L'administration d'iode stable	78
13.4 Interdiction de consommation et commercialisation de produits frais	79
13.5 Les productions agricoles	81
14 Les milieux	85
14.1 l'atmosphère	86
14.2 Les sols	89
14.3 Les eaux	95
14.4 Les productions végétales	101
14.5 Le cheptel	107
14.6 Le milieu naturel non exploité	111
14.7 Les bâtiments et le matériel	117
15 Les productions	121
15.1 Fruits et légumes	123
15.2 Production et gestion des fourrages	131
15.3 Production du lait à la ferme	137
15.4 Le lait : son utilisation par la laiterie	143
15.5 La viande	151
15.6 Les céréales	157
15.7 La vigne	161
15.8 La pisciculture	165
16 En pratique	169
<i>Quelques accidents possibles : Leurs conséquences et conduite à tenir</i>	
16.1 Échelle de gravité	171
16.2 Incidents et accidents	
- sur réacteurs	172
- usine de retraitement	176
- perte de source radioactive	178
16.3 Autres accidents	179
● le point de vue des autorités de santé publique	183
• La mission du SCPRI	184
• Organisation de l'intervention en cas d'accident nucléaire	186
INDEX DE LECTURE	203
ADRESSES UTILES	207

1

Quelques notions sur la radioactivité

et

les rayonnements ionisants

- Les atomes
- La radioactivité
- Les rayonnements ionisants
- La période radioactive
- L'exposition



de 10^{-13} à 10^{-12} cm

protons

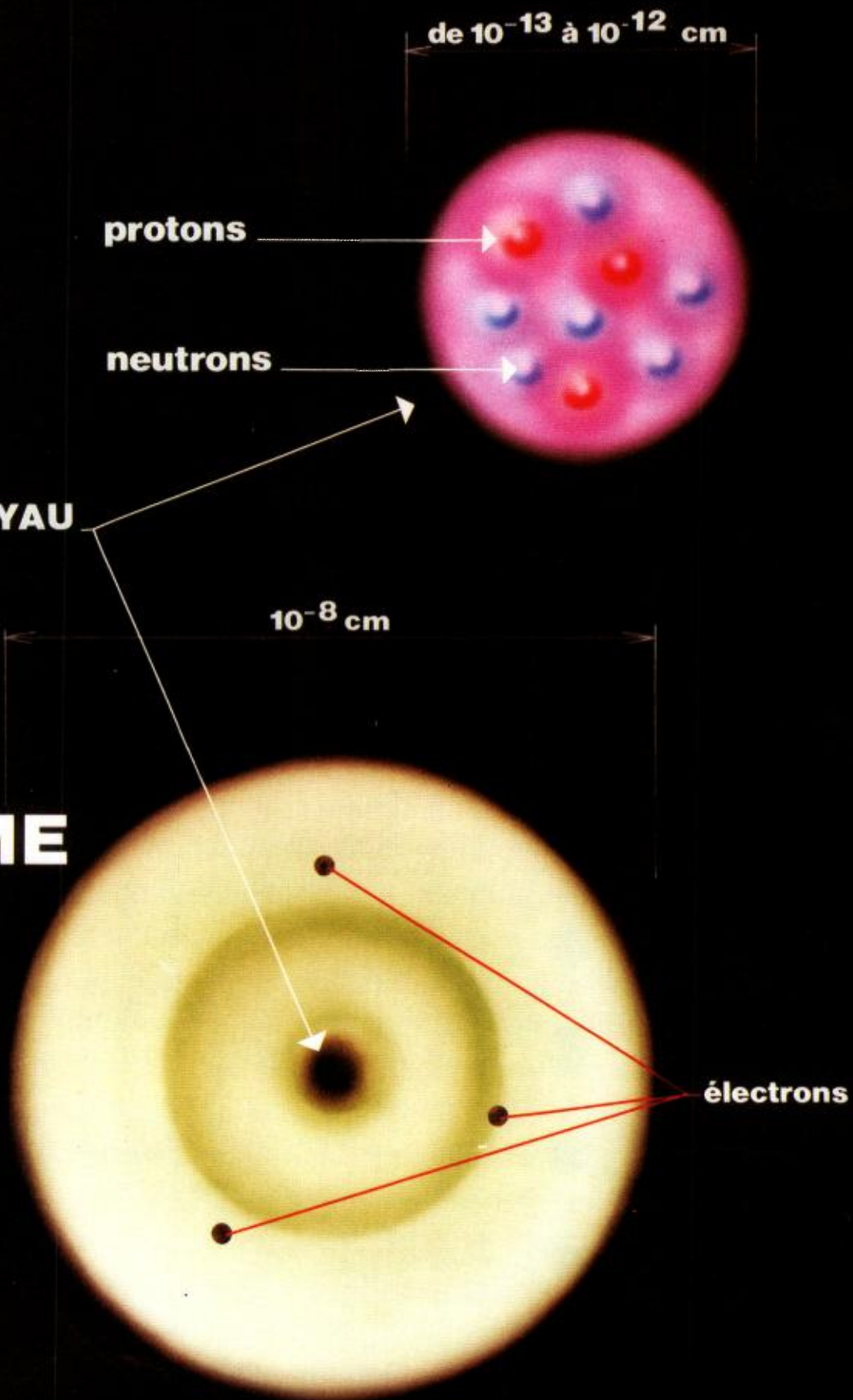
neutrons

LE NOYAU

10^{-8} cm

L'ATOME

électrons



Les atomes

Constituant fondamental de la matière, l'atome est formé d'un noyau contenant des protons et des neutrons, autour duquel gravitent des électrons. Le nombre d'électrons, qui est égal au nombre de protons (numéro atomique), détermine les propriétés chimiques des atomes. Le nombre de protons et de neutrons du noyau (nombre de masse) détermine la "stabilité" de l'atome : les **isotopes radioactifs** d'un corps ont le même numéro atomique (propriétés chimiques identiques) mais un nombre de masse différent (c'est-à-dire plus ou moins de neutrons).

La radioactivité

Certains atomes sont **instables** : ce sont des **radionucléides** (atomes radioactifs). Ils se désintègrent spontanément en émettant des **rayonnements ionisants** ; ainsi, ils disparaissent plus ou moins vite au cours du temps suivant une **période** (appelée aussi "demi-vie") caractéristique de chacun d'entre eux.

Les éléments radioactifs ne sont pas éternels, même si pour certains la période est extrêmement longue.

Les rayonnements...

Il existe des rayonnements de différente **nature** (alpha, bêta, gamma, X,...) et de différente **énergie**.

On ne peut les détecter par nos sens.

...ionisants

Ces rayonnements sont absorbés par la matière qu'ils traversent et ils lui cèdent tout ou partie de l'énergie dont ils sont porteurs, donnant naissance à des ions. Le pouvoir de pénétration, et donc la possibilité d'arrêter un rayonnement, dépend de la nature et de l'énergie.

La période

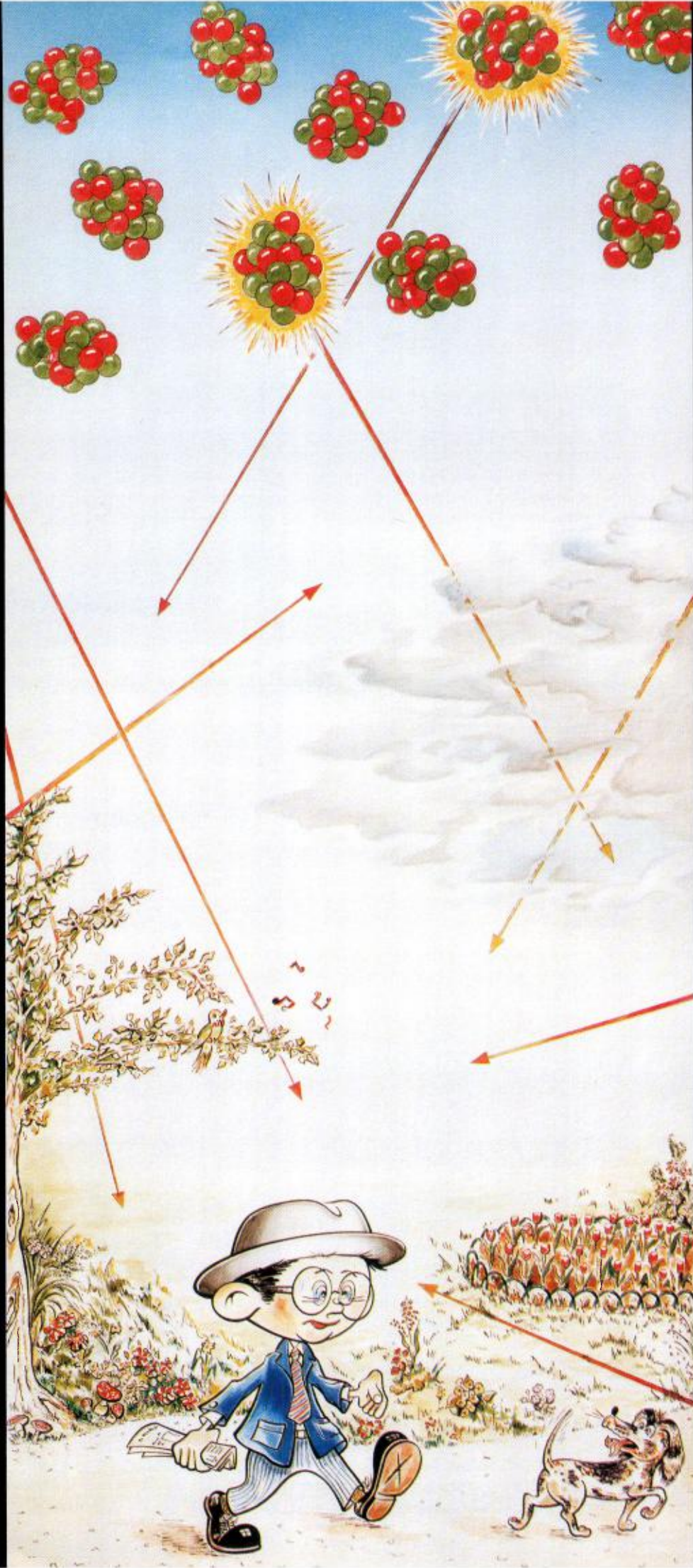
C'est la durée au bout de laquelle, la moitié des atomes du radionucléide initialement présents a disparu ; la période varie en fonction des radionucléides, et peut être de moins de 1/100ème de seconde jusqu'à plusieurs milliards d'années.

L'exposition

Tout corps traversé, en partie ou en totalité, par des rayonnements ionisants reçoit de l'énergie : on dit qu'il est **exposé**. Si elle est importante, l'exposition d'un organisme vivant peut éventuellement entraîner des **effets** dommageables.

La contamination

C'est la présence de radionucléides dans un milieu (environnement, aliments, organismes vivants...). En cas de contamination humaine, on parle de contamination externe lorsque les radionucléides sont déposés sur la peau, et de contamination interne lorsque les radionucléides pénètrent dans l'organisme par inhalation ou ingestion.



BECQUEREL
(Bq)

GRAY
(Gy)

SIEVERT
(Sv)

2

Les unités de mesure

De la radioactivité

“L’activité” représente le nombre d’atomes radioactifs qui se désintègrent pendant une unité de temps. On l’exprime en BECQUEREL (Bq).

1 Becquerel = 1 désintégration par seconde

L’ancienne unité est le curie (Ci)

1 Ci = 37 GBq (= Giga becquerel - 37 milliards de Bq)

1 Bq = 27 pCi (= pico curie - millionième de millionième de Ci)

De la dose absorbée

Les rayonnements ionisants cèdent de l’énergie à la matière qu’ils traversent : ce “transfert d’énergie” ou dose absorbée s’exprime en GRAY (Gy).

1 gray = 1 joule*/kg de matière

L’ancienne unité est le rad

1 Gy = 100 rad

De l’équivalent de dose

Lorsque la matière traversée est un organisme vivant, on évalue la nocivité “potentielle” de la dose absorbée en SIEVERT (Sv) : on parle d’équivalent de dose pour traduire le fait que, pour une même dose absorbée, l’effet produit sur le vivant dépend de la nature du rayonnement. Il en résulte que, pour un même équivalent de dose, les effets sont identiques quel que soit le radionucléide (nature du rayonnement) et qu’il s’agisse d’exposition externe ou interne.

L’ancienne unité est le rem

1 Sv = 100 rem

* Le joule (comme la calorie) est une unité de mesure de l’énergie.

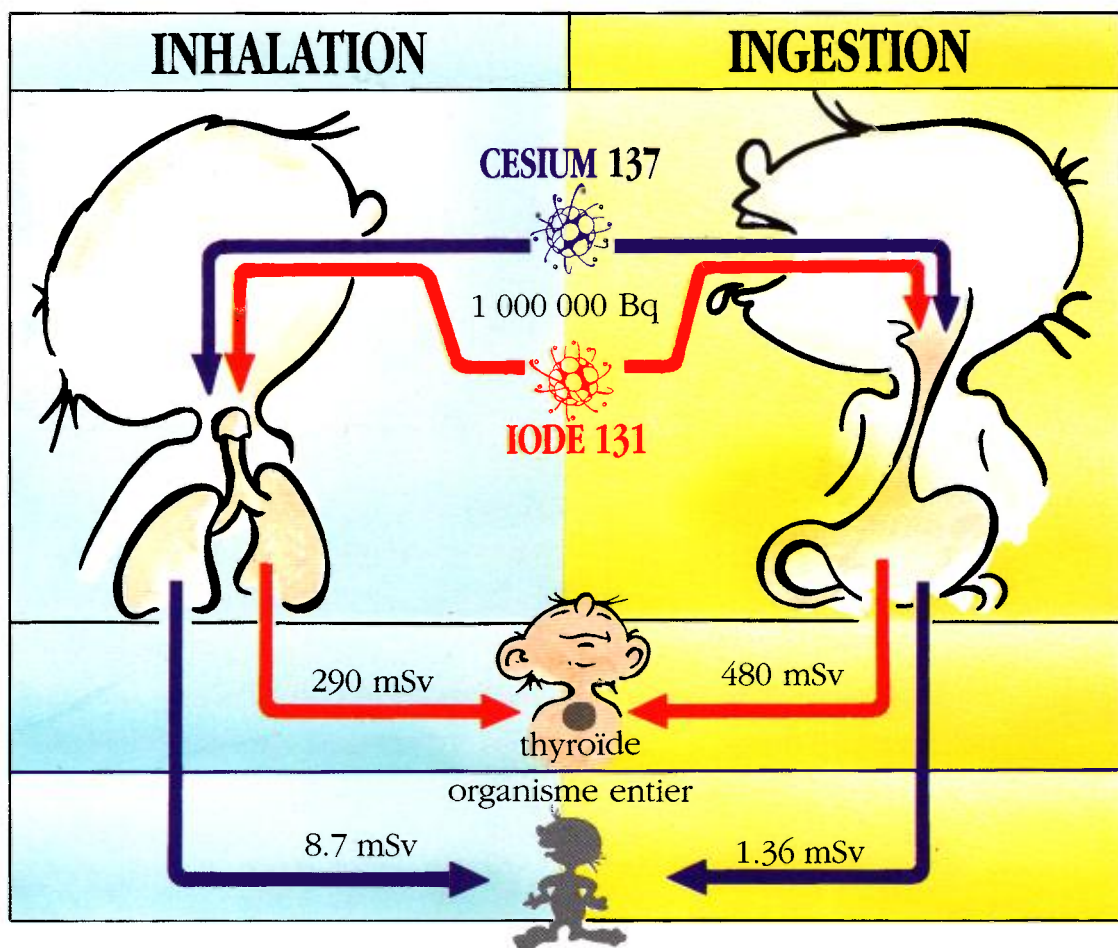


En pratique

On ne peut pas convertir de façon simple des becquerels en sieverts car il faut tenir compte de nombreux paramètres :

On ne peut établir de correspondance qu'en fonction du radionucléide émetteur, de la nature du rayonnement, de son énergie, du chemin suivi par le radionucléide dans l'organisme...

Exemple :



Echelle de grandeur

1 microbecquerel (μBq) = 0,000 001 Bq

1 millibecquerel (mBq) = 0,001 Bq

1 kilobecquerel (kBq) = 1 000 Bq

1 megabecquerel (MBq) = 1 000 000 Bq

1 gigabecquerel (GBq) = 1 000 000 000 Bq

1 terabecquerel (TBq) = 1 000 000 000 000 Bq

ou 10^{-6} Bq

ou 10^{-3} Bq

ou 10^3 Bq

ou 10^6 Bq

ou 10^9 Bq

ou 10^{12} Bq

3

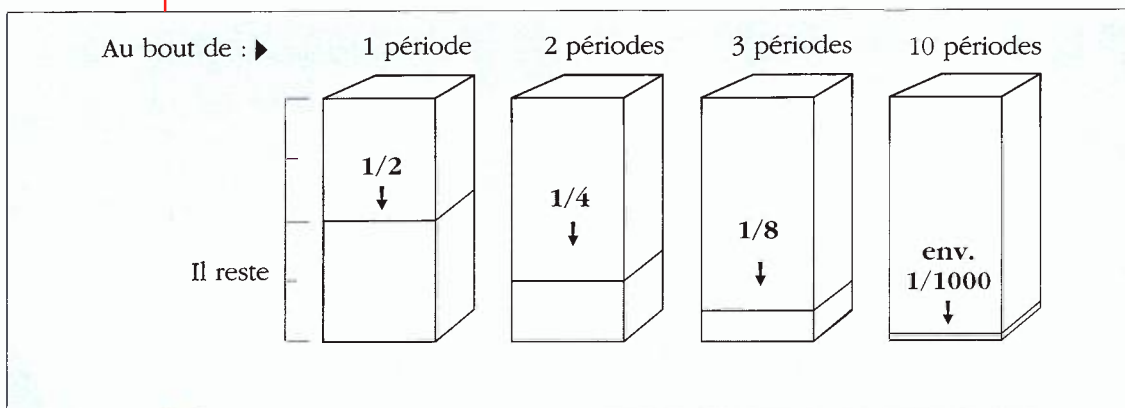
LA DÉCROISSANCE DE LA RADIOACTIVITÉ :

La période radioactive

LES CHIFFRES

- Chaque corps radioactif (radionucléide) possède une période caractérisant la vitesse avec laquelle il disparaît (en se “désintégrant”).

LA RADIOACTIVITÉ EST UN PHÉNOMÈNE QUI DIMINUE DANS LE TEMPS



Quelques valeurs utiles
pour la lecture
de cette brochure

Radionucléide		Période	
Césium 134	(¹³⁴ Cs)	2	ans
Césium 137	(¹³⁷ Cs)	30,2	ans
Iode 131	(¹³¹ I)	8	jours
Krypton 85	(⁸⁵ Kr)	10,7	ans
Plutonium 239	(²³⁹ Pu)	24 000	ans
Radon 222	(²²² Rn)	3,8	jours
Ruthénium 103	(¹⁰³ Ru)	39,6	jours
Ruthénium 106	(¹⁰⁶ Ru)	369	jours
Strontium 90	(⁹⁰ Sr)	28,1	ans
Tritium	(³ H)	12,3	ans
Uranium 238	(²³⁸ U)	4,5 milliards	d'années

EN PRATIQUE

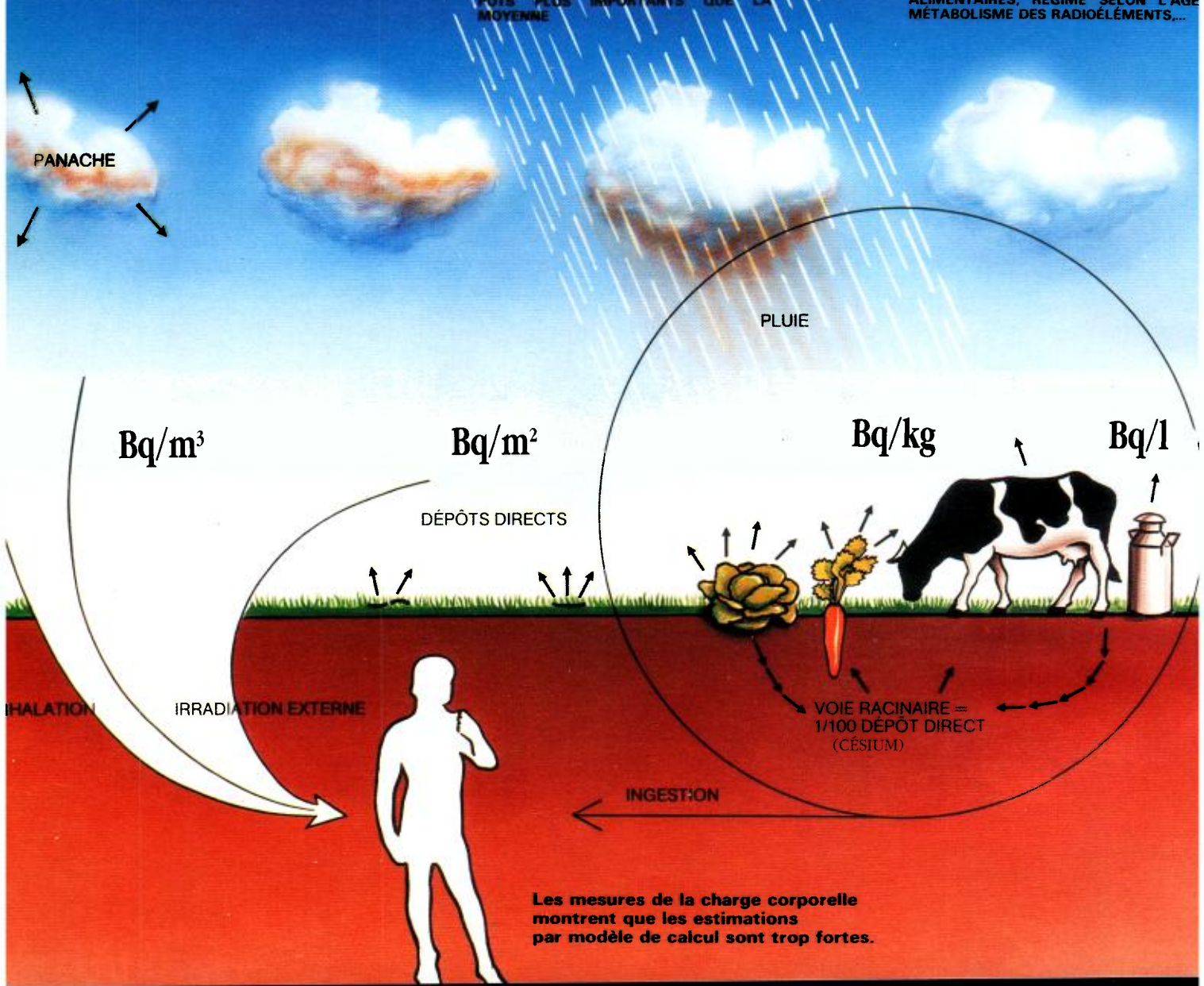
On peut considérer en général que :

- du lait contaminé seulement par de l'iode 131 n'est pratiquement plus radioactif au bout de 2 mois puisqu'il ne reste plus que 0,4 % de la radioactivité initiale (sous réserve, bien entendu, que la radioactivité initiale n'ait pas atteint de valeurs extrêmement fortes !).
- un échantillon de lait contaminé par du césium 137 restera “définitivement” radioactif (par rapport au délai entre sa production et sa consommation, bien sûr) : attention aux confusions ! : une vache ayant ingéré de la nourriture contaminée par du césium 137 ne produira du lait contaminé que pendant une période de temps limitée : mais ce lait conservera sa contamination car la période radioactive est très longue.

ÉLARGISSEMENT PROGRESSIF DU PANACHE
AU COURS DE SA PROGRESSION

LE LESSIVAGE DU PANACHE PAR LA PLUIE
PEUT ENTRAÎNER LOCALEMENT DES DÉPÔTS
PLUS IMPORTANTS QUE LA MOYENNE

LA CONTAMINATION DE L'HOMME PAR
INGESTION EST COMPLEXE : HABITUDES
ALIMENTAIRES, RÉGIME SELON L'ÂGE
MÉTABOLISME DES RADIOÉLÉMENTS,...



Les mesures de la charge corporelle
montrent que les estimations
par modèle de calcul sont trop fortes.

4

Comment les rayonnements ionisants atteignent l'homme

En cas d'accident nucléaire ayant entraîné un rejet de radionucléides dans l'atmosphère, l'atteinte de l'homme peut se faire selon le schéma ci-dessous, l'importance relative de chaque voie d'atteinte variant selon le radionucléide (voir fiche N° 11).

Exposition externe :

Lorsque les éléments radioactifs sont à l'extérieur de l'organisme (dans l'air, sur le sol...), ils provoquent une **exposition externe**. C'est le cas également lorsqu'ils sont déposés sur les vêtements ou directement sur la peau.

Exposition interne :

Lorsque les éléments radioactifs pénètrent dans l'organisme (par inhalation ou par ingestion, et éventuellement par blessure) ils provoquent une **exposition interne**.

Ils peuvent :

- se répartir dans tout le corps

ou bien

- s'accumuler dans certains organes.

Ils y séjourneront plus ou moins longtemps en fonction :

- de la vitesse avec laquelle l'organisme élimine la substance (définie par sa **période biologique**)
- de la **période radioactive** du radionucléide.

La combinaison des deux mécanismes définit la **période effective** qui caractérise la vitesse réelle d'élimination hors de l'organisme.

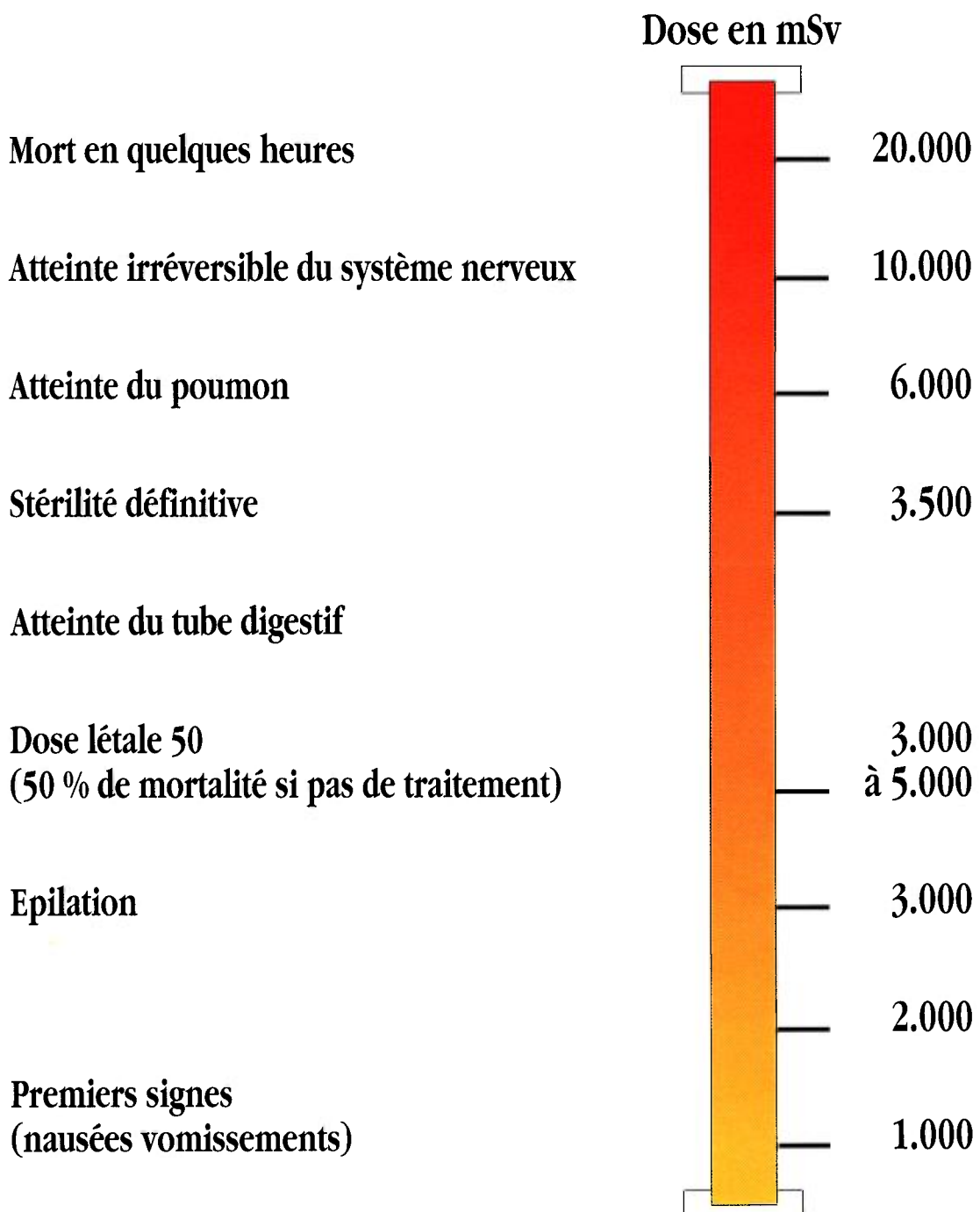
Nota ►

La notion de **période effective** est très importante en matière de contamination et d'exposition. La durée d'une contamination ou d'une exposition n'est pas seulement fonction de la vitesse de la décroissance radioactive du radionucléide en cause, mais aussi de la vitesse avec laquelle certains mécanismes, physiques ou biologiques, vont le mettre en dehors des circuits d'atteinte de l'homme. Par exemple, la vitesse d'infiltration d'un dépôt sur le sol (voir fiche N° 14-2) influe sur la diminution de l'exposition externe résultante, ou encore, la vitesse d'élimination par lessivage ou desquamation d'un dépôt sur les parties aériennes des légumes ou des fourrages (voir fiches N° 15-1 et N° 15-2) influe sur le niveau de contamination de ceux-ci au moment de leur consommation.



Seuils

(ordres de grandeur)



5

Les effets des rayonnements ionisants sur la santé

Effets
certains
(ou déterministes)

*Ce sont des dommages qui apparaissent rapidement et qui se déclenchent **avec certitude** chez tout le monde au-dessus d'une certaine dose (élevée) appelée **seuil**. Plus on est au-dessus du **seuil**, plus ces dommages sont graves.*

Le phénomène est comparable à celui des "coups de soleil" qui apparaissent à partir d'un certain temps d'exposition au soleil et qui sont d'autant plus graves que l'intensité ou la durée de cette exposition sont plus importantes.

Effets
incertains
(ou probabilistes)

Ce sont des dommages (cancers, effets génétiques) qui risquent d'autant plus d'apparaître que la dose de rayonnement a été plus importante ; ils ne sont en rien caractéristiques des rayonnements (le même phénomène peut être observé avec de nombreux produits chimiques, la consommation tabagique, l'exposition aux rayons ultraviolets solaires pour les cancers...).

*Dans une population exposée, certains cancers peuvent survenir après des délais toujours longs (10 ans et plus) ; dans ce cas, on ne peut pas prédire qui sera atteint : on parle "**d'effet probable**". L'atteinte des cellules impliquées dans la reproduction peut entraîner, selon une même loi de hasard, des effets dits "**génétiques**" susceptibles d'apparaître dans la, voire les, génération(s) futures(s).*



Rien ne permet donc de distinguer un cancer ou une mutation dû aux rayonnements ionisants d'un cancer ou d'une mutation d'une autre origine (généralement inconnue). Ce n'est qu'en comparant des populations exposées avec des populations non exposées aux rayonnements ionisants que l'on peut espérer mettre en évidence ces effets incertains à l'aide d'études statistiques :

- étude sur les populations exposées à Hiroshima et à Nagasaki,
- étude sur les mineurs d'uranium, sur les radiologues du début du siècle,
- étude sur des malades traités par des rayonnements ionisants...

En-dessous d'une certaine dose, les effets, de type cancer, deviennent si rares qu'il est impossible de les observer : pour les déceler, s'ils existent, il faudrait suivre des populations gigantesques pendant des dizaines d'années. On n'a ainsi pas pu mettre en évidence d'effets incertains dans des populations humaines qui avaient reçu des doses de quelques dixièmes de sievert. En-dessous de cette dose, il n'y a aucune preuve pour ou contre la survenue d'effets incertains. Les effets de type génétique n'ont jamais pu être observés chez l'homme.

Devant cette incertitude, et pour assurer une bonne protection, les instances internationales (La Commission Internationale de Protection Radiologique) ont délibérément choisi :

- de supposer qu'il n'y a pas de seuil, c'est-à-dire que toute dose aussi faible soit-elle augmente la probabilité d'apparition d'effets incertains.
- de supposer que la fréquence des effets incertains est proportionnelle à la dose reçue, ce qui représente une estimation **volontairement pessimiste** du risque maximal et non du risque le plus probable. Par conséquent, il n'est scientifiquement pas correct de se servir de ces évaluations pour prévoir ce qui pourrait effectivement survenir dans un groupe d'individus exposés puisqu'elles comportent une marge de sécurité.

Nota ►

En ce qui concerne l'exposition du fœtus pendant la grossesse, les seuls effets observés chez les populations humaines sont des troubles du développement : les malformations n'ont été observées que chez l'animal. Ces effets ne sont pas héréditaires.

6

Les sources de radioactivité

1

Sources naturelles

- rayonnement cosmique
- rayonnement terrestre

2

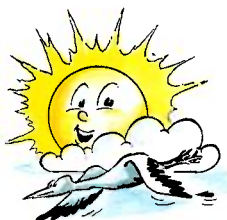
Sources artificielles

- médecine
- essais nucléaires
- industrie et recherche

Depuis l'origine des temps, la radioactivité fait partie de l'environnement et de l'homme lui-même.

*Les sources de rayonnements extérieures à l'organisme entraînent une **exposition externe**.*

Les rayons cosmiques



proviennent des étoiles et du soleil.

L'atmosphère les absorbe, ce qui explique que la dose est plus importante en altitude :

Equivalent de dose (mSv/an)

1 an au bord de mer	0,3
1 an à 1500 m d'altitude	0,6

Le rayonnement terrestre

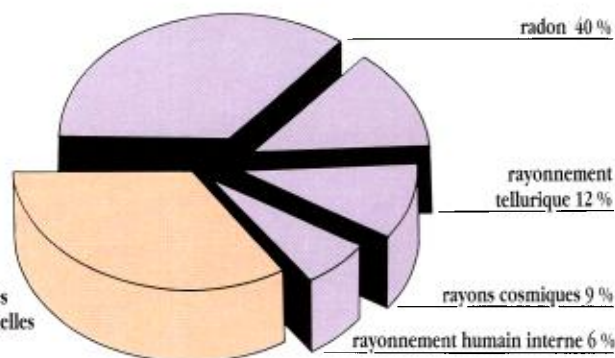


provient d'éléments radioactifs (uranium, radium, thorium...) qui se sont formés en même temps que la terre et qui se désintègrent lentement en donnant naissance à d'autres isotopes radioactifs naturels. Ils sont présents partout en plus ou moins grande quantité selon la nature des sols, ce qui explique les écarts parfois importants des doses absorbées par les personnes vivant dans différentes régions ou pays :

Equivalent de dose (mSv/an)

Bassin Parisien	0,3 - 0,5
Bretagne, Massif Central	1 - 3
Inde (côte du Kerala)	10 - 30

SOURCES NATURELLES 67 %



*Les sources qui pénètrent dans l'organisme entraînent une **exposition interne** :*

Les deux voies de pénétration principales sont :

de poussières radioactives provenant de radionucléides gazeux (radon) qui émanent du sol ou des matériaux de construction : cette voie ne prend d'importance qu'à l'intérieur des maisons (effet de "cloche") où elle peut entraîner des doses d'autant plus élevées que la ventilation aura été réduite. Il existe de grandes variations en France selon :

Equivalent de dose (mSv)(moyenne annuelle)

les sols	Bassin Parisien	0,1
	Bretagne, Massif Central	0,2
les maisons : à l'intérieur des maisons en granit, on enregistre en moyenne des niveaux supérieurs à ceux des maisons traditionnelles (40 % en plus)		

d'aliments qui contiennent naturellement une faible quantité de radionucléides de la famille de l'uranium 238 et du thorium 232 ainsi que du potassium 40. L'organisme humain lui-même contient environ 4500 Bq de potassium 40.

L'inhalation



L'ingestion



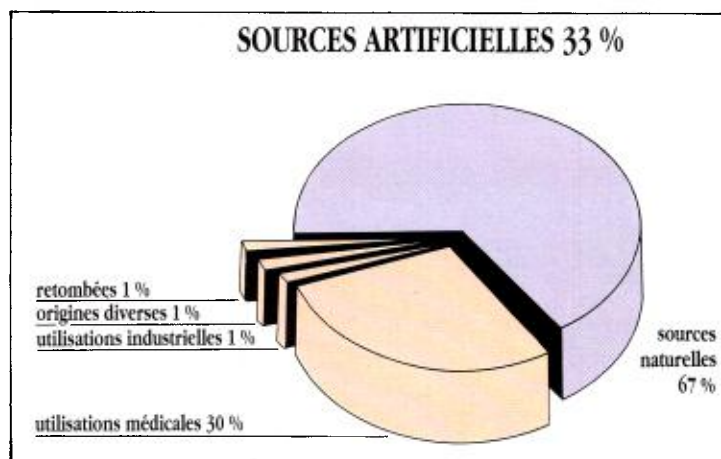
En
médecine

Elles recouvrent des domaines d'application très différents.

L'irradiation médicale comporte l'emploi de substances radioactives ou la production de rayons X pour le diagnostic ou le traitement des maladies.

Le radiodiagnostic utilise un ensemble complexe de techniques (la radioscopie, la radiographie ou encore l'administration de diverses substances radioactives) qui délivrent des doses très différentes de rayonnement selon les procédés ou les parties du corps examinées.

Radiographie	Equivalent de dose (mSv)
Thorax	0,3
Bassin	1,3
Rein	10



Le nombre et le type d'examen est évidemment très différent selon chaque individu. Dans ce domaine du diagnostic radiologique, on se préoccupe constamment de minimiser l'exposition de la population aux rayons (recours à des techniques sans rayonnements ionisants, amélioration des procédés...) ; malgré tout, la pratique médicale délivre des doses parfois non négligeables, puisque dans les pays développés, elle peut atteindre 1 à 2 mSv en moyenne par an.

La radiothérapie met en oeuvre des sources de rayonnement puissantes (accélérateurs, "bombe au cobalt", implantation de sources radioactives dans le corps...) pour délivrer des doses très importantes à des zones limitées de l'organisme (plusieurs Gy !). Cette utilisation est presque entièrement réservée au traitement des affections cancéreuses.

En essais
nucléairesEn industrie
et recherche

*Les retombées des **essais des armes nucléaires** dans l'atmosphère*

Des essais nucléaires ont été autrefois réalisés dans l'atmosphère par différents pays (dont la France) mais essentiellement par les USA et l'URSS entre 1945 et 1965. Les substances radioactives injectées en haute altitude se sont progressivement déposées sur l'ensemble du globe donnant lieu à une exposition des populations. Depuis, les essais sont souterrains et n'entraînent plus d'exposition pour les populations.

Les professionnels utilisent un grand nombre de sources radioactives pour des applications diverses (radiographie industrielle, détecteurs...) : ces sources, qui n'engendrent pas d'exposition du public pris dans son ensemble, sont par contre à l'origine de la plupart des accidents radiologiques répertoriés à ce jour.

L'industrie électronucléaire qui manipule de grandes quantités de radioactivité (centrales, centres de recherche...) entraîne en fonctionnement normal des doses extrêmement faibles d'exposition pour le public, même au voisinage immédiat des installations. La survenue d'exposition accidentelle existe mais l'expérience a montré qu'elle est rare (accidents de Windscale en 1957, de Kyshtym en 1957 et Tchernobyl en 1986...).

Tableau 1

Ordres de grandeur
de la radioactivité naturelle moyenne
de quelques produits courants

• eau de pluie	0,5 becquerel par litre
• eau de mer	10 becquerels par litre
• terre	900 becquerels par kilogramme (quelques centaines à quelques milliers selon qu'il s'agit d'un sol sédimentaire ou granitique)
• pommes de terre	150 becquerels par kilogramme
• lait	40 becquerels par litre
(L'organisme humain contient environ 4500 becquerels de potassium 40 et 3700 de carbone 14).	

7

Les normes réglementaires

LES NIVEAUX D'INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENT

La réglementation française est conforme aux Directives de la Communauté européenne fondées elles-mêmes sur les principes énoncés par les recommandations d'un organisme international "La Commission internationale de Protection Radiologique".

En situation
normale

On fait de la prévention
en cherchant la meilleure protection

3 principes fondamentaux :

- pas d'exposition inutile
- dose aussi faible que raisonnablement possible
- respect des limites individuelles

La réglementation française, conforme à une Directive communautaire, fixe les limites d'équivalent de dose annuelle (décret n° 88.521 du 18.04.88).

Pour • **Les travailleurs** (industrie nucléaire, radiologie médicale)
(ils font l'objet d'une surveillance particulière)

- **Le public** (la surveillance s'exerce par l'intermédiaire de l'environnement ce qui permet de garantir le respect des limites)

Externe

**les sources de rayonnement
sont en dehors de l'organisme.**

*Les limites diffèrent
selon qu'elles concernent :*

- | | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| • tout l'organisme | 50 mSv/an (5 rem/an) | 5 mSv/an (0,5 rem/an) |
| • les extrémités du corps | 500 mSv/an (50 rem/an) | 50 mSv/an (5 rem/an) |

Interne

les éléments radioactifs sont présents dans l'organisme.

Des limites sont fixées pour chaque radionucléide et pour des mélanges sous forme :

de Limites Annuelles d'Incorporation (LAI en Bq) qui diffèrent selon la voie d'incorporation (inhalation ou ingestion). Les LAI définissent la quantité maximale d'une substance radioactive donnée qui peut être soit inhalée, soit ingérée en un an sans que les limites ci-dessus fixées pour l'organisme entier en exposition externe soient dépassées ;

de concentrations dérivées de substance radioactive dans l'air (Bq/m³) déduites des LAI.

La fixation de ces limites nécessite d'effectuer des calculs complexes, car la dose reçue par les divers organes dépend de :

- la substance radioactive
- la voie d'entrée
- la vitesse d'élimination
- la période radioactive
- etc...

LES LIMITES
S'APPLIQUENT
A L'EXPOSITION



En cas d'accident nucléaire

On cherche à réduire l'exposition des personnes en prenant la contre-mesure appropriée

L'accident est une situation de fait qui, dans son principe même, se situe hors de la réglementation. On lui fait donc face par des contre-mesures adaptées à chaque situation rencontrée. Elles sont arrêtées en tenant compte de leurs avantages et de leurs inconvénients. Dans le domaine agricole, la CEE a fixée des "niveaux d'intervention" que l'on trouvera dans le tableau I ci-après.

En cas d'accident, des niveaux d'intervention différents ont été déterminés pour les diverses parcelles susceptibles d'être proposées.

Principe de l'intervention :

- prendre la contre-mesure adaptée à la situation rencontrée
- peser le pour (protection vis-à-vis des rayonnements et de la contre-mesure)

En principe, le niveau auquel une action doit être entreprise, c'est-à-dire le niveau d'intervention (exprimé en dose) ou le niveau d'intervention dérivé (exprimé en activité), est déterminé en fonction des conditions réelles. Toutefois, pour aider les autorités dans leur décision, des niveaux d'intervention prévisionnels sont établis et figurent dans les plans d'intervention ; ils peuvent, en cas de nécessité, être réajustés en fonction de la situation réelle.

Une protection directe de la population peut être envisagée au moyen de contre-mesures (voir fiche n° 13).

Les principales contre-mesures sont :

- **le confinement temporaire**
- **l'évacuation**
- **l'administration d'iode stable**
- **les contre-mesures sur l'alimentation**

Tableau 1

RÈGLEMENT (EURATOM) N° 2218/89
DU CONSEIL 18 Juillet 1989
(Journal Officiel des Communautés européennes n° L 211 du 22/7/1989)

ISSN 0378-7060

L 83

33^e année

30 mars 1990

22. 7. 89

Journal officiel des Communautés européennes

N° L 211/3

Édition de langue fr

ANNEXE

ANNEXE

Sommaire

NIVEAUX MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR LES DENRÉES ALIMENTAIRES ET LES ALIMENTS POUR BÉTAIL (Bq/kg)

	Denrées alimentaires (*)				Aliments pour bétail (*)
	Aliments pour nourissons (*)	Produits laitiers (*)	Autres denrées alimentaires à l'exception de celles de moindre importance (*)	Liquides destinés à la consommation (*)	
Isotopes de strontium, notamment Sr-90	73	125	738	125	
Isotopes d'iode, notamment I-131	150	500	2 950	358	
Isotopes de plutonium et d'éléments transplutoniens à émission alpha, notamment Pu-239 et Am-241	1	25	80	30	
Tout autre nucléide à période radioactive supérieure à 10 jours, notamment Cs-134 et Cs-137 (*)	400	1 900	1 230	1 000	

(*) Le niveau applicable aux produits concentrés ou séchés est calculé sur la base du produit reconstitué prêt à la consommation. Les États membres peuvent formuler des recommandations concernant les conditions de dilution en vue d'assurer le respect des niveaux maximaux admissibles fixés par le présent règlement.

(**) Les niveaux maximaux admissibles pour les aliments pour bétail sont déterminés, conformément à l'article 7, étant donné que ces niveaux sont destinés à contribuer au respect des niveaux maximaux admissibles pour les denrées alimentaires, qu'ils ne peuvent pas à eux seuls assurer ce respect en toute circonstance et qu'ils ne réduisent pas l'obligation de contrôler les niveaux existant dans les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine.

(*) On entend par aliments pour nourissons, les denrées alimentaires destinées à l'alimentation des nourissons pendant les quatre à six premiers mois, qui sont en elles-mêmes aux besoins alimentaires de cette catégorie de personnes et sont présentées pour la vente au détail dans des emballages soigneusement reconnaissables et munis de l'étiquette « préparation alimentaire pour nourissons ».

(*) On entend par produits laitiers, les produits relevant des codes NC suivants, y compris, le cas échéant, les adaptations qui pourraient ultérieurement leur être apportées : 0401, 0402 (sauf 0402 2911).

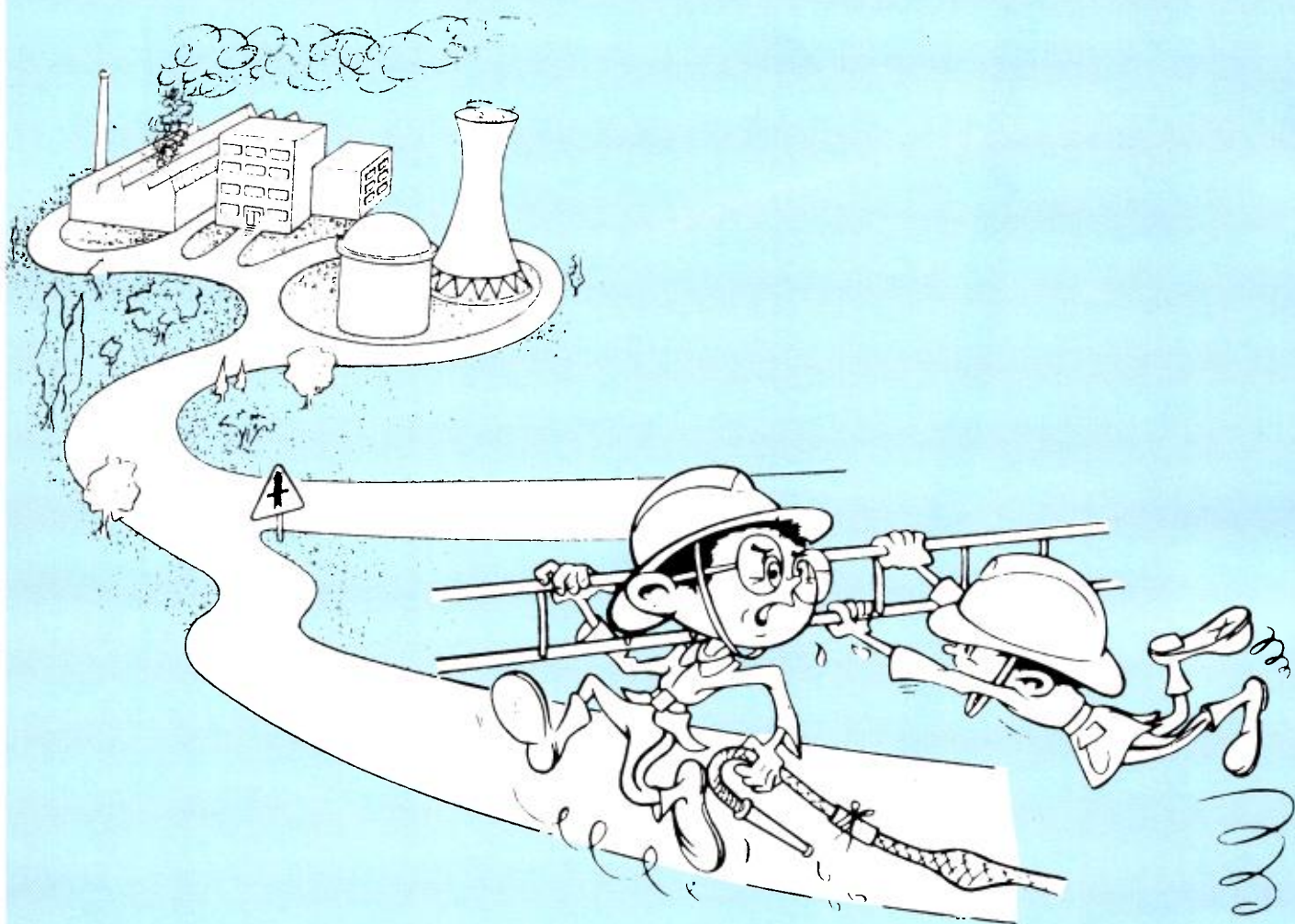
(*) Les denrées alimentaires de moindre importance et les niveaux correspondants qui doivent leur être appliqués sont déterminés conformément à l'article 7.

(*) Liquides destinés à l'alimentation, tels que définis au code NC 2009 et au chapitre 22 de la nomenclature combinée. Les valeurs sont calculées compte tenu de la consommation d'eau courante et les mêmes valeurs devaient être appliquées à l'approvisionnement en eau potable suivant l'appréciation des autorités compétentes des États membres.

(*) Le carbone 14, le tritium et le potassium 40 ne sont pas compris dans ce groupe.

* La dose reçue dépend en effet du niveau de contamination du produit mais aussi de la quantité consommée : consommer 100 kg de pommes de terre à 1 Bq/kg ou encore 1 kg de pommes de terre à 100 Bq/kg, revient au même que consommer 10 Kg de pommes de terre à 10 Bq/Kg.

** Les niveaux maximaux admissibles applicables à l'accident de Tchernobyl sont de 370 Bq/kg et 600 Bq/kg, dans le cas du césium respectivement pour les produits laitiers et aliments pour nourissons et pour les autres produits alimentaires (Règlement Communautaire N° 1707/86 du 30.05.89). Ils sont applicables jusqu'au 31 mars 1995 (Règlement Communautaire N° 737/90 du 22.03.90).



8

Organisation de l'intervention en cas d'accident nucléaire

1

Organisation générale

- au niveau national
- au niveau local

2

Les plans d'intervention

- ORSEC - RAD
- PPI
- PPA

3

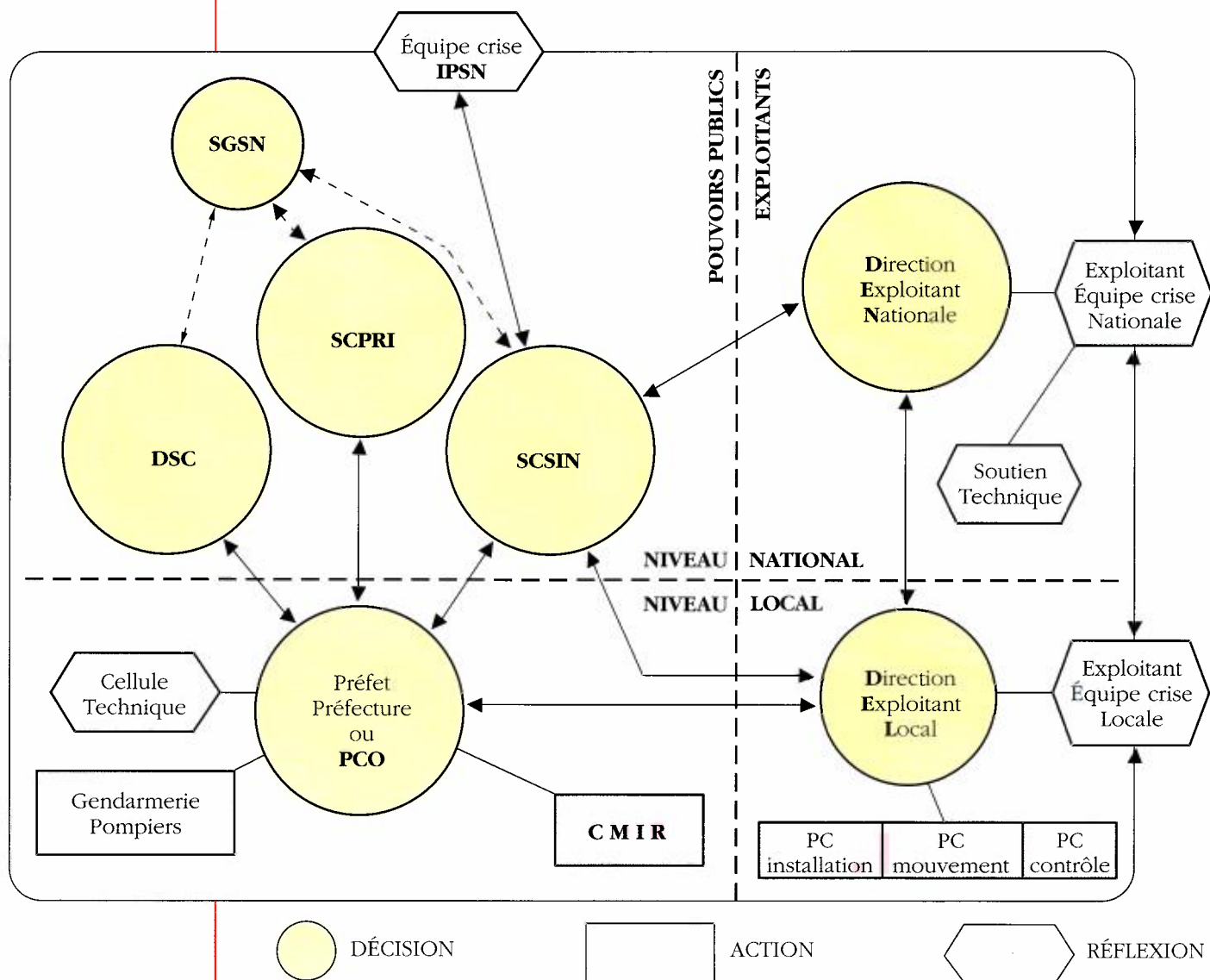
Les moyens d'intervention

4

Les sources d'information

Organisation de crise - Principales liaisons

(pour les réacteurs électrogènes EDF)



IPSN : Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire.

SGSN : Secrétariat Général à la Sécurité Nucléaire.

DSC : Direction de la Sécurité Civile (ministère de l'Intérieur).

SCPRI : Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (ministère chargé de la Santé).

SCSIN : Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires (ministère chargé de l'Industrie).

CMIR : Cellules Mobiles d'Intervention Radiologique (Sécurité Civile). Participent également des unités mobiles du SCPRI et du CEA.

PCO : Poste de Commandement Opérationnel.

En France, l'organisation des secours en cas d'accident, quelles qu'en soient la nature et l'origine, fait l'objet d'une planification précise, rendue nécessaire par le nombre des acteurs susceptibles d'intervenir.

C'est ainsi qu'il existe des plans ORSEC qui répondent à un schéma général et sont adaptés au type d'accident considéré, notamment en cas d'accident nucléaire, le plan ORSEC-RAD.

L'organisation des secours porte sur deux niveaux distincts mais associés : le niveau national et le niveau local.

Au niveau national

La coordination de l'action des différents ministères s'effectue au niveau du Premier ministre auprès duquel agit le Secrétaire Général du Comité Interministériel de la Sécurité Nucléaire.

Les ministères principalement concernés sont :

- Le ministère chargé de l'Intérieur, par la Direction de la Sécurité Civile au sein de laquelle se trouve le CODISC (Centre Opérationnel de la Direction de la Sécurité Civile).
- Le ministère chargé de l'Industrie, par le Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires (SCSIN).
- Le ministère chargé de la Santé, par le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI).

S'y ajoutent des supports techniques, par exemple l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire du Commissariat à l'Energie Atomique.

Au niveau local

La décentralisation de la structure de décision conduit à donner cette responsabilité au préfet, chargé de prendre les mesures nécessitées par la protection de la population.

Pour exercer cette responsabilité, le préfet s'appuie sur les représentants des départements ministériels (SCPRI, SCSIN) et des Directions générales (gendarmerie et police). Mais il dispose aussi au niveau du département :

- de la Direction des Affaires Sanitaires et Sociales
- de la Direction Départementale des Services d'Incendie et Secours
- de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
- des Laboratoires de la Direction Générale de la Consommation, de la Concurrence et de la Répression des Fraudes
- des Laboratoires des Services Vétérinaires et d'Hygiène Alimentaire (Direction Générale de l'Alimentation du Ministère de l'Agriculture)
- de la Direction Régionale de la Protection des Végétaux

et bien entendu des représentants de l'exploitant de l'installation nucléaire accidentée (EDF, CEA...).

Les plans d'intervention

Les plans ORSEC-RAD à caractère plus administratif sont complétés au niveau local par les Plans Particuliers d'Intervention (PPI) et les Plans d'Action Post-Accidentels (PPA) propres à chaque installation.

Les PPI et les PPA tiennent compte des caractéristiques de l'installation en cause ainsi que de celles de l'environnement et de la population. Ils permettent de préciser les conditions dans lesquelles pourraient être mises en oeuvre des contre-mesures éventuelles dans les heures ou les jours qui suivent l'accident (PPI) ou à plus long terme et jusqu'au retour à la normale (PPA).

Les plans d'intervention sont déposés dans les mairies des communes avoisinant une installation nucléaire et peuvent être consultés.

Est également prévue la coordination de l'information afin d'éviter que la population ne reçoive des indications de sources différentes. Cette coordination est assurée au niveau central par le ministère de l'Industrie et au niveau local par le préfet.

Les moyens d'intervention

En dehors des moyens généraux qui permettent la mise en oeuvre des dispositions arrêtées par les responsables, par exemple les moyens de police et de gendarmerie, la survenue d'un accident suppose l'existence de deux types de moyen :

- ceux qui permettent d'évaluer les conséquences de l'accident dès que celui-ci survient et mieux encore dès que celui-ci est susceptible de survenir. Ce sont essentiellement des moyens de calcul auxquels s'ajoutent des moyens d'acquisition de données (par exemple les données météorologiques).
- ceux qui permettent d'assurer le contrôle de la contamination des personnes, de l'environnement, des productions et du capital agricoles.

Les moyens de ce second type peuvent être fournis par :

- le SCPRI : moyens mobiles (voiture-rail spectrométrique, semi-remorques équipés en laboratoires, véhicules légers type "master") et moyens fixes (laboratoires).
- le CEA : moyens mobiles (véhicules équipés de moyens de détection et de balisage, hélicoptère) appartenant aux Services de Protection contre les Rayonnements des différents établissements répartis selon des "zones d'intervention", moyens fixes constitués par les laboratoires.
- les Cellules Mobiles d'Intervention Radiologique (CMIR) au niveau départemental,
- les équipes départementales de "détection de la radioactivité" des sapeurs pompiers.
- les laboratoires équipés pour effectuer des contrôles de la radioactivité des produits alimentaires qui existent au niveau départemental et qui relèvent de la Direction Générale de la Consommation de la Concurrence et de la Répression des Fraudes, et de la Direction des Services Vétérinaires.

L'information rapide de la population concernée, notamment les agriculteurs, sera assurée par les autorités locales. Voitures équipées de haut-parleurs, téléphone, et surtout radio, (un accord confie à France Inter le soin de diffuser les informations officielles), constituent les meilleurs supports de cette information.

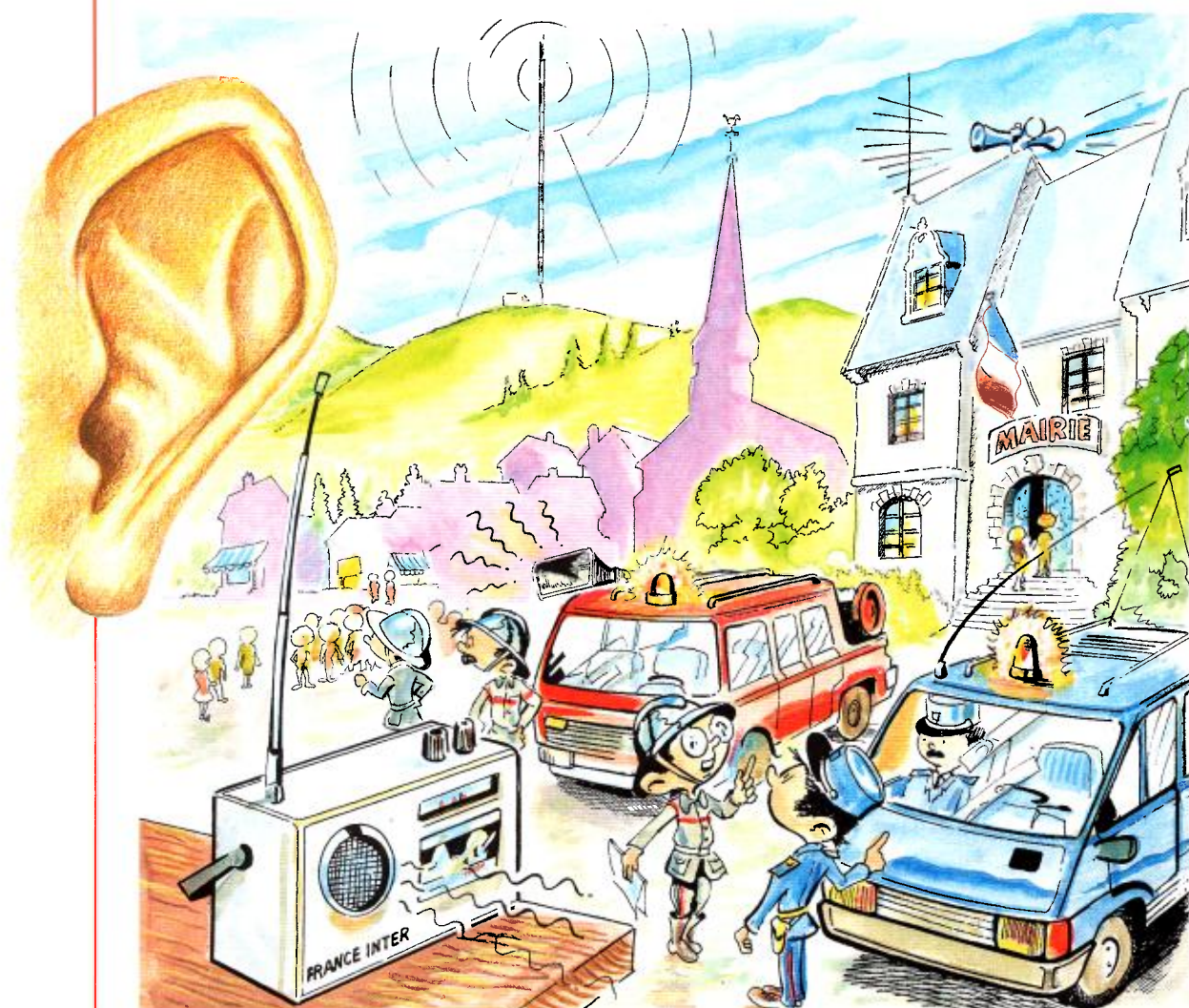
C'est bien évidemment auprès des services départementaux de l'Agriculture que les agriculteurs peuvent obtenir des informations spécialisées, des conseils ou des consignes.

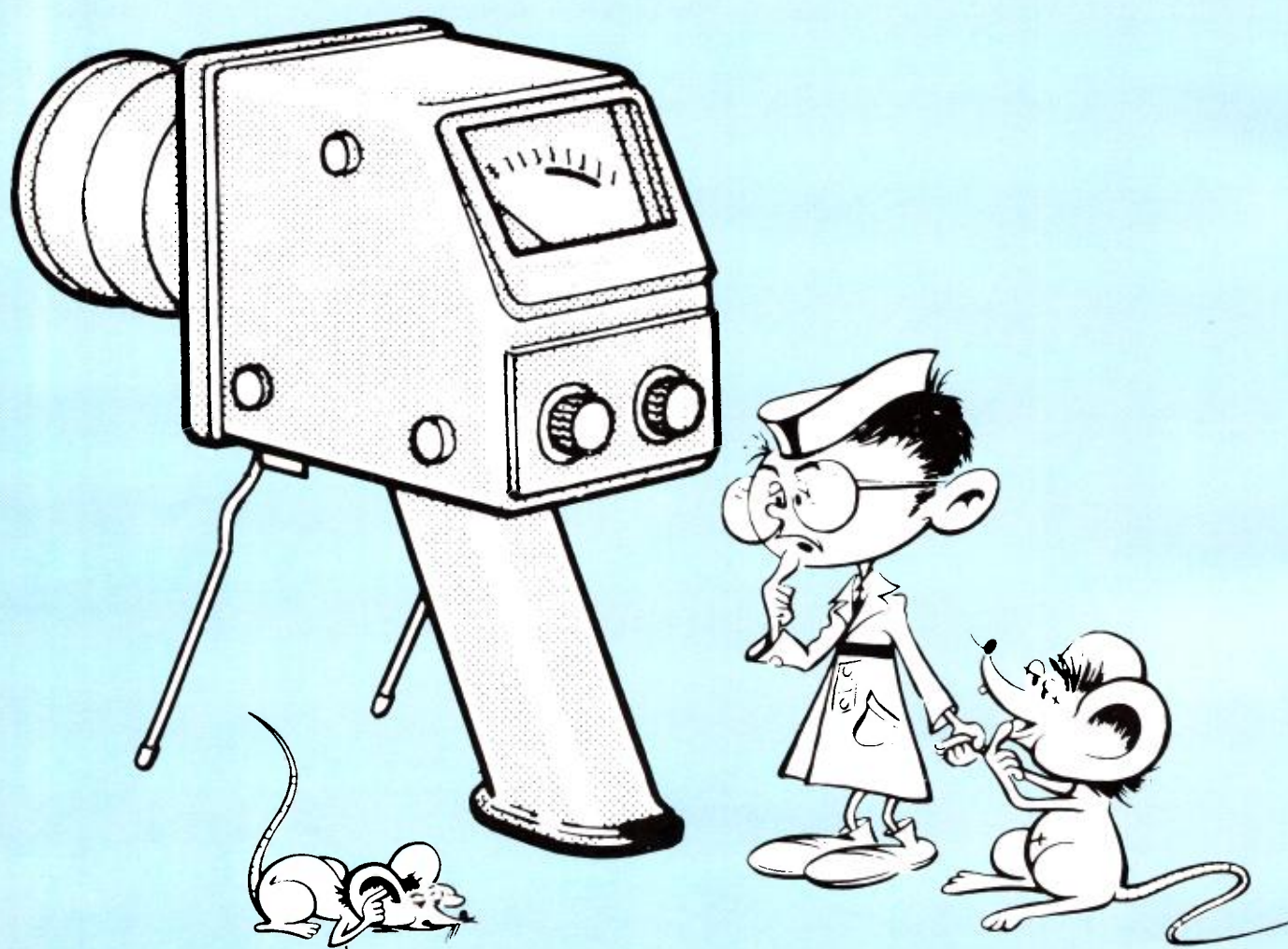
Cette brochure a justement pour objectif de préparer les exploitants agricoles à la meilleure application possible de ces conseils ou de ces consignes après la mise en alerte.

Des informations complémentaires seront communiquées aux organisations professionnelles locales par leurs réseaux spécifiques, par leur représentation nationale et par les associations spécialisées dans les filières de production, animales ou végétales.

Les mesures de la contamination de l'environnement, des productions agricoles et des personnes doivent être effectuées par des spécialistes et non par des personnes non spécialement formées et ne disposant pas des matériels adéquats.

Il doit donc y avoir, en cas d'incident, un contact étroit entre les organisations professionnelles, les services de contrôle agréés, et les Pouvoirs publics, à tous les niveaux.

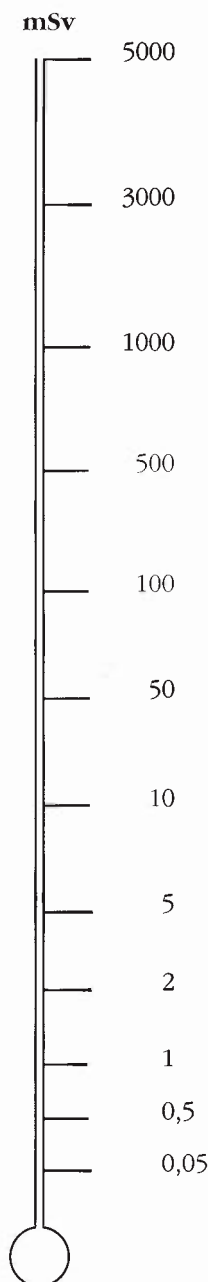






Les échelles de grandeurs

Dose d'irradiation



Réglementation	Effets	Exposition
	Epilation	Dose létale 50 (50 % de décès en l'absence de traitement)
	Premiers malaises	
Limite de dose annuelle pour les travailleurs		Radiographie du rein
Limite de dose annuelle pour le public		Irradiation naturelle annuelle (moyenne) Irradiation médicale annuelle (moyenne) Radiographie du bassin Radiographie du thorax Dose reçue lors d'un vol Paris/New-York Dose moyenne reçue par la population française après Tchernobyl Dose liée à la TV, industrie nucléaire...

Chez l'animal les doses létales 50 % varient avec l'espèce : quelques exemples en expositions aigües (en mSv) : mouton (2000), porc (2200), chèvre (3000), singe (5500).

Les valeurs indiquées se rapportent soit à des irradiations localisées soit à des irradiations globales.

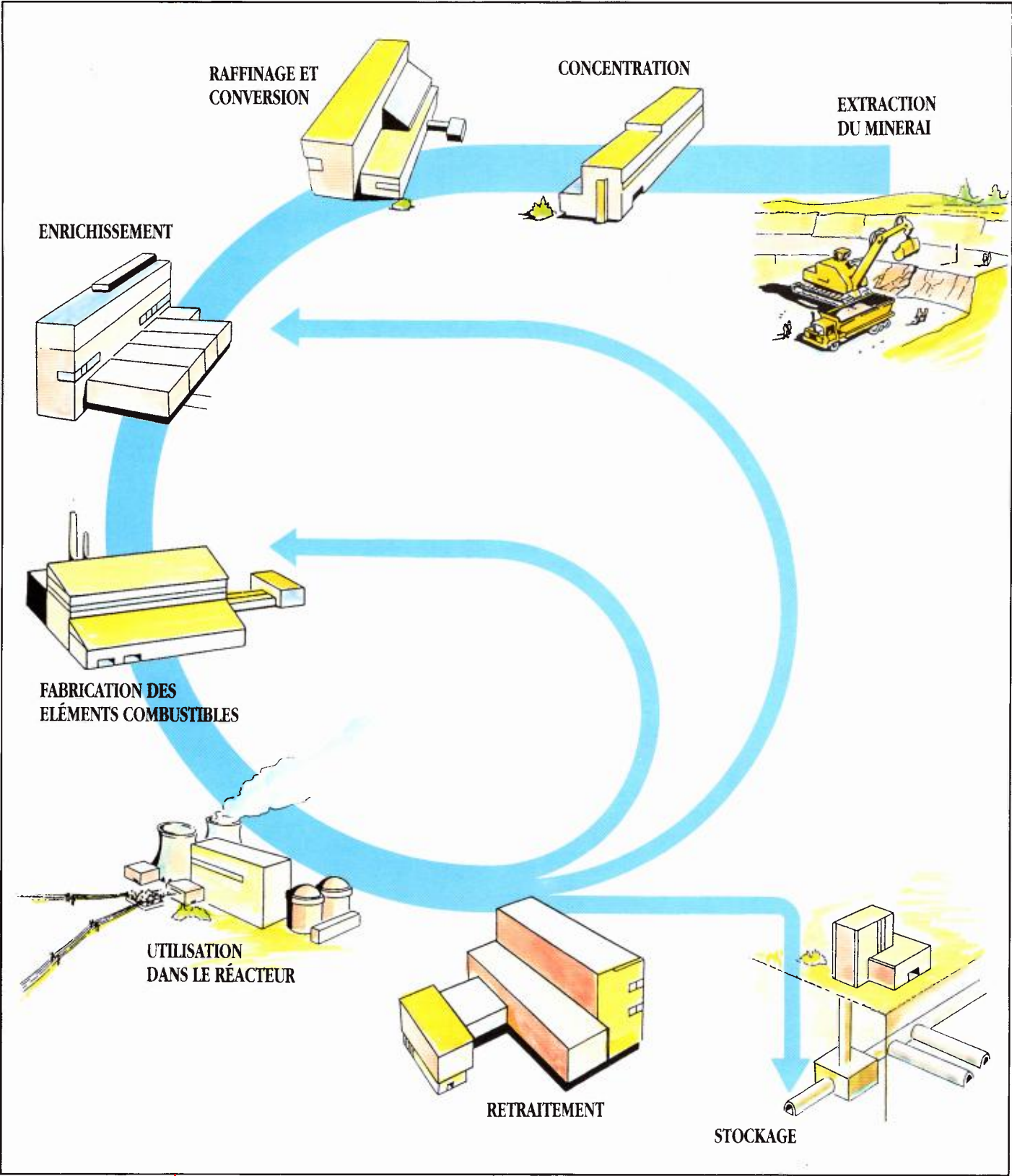


10

Les risques d'accident dans les activités nucléaires

- 1 La mine
- 2 L'usine de traitement du minerai
- 3 L'usine de transformation
- 4 L'usine d'enrichissement
- 5 L'usine de fabrication du combustible
- 6 Le réacteur nucléaire (central EDF)
- 7 Le retraitement des combustibles usés
- 8 Le stockage des déchets radioactifs de faible et moyenne activité
- 9 Le stockage en profondeur
- 10 Les centres d'études nucléaires
- 11 Les réacteurs nucléaires de recherche et d'essais
- 12 Les centres militaires
- 13 Les ionisateurs
- 14 Les transports

Cycle du combustible



Préambule

Qu'elle s'effectue en utilisant comme combustible le charbon, le pétrole ou l'uranium, la production d'électricité nécessite une série d'opérations qui commence par l'extraction de la matière première et se termine par le stockage de déchets solides. Cette série d'opérations constitue le cycle du combustible : dans le cas de la production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire, le cycle du combustible est représenté dans le schéma ci-contre.

A cette importante activité industrielle, s'ajoutent d'autres activités de type nucléaire dans des domaines comme la recherche, le secteur militaire, la médecine (non abordée ici) et bien d'autres applications industrielles.

Des études très poussées sur les risques accidentels potentiellement associés à ces diverses activités sont effectuées. Elles précisent à la fois la probabilité que survienne une situation accidentelle et les conséquences de celle-ci ; elles visent à rendre l'une et l'autre aussi faible que possible.

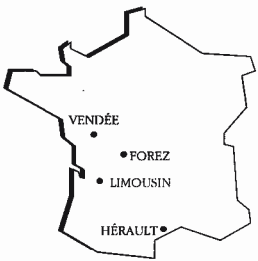
ATTENTION ►

Ne sont pas considérés ici :

- *l'impact du fonctionnement normal des installations. (rejets d'effluents).*
- *les risques pour les personnes professionnellement exposées aux rayonnements ionisants*

10₁

La mine



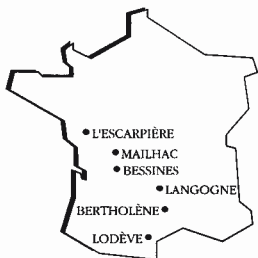
L'uranium est présent partout dans la nature. Dans le sous-sol on peut le trouver sous une forme plus concentrée (minerai) qui justifie son exploitation. C'est le cas en France où il existe plusieurs mines d'uranium. Le minerai extrait de la mine est trié grossièrement puis acheminé vers une usine de concentration.



Compte tenu des opérations effectuées, les mines d'uranium ne présentent pas de risque de nature accidentelle pour le public.

10₂

L'usine de traitement du minerai



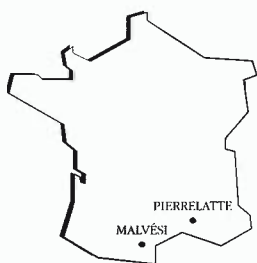
Ces usines sont généralement situées près des mines.

Le minerai y subit un traitement mécanique, puis chimique afin d'en extraire l'uranium. Au cours de cette extraction, des sables qui contiennent d'autres éléments radioactifs naturels sont produits.

Compte tenu des opérations effectuées, les usines de traitement du minerai ne présentent pas de risque accidentel significatif pour le public. La rupture d'un barrage de bassin de décantation, annexe de certaines usines, pourrait entraîner un dépôt de radium sur les terres inondées.

10₃

L'usine de transformation



L'uranium extrait du minerai est purifié dans une usine où il est transformé en fluorure d'uranium solide (première étape d'une chaîne de procédés nécessaire à "l'enrichissement"). Cette opération s'effectue à l'usine de Malvési. Le fluorure d'uranium solide est ensuite transporté à Pierrelatte où il est transformé en fluorure d'uranium gazeux puis acheminé vers une usine d'enrichissement.



Compte tenu des opérations effectuées et de la nature des éléments manipulés, les usines où s'effectuent ces transformations, notamment sous forme gazeuse, peuvent présenter des risques accidentels pour le public. Ces risques sont de nature chimique (voir fiche N° 11) et leurs conséquences seraient locales.

10₄

L'usine d'enrichissement



L'uranium naturel est composé de plusieurs isotopes de l'uranium. Celui que l'on utilise pour la production de l'énergie est l'uranium 235.

Pour la plupart des réacteurs nucléaires français il est nécessaire d'accroître sa proportion, c'est-à-dire de la porter d'environ 0,7 % à environ 3,5 %. Ceci est réalisé dans une usine située à Pierrelatte.

Ce sont des sortes de tamis géants sur lesquels on fait passer l'uranium sous une forme gazeuse associé au fluor. Le fluor est récupéré et recyclé.



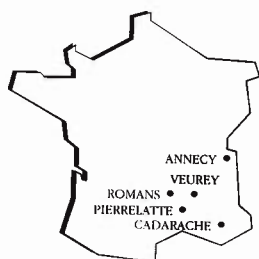
Compte tenu des opérations effectuées et de la nature des éléments manipulés, les usines où s'effectuent ces transformations, notamment sous forme gazeuse, peuvent présenter des risques accidentels pour le public. Ils sont essentiellement de nature chimique (Voir fiche N° 11) et leurs conséquences seraient locales.

Nota ►

Des enrichissements à des taux élevés sont également effectués à Pierrelatte pour des combustibles destinés à des réacteurs de recherche ou à des fins militaires ; le risque radiologique peut devenir prépondérant alors en situation accidentelle.

105

L'usine de fabrication de combustible



L'uranium enrichi, ou non dans le cas de certains réacteurs, est placé dans des gaines très étanches, ayant l'aspect de crayons ; ceux-ci sont assemblés pour constituer ce qu'on appelle l'élément de combustible destiné au réacteur nucléaire. On commence actuellement à fabriquer des combustibles mixtes (uranium et plutonium) permettant d'économiser l'uranium.



Compte tenu des opérations effectuées et de la nature des éléments manipulés, l'usine de fabrication de combustible présente un risque accidentel pour le public ; ce risque, essentiellement de nature chimique, est limité et très local.



Le réacteur nucléaire

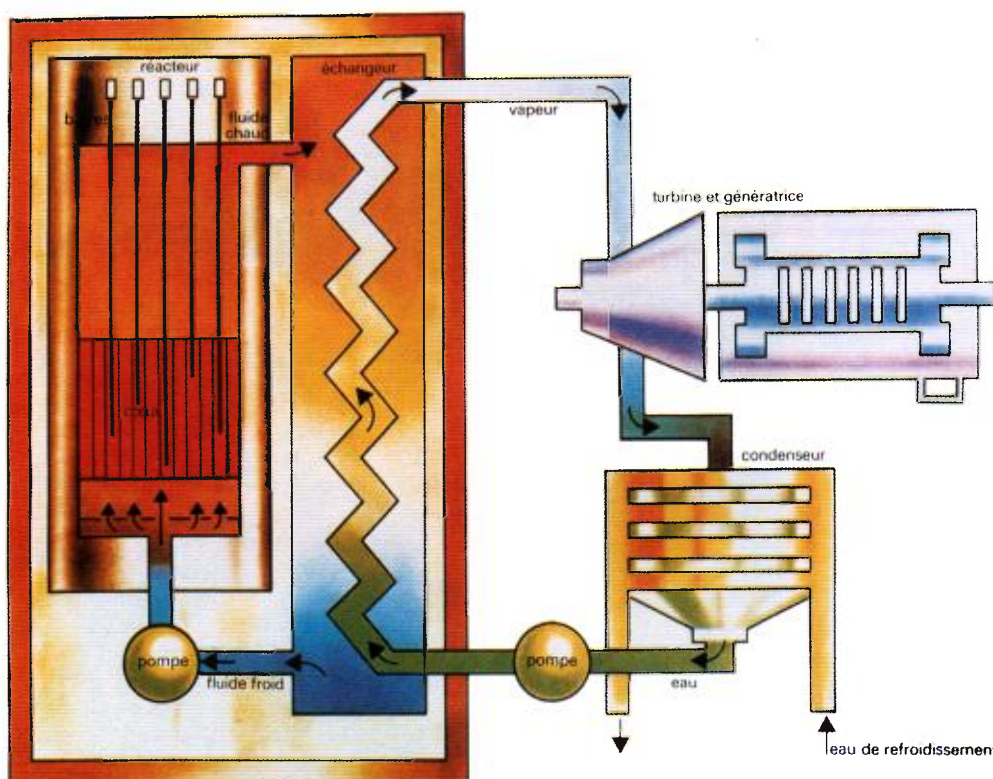
(centrale EDF)

On s'intéresse ici aux réacteurs à eau pressurisée qui constituent l'essentiel du parc français. Les autres réacteurs ne sont pas fondamentalement différents dans le principe. Dans le réacteur, l'uranium 235 subit la "fission" c'est-à-dire qu'il est "cassé en morceaux". L'énergie libérée est transformée en chaleur qui est transférée à un circuit d'eau dit "circuit primaire". Le circuit primaire transporte la chaleur vers un échangeur de chaleur où elle est transférée à l'eau d'un circuit secondaire indépendant du circuit primaire; la vapeur produite dans le circuit secondaire sert à faire tourner les turbines (voir schéma) comme cela se passe dans les centrales où on utilise la combustion du charbon ou du pétrole.

Lors de la réaction de fission, de nombreux éléments radioactifs sont produits (produits de fission : voir fiche N° 11). Ils restent à l'intérieur des crayons et seule une très faible proportion de cette radioactivité peut passer dans l'eau du circuit primaire qui est épurée en permanence. Dans le même circuit et sous l'action du flux neutronique des produits d'activation se forment (voir fiche N° 11). Les éléments radioactifs présents dans le circuit primaire ne peuvent pénétrer dans le circuit secondaire que par des fuites au niveau de l'échangeur de chaleur.

Des gaz radioactifs sont également produits (principalement des iodes et des gaz rares), et des systèmes d'épuration de l'air permettent soit de les fixer sur des filtres soit de les stocker dans des enceintes où on laisse décroître la radioactivité de ces gaz.

Compte tenu de ses caractéristiques et de ses conditions de fonctionnement, notamment pression et température élevées, le réacteur nucléaire présente des risques accidentels susceptibles d'affecter le public, y compris à des distances assez grandes. (voir fiche N° 16)



Trois types de situation accidentelle peuvent être rencontrées :

- situation accidentelle ne concernant pas la partie nucléaire de l'installation.
- situation accidentelle concernant la partie nucléaire de l'installation mais n'affectant pas l'extérieur du site.
- situation accidentelle concernant la partie nucléaire de l'installation affectant l'extérieur du site.

Une "échelle de gravité" (voir fiche N° 16-1) a été établie pour caractériser de façon relative ces différentes situations.

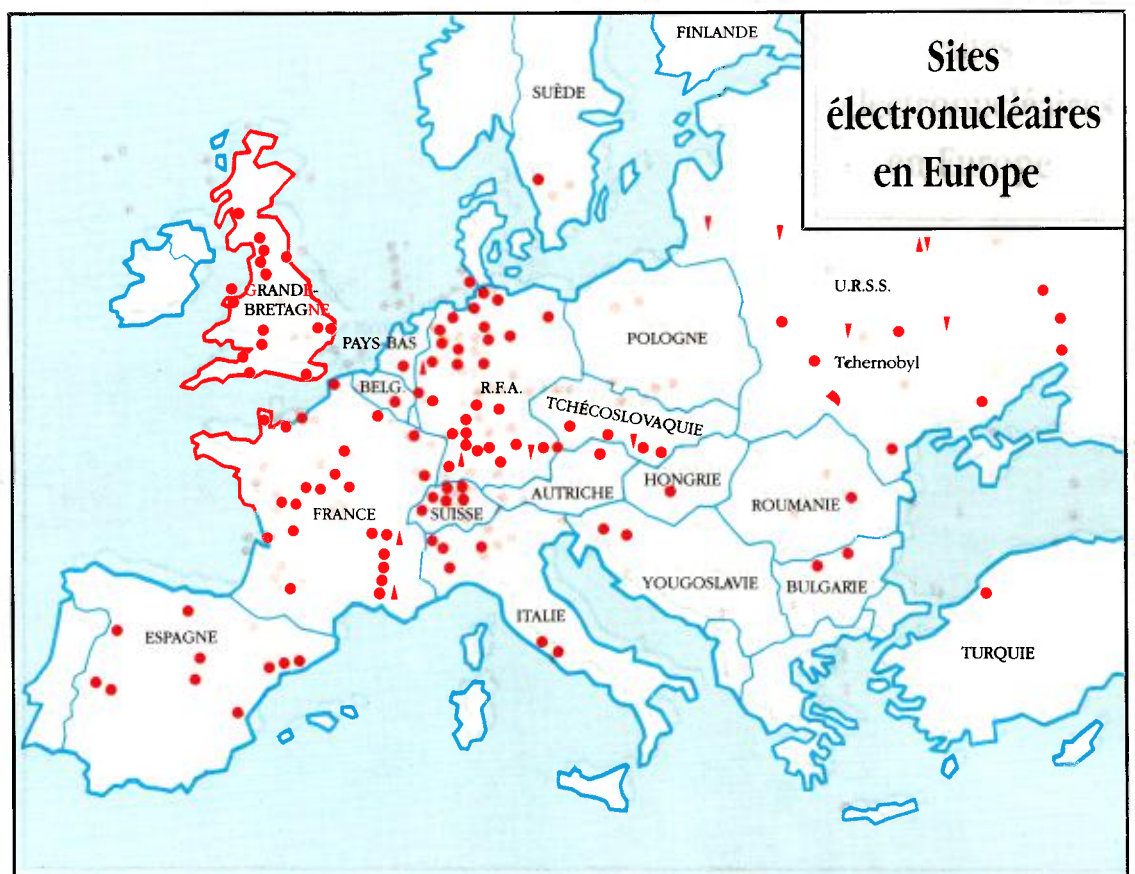
Cette échelle est destinée à faciliter l'appréciation des informations concernant les incidents ou accidents par les médias et le public. Elle a encore un caractère expérimental et est susceptible de modifications inspirées par l'expérience.

Une échelle de gravité applicable aux incidents et accidents dans les installations nucléaires autres que les réacteurs est, à l'heure actuelle, également en cours d'établissement.

Il faut noter qu'il existe de nombreux systèmes de sécurité qui réduisent la probabilité qu'un accident se produise (voir fiche N° 12) ainsi qu'une organisation qui permet d'en minimiser les conséquences (voir fiche N° 13).

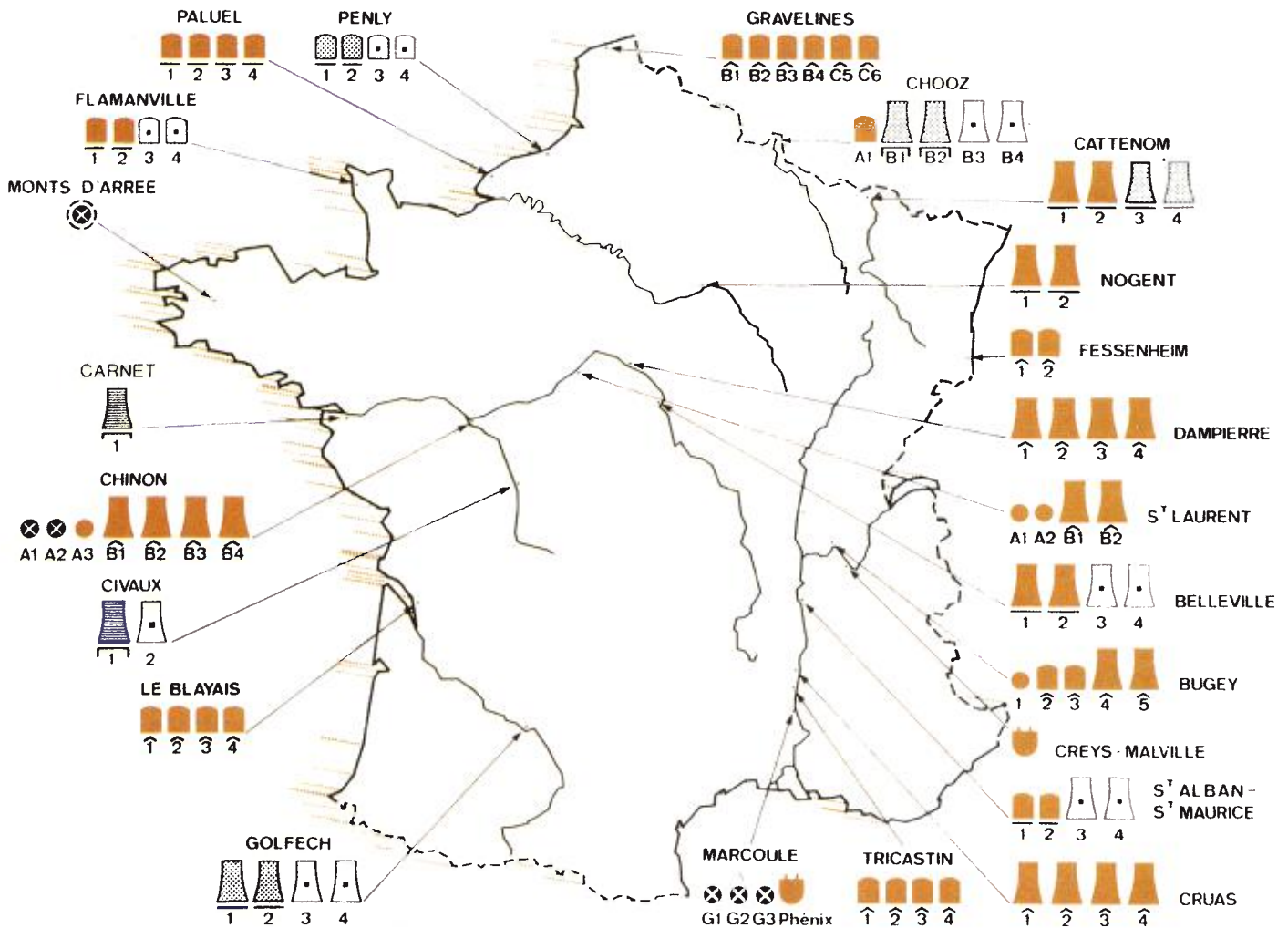
REMARQUE ►

Les paramètres qui conditionnent la gravité de l'accident sont présentés dans la fiche N° 12.



Sites Electronucléaires en France

(Situation au 1er janvier 1990)



FILIÈRE DE RÉACTEUR

- U N G G
- ⊗ Gaz-eau lourde
- ⊕ Surgénérateur
- REP, refroidissement circuit ouvert
- ▢ REP, refroidissement circuit fermé, Tours

PALIER REP STANDARDISÉ

- 34 - Tranches 900 MWe - REP (PWR) 1
- 20 - Tranches 1300 MWe - REP (PWR) 1
- 4 - Tranches 1450 MWe - REP (PWR) 1

REP = RÉACTEUR A EAU ORDINAIRE SOUS PRESSION

CEA / DPG / E-89 / 101 / JC Le Ralle - Réalisation DCS / PP / P. Bouroux

SITUATION DES UNITÉS

- INSTALLÉES : 55 UNITÉS
- EN SERVICE INDUSTRIEL : 53 UNITÉS
- EN CONSTRUCTION, ORDRE D'EXÉCUTION DONNÉ : 8 UNITÉS
- ⊗ TRANCHES DÉCLASSÉES : 6 UNITÉS
- DÉCLARATION D'UTILITÉ PUBLIQUE ACQUISE : 13 UNITÉS

■ ENGAGEMENT AU - DELÀ DE 1990
(Civaux 1 - Carnet 1) 2 UNITÉS

107

Le retraitement des combustibles usés



Après avoir été stocké plusieurs mois dans une piscine sur le site même du réacteur, le combustible usé est transporté par convoi spécial vers une usine de retraitement. Il y est traité de façon à récupérer les éléments réutilisables (uranium, plutonium) et à séparer les autres éléments radioactifs qui constituent les déchets de haute activité. Ces derniers sont solidifiés sous forme de verre (ce qui permet de supprimer le risque d'une dispersion accidentelle) en vue de leur entreposage puis leur stockage définitif (voir "le stockage en profondeur").

Les risques de dispersion accidentelle (voir fiche N° 16) d'éléments radioactifs dans l'environnement existent. Leurs conséquences resteraient limitées et localisées



10₈

Le stockage des déchets radioactifs de faible et moyenne activité



Les déchets de ce type sont constitués de divers produits (filtres, gravats, objets détériorés, emballages...) de faible ou moyenne radioactivité ; ils proviennent de toutes les installations traitant des matières radioactives, y compris les laboratoires, les hôpitaux...

Les éléments radioactifs à vie longue sont exclus. Ces déchets ne contiennent pas de substances chimiques toxiques.

Ils sont tous sous une forme solide et la plupart conditionnés dans du béton.



Il n'y a pas de risque d'émission accidentelle significative de produits radioactifs dans l'environnement.

10₉

Le stockage en profondeur



Ce type de stockage accueillera des déchets vitrifiés de forte radioactivité et les déchets contenant des radionucléides à vie longue. Les éléments radioactifs à vie moyenne disparaîtront au sein même de la matrice de verre en 500 à 600 ans. Il restera alors les éléments radioactifs à vie longue qui, s'ils parviennent à la surface par migration dans quelques centaines de milliers (ou quelques millions) d'années seront assimilables aux éléments radioactifs naturels prélevés dans les mines à l'origine.



Des études sont poursuivies pour connaître l'influence des phénomènes naturels (par exemple, les phénomènes d'érosion liés aux glaciations qui pourraient réduire sensiblement la profondeur initiale du stockage).

D'autres études portent sur les risques d'intrusion humaine (par exemple sur les possibilités d'atteindre des déchets lors de forages profonds).

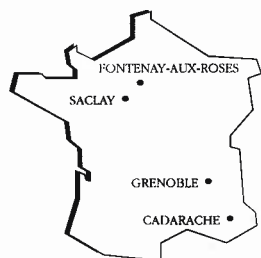
Aucun site n'existe actuellement :

Le site futur sera choisi vers les années 2000. Quatre types de formation géologique sont à l'étude.

Ces risques apparaissent extrêmement faibles et concernent un futur très lointain.

10₁₀

Les centres d'études nucléaires



Les centres d'études nucléaires abritent de nombreuses installations :

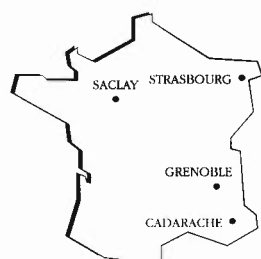
- des laboratoires de recherche,
- des bureaux d'études,
- des réacteurs expérimentaux et d'essais,
- des ateliers pilotes,
- des stations de traitement des effluents
- des entreposages provisoires de déchets,
- des incinérateurs de déchets,
- des installations d'ionisation.



Le cas des réacteurs expérimentaux est traité ci-après. Pour les autres installations, les risques accidentels pour le public existent mais les quantités d'éléments radioactifs susceptibles d'être libérés seraient très faibles et les conséquences très locales.

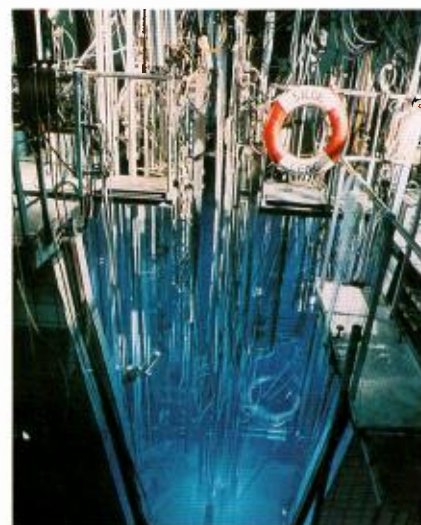
10₁₁

Les réacteurs nucléaires de recherche et d'essais



Ce sont des réacteurs de faible puissance où l'on teste des matériaux, où l'on fabrique des sources radioactives à usage médical ou industriel et où l'on étudie les caractéristiques de la matière.

Des risques accidentels pour le public existent : ils sont de nature comparable à ceux des réacteurs électronucléaires ; leurs conséquences seraient sensiblement plus limitées et locales.



10₁₂

Les centres militaires



Il existe plusieurs centres se consacrant aux applications militaires. Un accident pourrait avoir des conséquences dans l'environnement pour certains d'entre eux.

Les éléments radioactifs manipulés dans ces centres sont essentiellement les isotopes du plutonium, le tritium et l'uranium (voir fiche N° 11).

Des risques accidentels pour le public existent : ils n'entraîneraient des conséquences qu'à l'échelle locale.

10₁₃

Les ionisateurs



Ce sont des installations où sont "ionisés" des produits alimentaires de façon, soit à détruire les germes pathogènes et les parasites en vue de permettre une bonne conservation sans additif de produits chimiques, soit à faire perdre le pouvoir germinatif. On traite des végétaux (aulx, oignons, fraises, fruits et légumes secs), des viandes (volailles, grenouilles), des emballages de produits alimentaires.

Cette technique est actuellement en plein développement. Elle n'entraîne pas de contamination des produits traités. Il existe une quinzaine de projets en France.



Ces installations ne présentent aucun risque de contamination accidentelle pour l'environnement.

Les transports de matières radioactives sont nombreux. Ils concernent tous les maillons du cycle du combustible, de la mine jusqu'au stockage de déchets.

La sécurité des transports repose essentiellement sur la conception des emballages. Ces derniers font l'objet d'un agrément par le ministère des Transports, et ils sont conçus pour résister aux conditions accidentelles. Ils sont classés en plusieurs catégories. Les tests subis pour l'agrément sont d'autant plus sévères que l'activité des matières à transporter est plus élevée.

Pour les matières de faible et moyenne activité, la sécurité repose également sur une limitation de la radioactivité contenue dans chaque colis. C'est la technique du fractionnement qui permet de limiter la quantité de matière libérée si certains emballages venaient à céder.

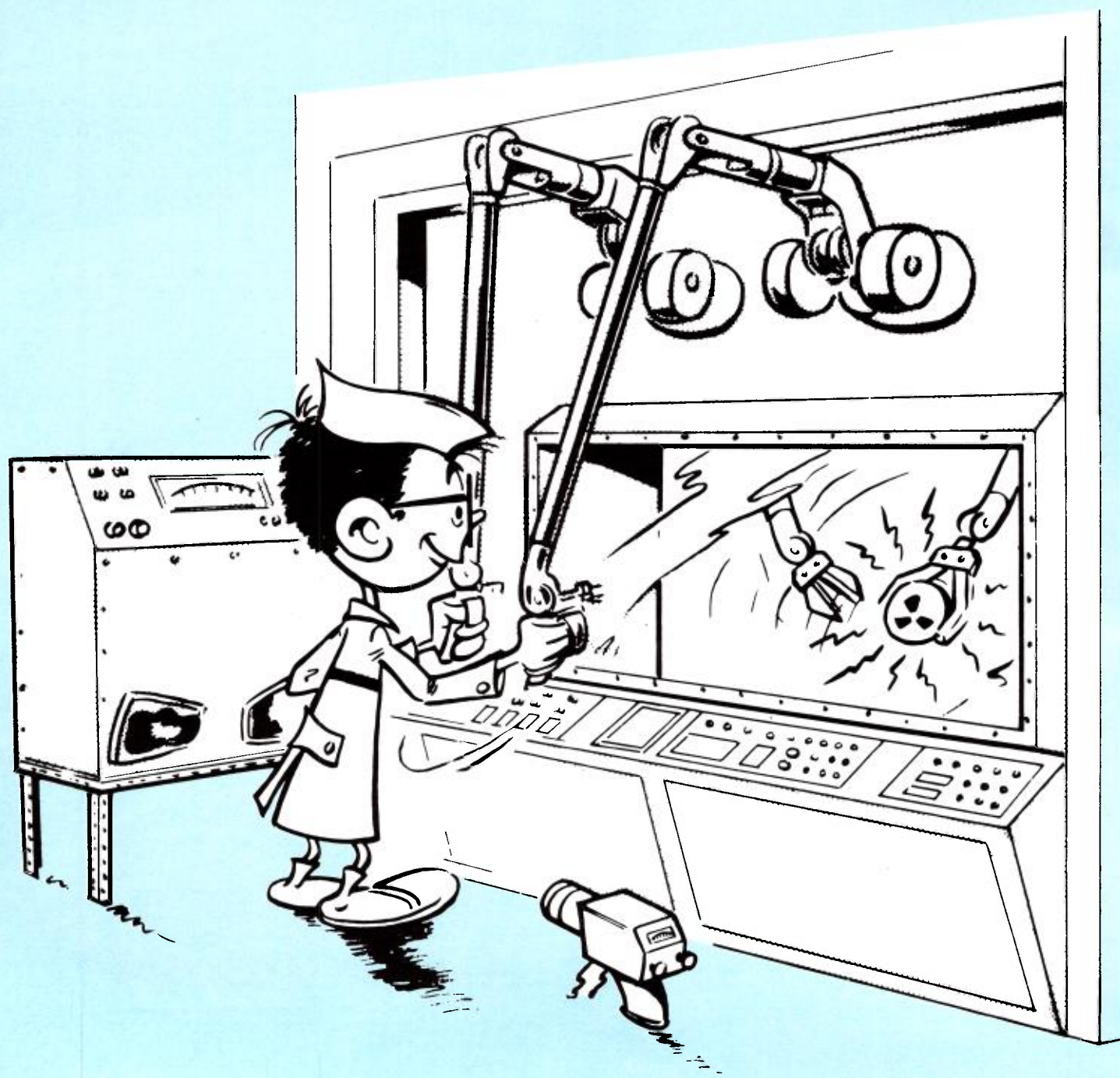
Ces principes n'excluent nullement les facteurs de sécurité plus classiques (qualification des conducteurs, contrôles des véhicules, choix des itinéraires...).

A titre d'illustration, les emballages de transport des éléments de combustible usés résistent au choc d'une locomotive lancée à pleine puissance.

Il n'y a pas de risques notables d'exposition des personnes du public liés aux accidents de transport, sauf peut-être sur les lieux mêmes du sinistre.







11

Les différents groupes d'éléments radioactifs de l'industrie nucléaire

Les éléments radioactifs, comme les produits chimiques, ont une toxicité et des comportements dans l'environnement très différents.

Les actions, qui permettent de réagir efficacement à une situation accidentelle, dépendent étroitement de la connaissance du produit libéré.

Ces fiches présentent les principaux éléments radioactifs rencontrés dans les différentes installations.

Les produits de fissions

Ils résultent de la cassure des noyaux d'uranium 235 dans le combustible en plusieurs noyaux de masses assez voisines. Ces nouveaux noyaux peuvent être radioactifs (exemple : iode 131, césium 137...).

Ils restent normalement dans le combustible. Une très faible fraction passe dans le circuit primaire des réacteurs à travers les défauts d'étanchéité des gaines. Les accidents sévères de réacteurs impliquent qu'il y ait eu la destruction de ces gaines

Les produits d'activation

Ces radionucléides sont formés à partir des atomes (fer, cobalt et nickel...) présents dans la structure métallique et le béton des réacteurs, par absorption de neutrons (exemple : cobalt 60, fer 55...).

Ces radionucléides restent pour la plupart dans les structures et se retrouveront dans les déchets.

La corrosion dans le circuit primaire est responsable de la libération de petites particules qui peuvent contenir des produits d'activation ou s'activer lors de leur passage dans le coeur du réacteur.

Dans les faits il y a toujours des produits d'activation dans l'eau du circuit primaire qui est épurée dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires.

Les émetteurs alpha

Ils sont produits dans le combustible et résultent de l'absorption de neutrons par les noyaux des isotopes de l'uranium. Les nouveaux noyaux formés ont une masse atomique supérieure à celle de l'uranium (exemple : plutonium 239, américium 241...). On les appelle également transuraniens. Ils sont tous radioactifs. Ils sont dits artificiels car ils n'existent pas de façon naturelle. Probablement présents à l'origine des temps, ils ont disparu par simple décroissance radioactive durant les quelques milliards d'années qui nous séparent de cette origine.

Lors de sa désintégration, un radionucléide émet un rayonnement et produit un nouveau noyau. Ce nouveau noyau peut être également radioactif. Il existe ainsi des chaînes de désintégrations qui s'arrêtent finalement lorsque le dernier radionucléide produit un noyau stable. C'est le cas de la chaîne de l'uranium 238-uranium 234-radium 226-radon 222... polonium 210 et plomb 206 qui est stable.

Les produits d'activation et de fission ont des chaînes courtes avec un ou deux descendants.



Principaux radionucléides et voies d'atteinte en situation accidentelle

		ORIGINE										VOIE D'ATTEINTE (Importance relative)				
		Electronucléaire														
		Mines	Traitement du minéral	Transformation du minéral	Enrichissement	Fabrication du combustible	Réacteurs	Retraitement du combustible	Stockage des déchets	Usages militaires	Usages médicaux et industriels (sources scellées...)	Exposition externe	Inhalation	Lait	Viande ou poisson	Végétaux
1 2 3 4 5 6 7	Produits de fission	Les gaz rares														
		Les iodes	à vie courte													
			à vie longue													
		Les césium														
		Les strontium														
		Les ruthénium														
		Les autres produits de fission														
8	Produits d'activation	Le tritium														
9		Les autres produits d'activation														
10	Emetteurs alpha	Artificiels	L'americium et les plutonium													
11		Naturels	Les uranium													
12			Le radium et ses descendants													

Nota ►

- (1) En cas d'incident, on pourrait observer de faibles quantités d'Iode 129 dans le lait
- (2) Pour tenir compte de l'accident particulier survenu en URSS en 1957
- (3) Ne concerne qu'un rejet accidenté liquide, avec transfert possible par le poisson
- (4) Seules les sources cobalt 60 utilisées en radiothérapie
- (5) Ne concerne que le cas de la fabrication du combustible mixte (uranium et plutonium)
- (6) Le risque uranium est essentiellement chimique et associé au risque fluor

11 1

Les gaz rares

(produits de fission)

Origine possible :

Les plus importants :

Krypton 85 (période 10,7 ans) : ^{85}Kr
Xenon 133 (période 5,3 jours) : ^{133}Xe

Réacteurs nucléaires

Caractères particuliers :

- Éléments peu dangereux.
- Ne se déposent pas au sol
- Ne sont pas assimilés par les organismes vivants
- N'entraînent qu'une exposition externe pendant leur présence dans l'atmosphère.

11 2

Les iodes à vie courte

(produits de fission)

Origine possible :

Le plus important :

Iode 131 (période 8 jours) : ^{131}I

Réacteurs nucléaires

Caractères particuliers :

- Domine dans les incidents et joue un rôle important dans les situations graves.
- Bien assimilé et rapidement transféré chez l'homme, il s'accumule dans la thyroïde.
- Atteint les individus par la voie respiratoire mais surtout par la voie alimentaire car on le retrouve surtout dans le lait et dans les légumes verts.
- Peu retenu dans le sol il passe facilement dans les eaux.
- Il disparaît très rapidement en raison de sa courte période.

11₃

Les iodes à vie longue

(produits de fission)

Origine
possible :

Le plus important :

Iode 129 (période $1,6 \cdot 10^7$ ans) : ^{129}I

Usines de retraitement.

Caractères particuliers :

- Rôle très secondaire en situation accidentelle car il n'est jamais présent en quantité importante dans les installations.
- Possède les mêmes caractéristiques que l'iode 131, si ce n'est que sa durée de vie est extrêmement longue.

11₄

Les césium

(produits de fission)

Origine
possible :

Le plus important :

Césium 137 (période 30,2 ans) : ^{137}Cs

- Réacteurs nucléaires
- Usines de retraitement (entreposage en solutions liquides avant vitrification et stockage)
- Sources scellées.

Caractères particuliers :

- Il prédomine, avec l'iode 131, en cas d'accident de réacteur. C'est lui qui pose les problèmes les plus importants à long terme.
- Il expose les individus par voie externe (dépôt au sol) et par voie interne (ingestion).
- Déposé sur le sol il peut rester dans la couche superficielle pendant plusieurs dizaines d'années. Il tend à être fixé par les argiles.
- De comportement voisin de celui du potassium, il est généralement bien transféré à l'homme par les productions végétales et animales ; il se répartit dans les **masses musculaires**.

Nota ►

Le ^{134}Cs , n'est pas un produit de fission : il a des caractéristiques très voisines du ^{137}Cs à ceci près que sa période radioactive est plus courte (2 ans).

115

Les strontium

(produits de fission)

Origine
possible :

Le plus important :

Strontium 90 (période : 28,1 an) : ^{90}Sr
mais aussi Strontium 89 (période 50,6 jours) : ^{89}Sr

- Réacteurs nucléaires.
- Usines de retraitement (entreposage en solutions liquides avant vitrification et stockage).

Caractères particuliers :

- Accompagne très souvent le ^{137}Cs en cas d'accident de réacteur mais est beaucoup moins important.
- Il peut rester dans la couche superficielle du sol pendant plusieurs années : il est assez bien transféré aux végétaux par absorption racinaire.
- Il expose les individus essentiellement par la voie alimentaire. De comportement voisin de celui du calcium, il est bien transféré à l'homme par les productions végétales et animales (lait).

Chez l'homme et chez l'animal, il se répartit essentiellement dans le **squelette**.

116

Les ruthenium

(produits de fission)

Origine
possible :

Le plus important :

Ruthénium 106 (période 369 jours) : ^{106}Ru
mais aussi Ruthénium 103 (période 39,6 jours) : ^{103}Ru

- Usines de retraitement (entreposage en solution liquide avant vitrification et stockage)
- Réacteurs nucléaires

Caractères particuliers :

- Son comportement dépend beaucoup de sa forme chimique.
- Il expose les individus principalement par inhalation.
- Il est modérément transféré par les produits alimentaires, le transfert par la viande étant relativement le plus important.

117

Les autres produits de fission

Origine possible :

Les plus importants :

Cérium 144 (période 284 jours) : ^{144}Ce

Zirconium 95 (période 65,7 jours) : ^{95}Zr

Baryum 140 (période 13 jours) : ^{140}Ba

- Usines de retraitement (entreposage en solution liquide avant vitrification et stockage)
- Réacteurs nucléaires.

Caractères particuliers :

- interviennent très peu en cas d'accident.
- ils ne peuvent entraîner qu'une exposition externe car, étant peu métabolisables, ils ne sont pas incorporés aux produits végétaux, se retrouvent en très faible quantité dans les produits animaux et de plus ils ne font que transiter dans l'organisme humain.

118

Le tritium (produit d'activation)

Origine possible :

Le plus important :

Tritium gaz (période 12,3 ans) : ^3H

- Usines de retraitement,
- Etablissements militaires,
- Dans le futur : réacteurs à fusion contrôlée.

Caractères particuliers :

- Élément de très faible radiotoxicité car il n'émet qu'un rayonnement bêta de très faible énergie.
- Initialement sous forme de gaz, il peut entrer plus ou moins vite dans la composition des molécules d'eau et donner de l'eau tritiée (HTO).
- Sous forme d'eau tritiée, il suit le cycle de l'eau dans la biosphère et donc s'élimine assez rapidement des végétaux, principalement par temps sec.
- Par temps de pluie, l'eau tritiée pénètre dans le sol et atteint les nappes souterraines d'où elle s'élimine très lentement.
- Il n'entraîne qu'une exposition interne : il a un grand pouvoir de pénétration dans l'organisme qui l'élimine rapidement dans sa quasi-totalité (période d'une dizaine de jours).

11 9

Les autres produits d'activation

Origine possible :

Le plus important :

- Cobalt 60 (période 5,3 ans) : ^{60}Co
- mais aussi : Manganèse 54 (période 312 jours) : ^{54}Mn
- Fer 55 (période 2,7 ans) : ^{55}Fe
- Cobalt 58 (période 70,9 jours) : ^{58}Co
- Zinc 65 (période 245 jours) : ^{65}Zn

- Réacteur nucléaire (rejets liquides)
- Le cobalt 60 est utilisé dans les sources scellées.

Caractères particuliers :

- Une situation accidentelle au cours de laquelle des activités importantes de ces radionucléides seraient libérés est peu concevable.
- Ils seraient libérés principalement dans les eaux de surface (fleuve, mer) et ne poseraient de problèmes qu'en fonction de l'utilisation des eaux (irrigation, eau de boisson).

11 10

Les émetteurs alpha artificiels

Origine possible :

Les plus importants :

- | | |
|--|---|
| Américium 241 (période 432 ans) : ^{241}Am | Plutonium 238 (période 87,7 ans) : ^{238}Pu |
| Plutonium 239 (période 24 000 ans) : ^{239}Pu | Plutonium 240 (période 6 540 ans) : ^{240}Pu |

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Usines de retraitement • Centres de recherches nucléaires, lorsqu'ils y sont manipulés | <ul style="list-style-type: none"> • Transports • Centres militaires, armes nucléaires • Réacteurs |
|---|---|

Caractères particuliers :

- Ils exposent les individus principalement par la voie de l'inhalation et dans une moindre mesure par celle de l'ingestion de végétaux sur lesquels s'est effectué le dépôt.
- Assez mal assimilés par les organismes vivants, ils sont peu prélevés par les racines des végétaux et peu transférés au lait et à la viande. On les retrouve dans les organes "épurateurs" (en particulier le foie).
- Chez l'homme, la fraction assimilée se fixe principalement sur le squelette.
- Un rejet de ces radionucléides dans l'environnement peut résulter d'un incendie important ou d'une chute d'arme aéroportée (sans explosion nucléaire).
- Dans certaines conditions, et à ces très grandes concentrations, ces radionucléides peuvent conduire à une réaction spontanée de fission. Ce phénomène (dit de criticité) est utilisé pour le démarrage des réacteurs. Le type d'accident correspondant peut être mortel pour le personnel présent dans le local mais n'occasionne pas de rejets à l'extérieur de l'installation.

11 11

L'uranium

(émetteur alpha naturel)

Origine
possible :

Les plus importants :

Uranium 238 (période $4,5 \cdot 10^9$ ans) : ^{238}U

Uranium 235 (période $7 \cdot 10^9$ ans) : ^{235}U

Uranium 234 (période 2 440 500 ans) : ^{234}U

Ce sont les principaux composants de l'uranium naturel (^{238}U : 99,28 %, ^{235}U : 0,71 %, ^{234}U : 0,005 % : pourcentages exprimés en masse).

Toutes les étapes en amont du réacteur (mine, traitement du minerai, traitement, enrichissement, fabrication du combustible).

Caractères particuliers :

- Sont peu impliqués dans des situations accidentelles, à l'exception de celles qui pourraient intervenir lorsqu'il est associé au fluor.
- Leur nocivité est surtout chimique. Elle ne devient radioactive qu'à partir d'un certain taux d'enrichissement de l'ordre de 5 %.

11 12

Le radium et ses descendants

(émetteur alpha naturel)

Origine
possible :

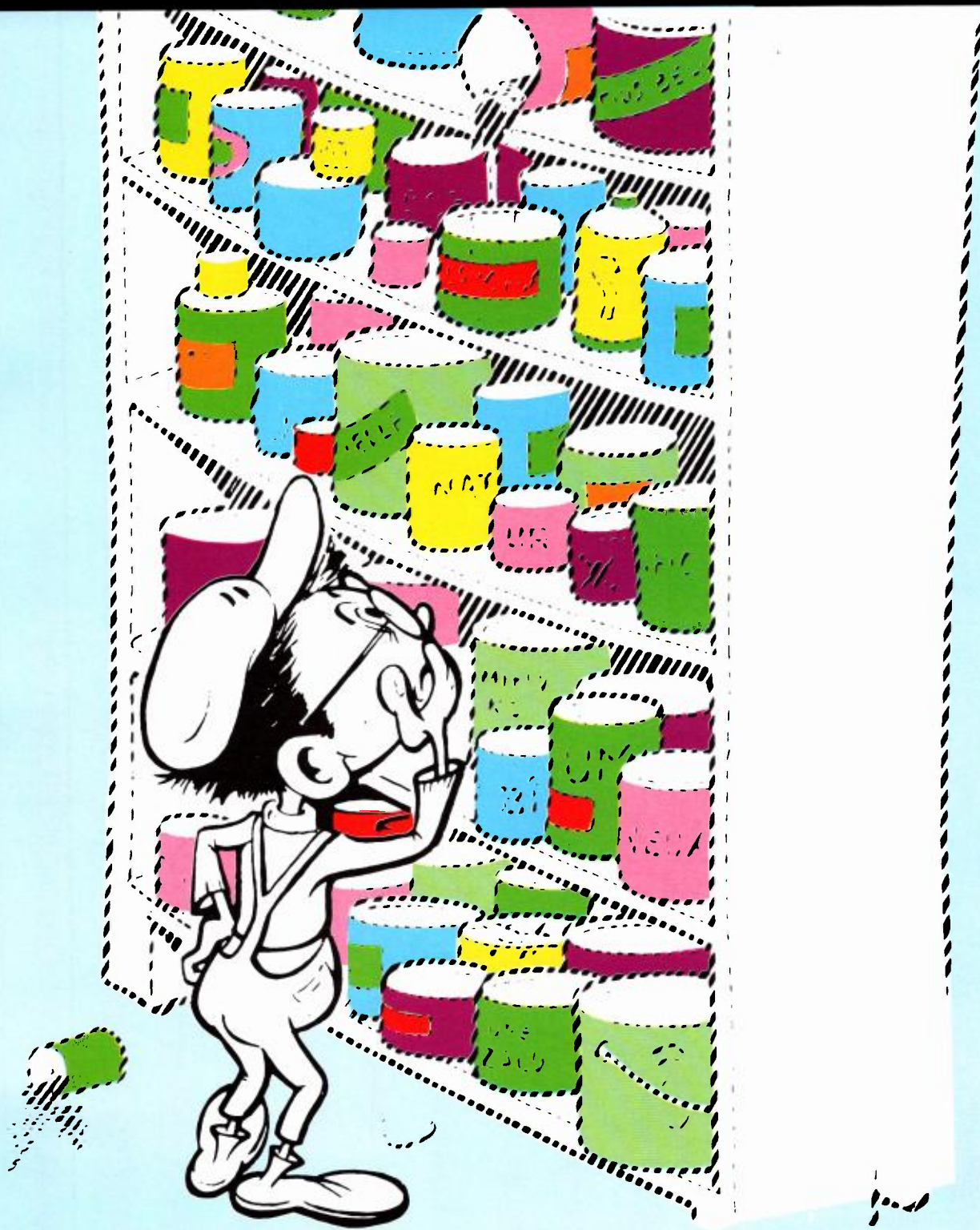
Le plus important :

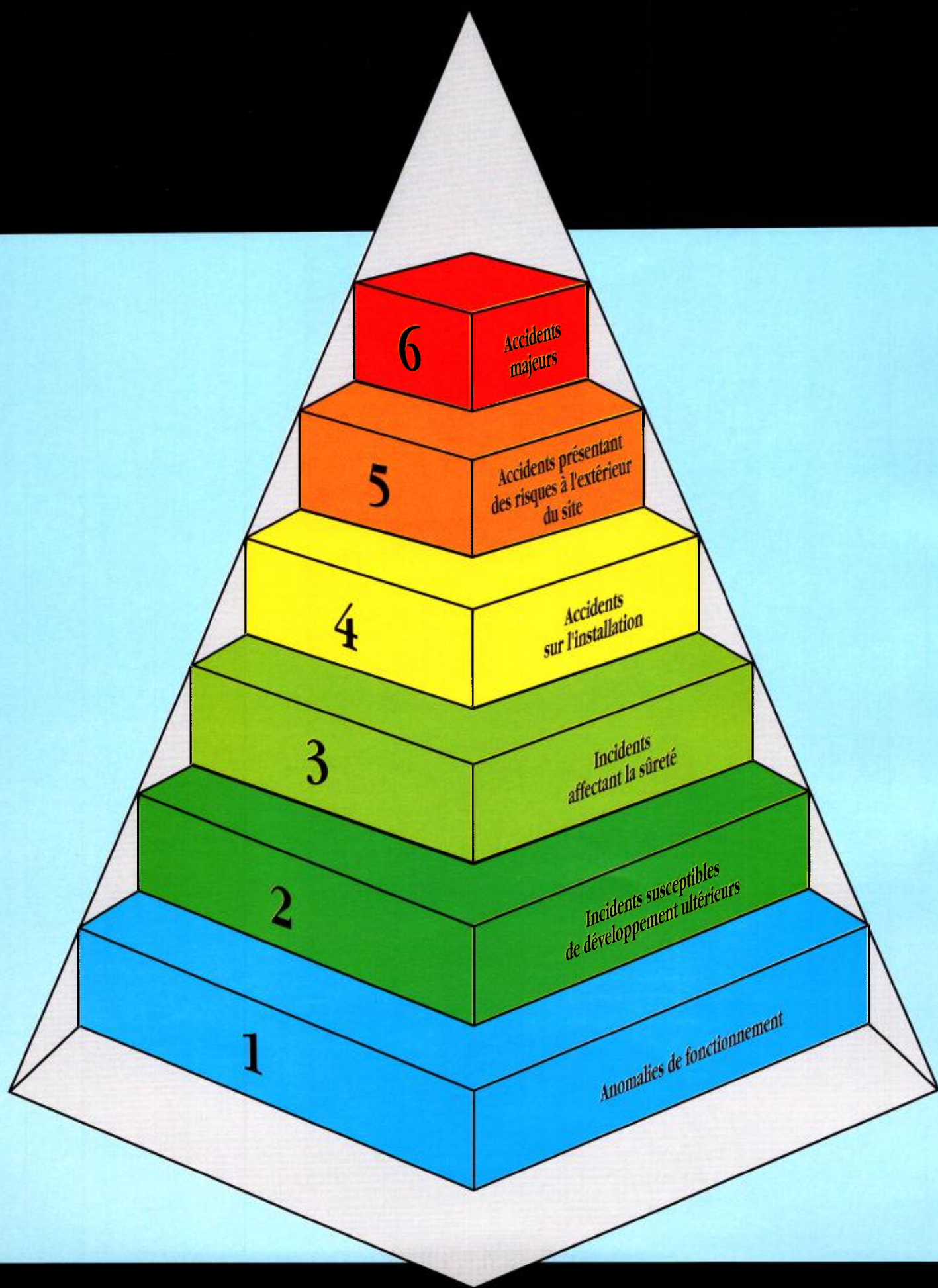
Radium 226 (période : 1600 ans) : ^{226}Ra

Mines et usines de traitement du minerai

Caractères particuliers :

- N'est pas impliqué dans une situation accidentelle à l'exception du cas d'une rupture du barrage d'un bassin de décantation (associé à une usine de traitement du minerai d'uranium) avec des conséquences très locales.
- Contribue largement à l'irradiation naturelle des populations par le biais du radon 222, (période 3,8 jours, ^{222}Rn) gaz dont les descendants solides s'accumulent en **atmosphère confinée**, habitations par exemple.





12

Ce qui conditionne la gravité de l'accident

1

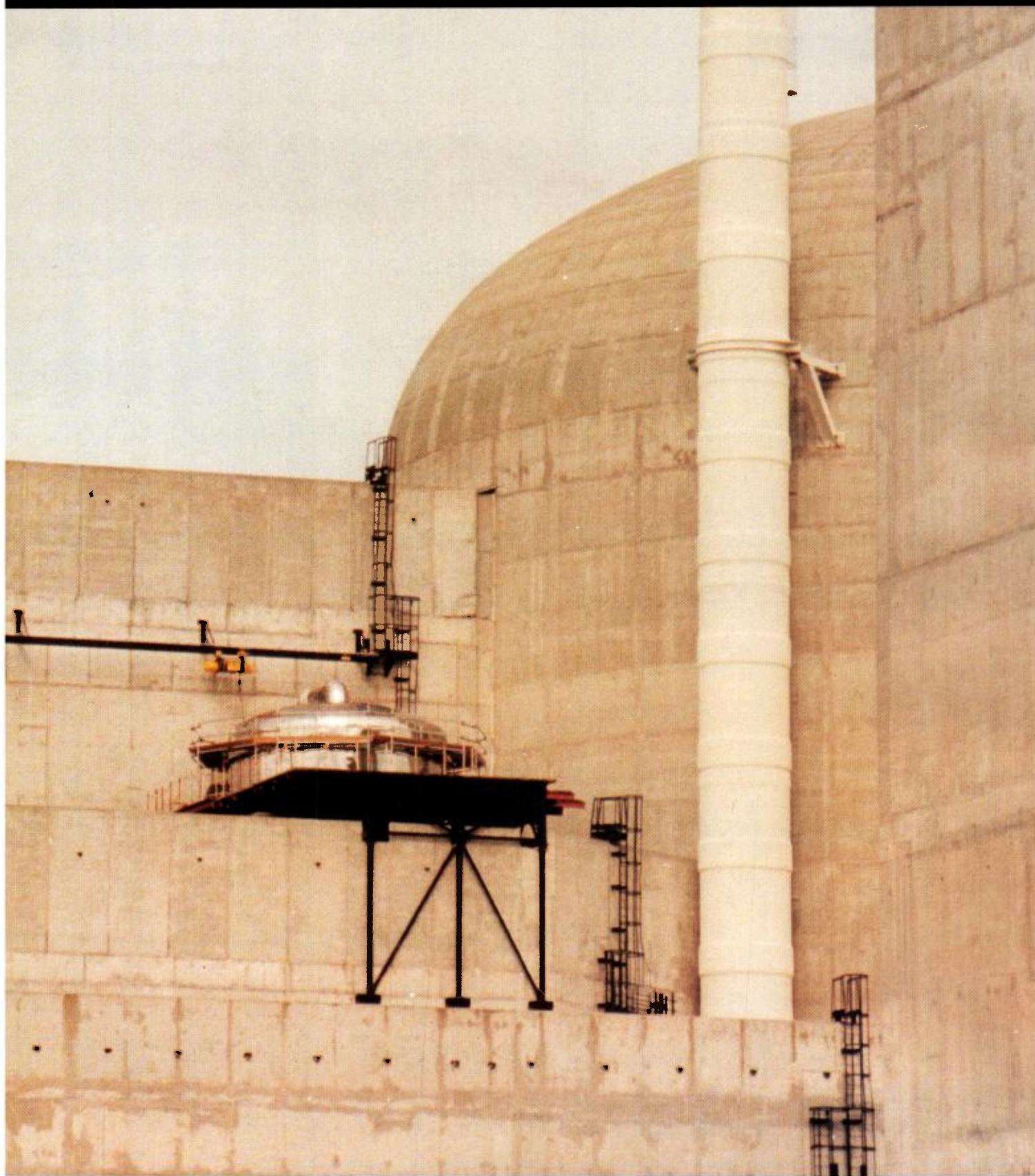
Dans l'installation

- les rejets
- les systèmes de sécurité

2

Dans l'environnement

- les éléments radioactifs émis



Un accident commence toujours par un petit événement. Cet événement peut faire boule de neige et la quantité de radioactivité en jeu peut prendre progressivement de l'importance.

La réduction du rejet par les systèmes de sécurité

Les systèmes de sécurité, régulièrement inspectés, permettent normalement de détecter le problème au plus tôt et d'enrayer son évolution. Ces systèmes sont soit sous le contrôle du conducteur de l'installation, soit automatiques.

D'autres systèmes existent pour permettre de limiter de façon plus passive la gravité de l'accident :

- il s'agit de la technique du fractionnement qui joue un rôle analogue aux rembarbes d'autoroute, empêchant la propagation de l'accident à d'autres parties qui fonctionnent normalement.
- il s'agit également de la multiplication de barrières qui doivent arrêter la progression des éléments radioactifs vers l'extérieur. Le nombre de barrières est bien entendu adapté à la toxicité potentielle des produits susceptibles d'être libérés. Dans tous les cas le franchissement des barrières réduit de façon considérable la quantité de produits qui pourra finalement être émise.
- il s'agit aussi de la décompression filtrée du bâtiment réacteur dans le cas des centrales nucléaires.

La dynamique

L'émission de produits radioactifs suppose non seulement une défaillance des systèmes de contrôle mais également la destruction au moins partielle des barrières.

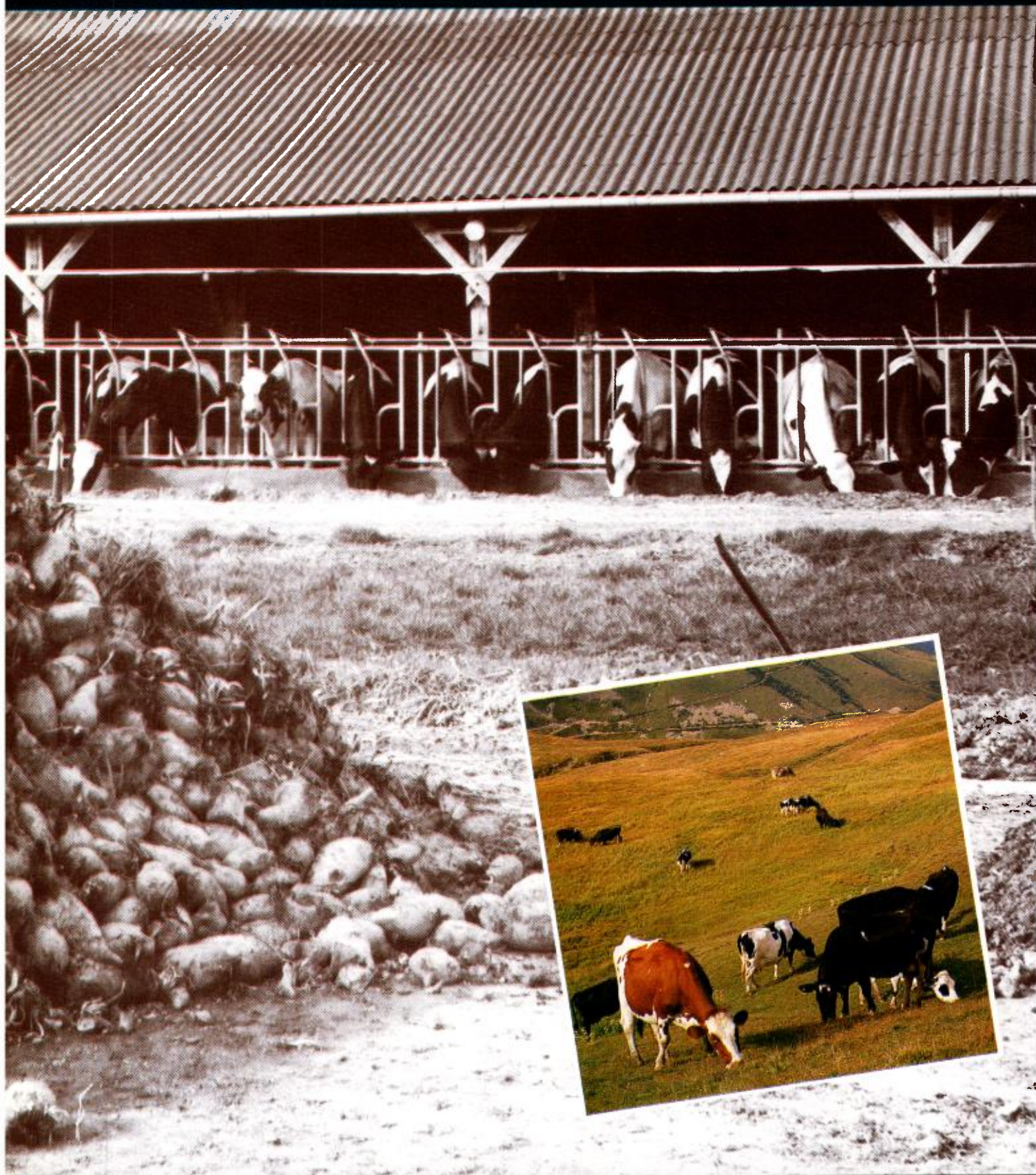
Il existe un laps de temps entre l'événement initial et la rupture des barrières ; ce délai généralement long permettrait, le cas échéant, de mettre en place les interventions préventives à l'extérieur du site.

Si les barrières cédaient, l'accident pourrait alors conduire à une émission d'éléments radioactifs dans l'environnement.

Le rejet s'effectuerait de diverses manières, soit sous forme d'une bouffée, ou d'une succession de bouffées, soit sous forme d'une émission continue qui peut durer plus ou moins longtemps (cas d'un incendie par exemple).

La hauteur

A très courte distance (quelques kilomètres), la hauteur de l'émission présente un intérêt particulier : en effet, si le rejet a lieu par la cheminée, ou si la chaleur des gaz le fait s'élever dans l'atmosphère, le nuage passera en hauteur : seule l'exposition directe serait donc à considérer, mais elle sera très limitée du fait de l'atténuation du rayonnement dans l'air. Ce n'est que quelques kilomètres plus loin, par le jeu de la turbulence de l'air, qu'il parviendra au sol, à moins que la pluie n'entraîne les poussières et vapeurs dans sa chute.



L'importance des conséquences de l'accident dépendra :

de
la quantité

de produits radioactifs émis :

Il existe une classification par niveau de sévérité de 1 à 6 pour les accidents de réacteurs (Fiche N° 16-2) ; son extension aux autres installations est en cours.

Mis à part les accidents de réacteurs de niveaux 5 ou 6, les autres accidents concevables mettent en jeu des quantités de produits radioactifs qui heureusement ne peuvent conduire qu'à une contamination locale de l'environnement.

de
la nature

des éléments radioactifs émis

(Fiche N° 11)

La nocivité des éléments radioactifs peut s'exercer par différentes voies. Certains irradient à distance, d'autres sont surtout dangereux s'ils sont inhalés, d'autres enfin posent principalement un problème de consommation de produits contaminés.

de
l'état

de l'atmosphère au moment de l'émission

Tout le monde a entendu parler des pollutions de l'atmosphère de certains bassins industriels en l'absence de vent et lorsque les conditions météorologiques empêchent l'air de "monter". A l'opposé, les conditions de beau temps ensoleillé d'un jour de mistral favoriseront la dispersion.

La pluie modifie sensiblement les dépôts au sol surtout à longue distance (quelques dizaines de kilomètres ou plus), lorsque les gouttes d'eau ont le temps de se charger des polluants présents dans l'air.

de
l'état

de l'environnement au moment de l'émission :

Les conséquences d'un rejet en plein hiver seront moins importantes qu'en plein été : dans le premier cas il y a très peu de productions végétales et les bêtes, en étable, sont nourries avec des fourrages stockés alors que dans le second cas c'est l'inverse.

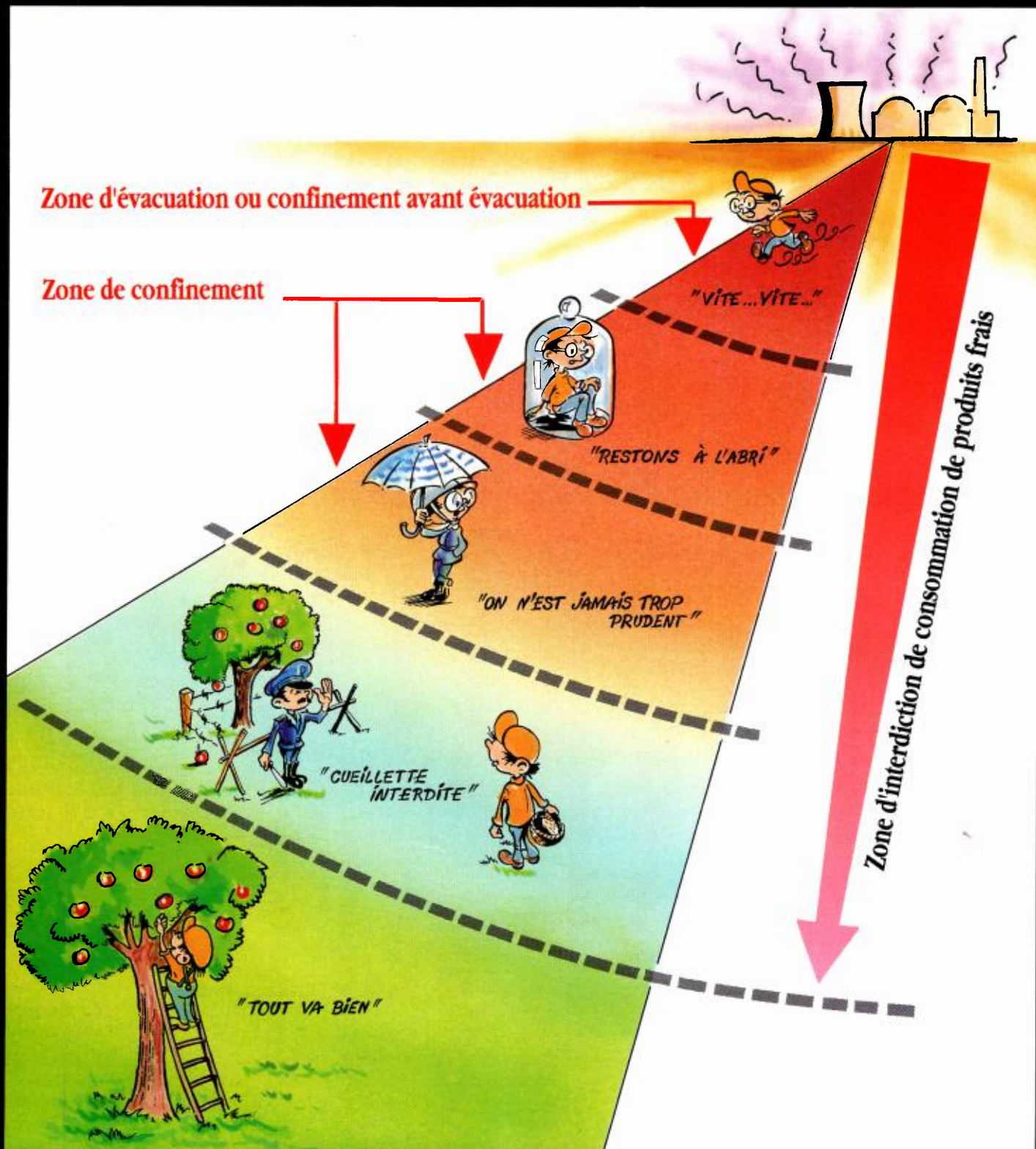
des
parades

pour protéger les populations

(Fiche N° 13) et de l'organisation pour leur mise en oeuvre (Fiche N° 8).

Un certain nombre d'exemples tirés du passé (Guadeloupe : éruption volcanique, Toronto : émission de gaz toxique, Tchernobyl : accident nucléaire...) montrent qu'il est possible de réagir efficacement et de protéger la population avoisinante notamment par évacuation.

La protection de l'environnement est par contre très difficile à réaliser. Au cas où un accident sérieux surviendrait, il faudrait donc s'attendre à la perte de certaines productions agricoles et, pour les situations les plus sévères, à la nécessité de réhabiliter les sols et les surfaces dans les zones les plus touchées.



Zone d'évacuation ou confinement avant évacuation

Zone de confinement

"VITE... VITE..."

"RESTONS À L'ABRI"

"ON N'EST JAMAIS TROP PRUDENT"

"CUEILLETTE INTERDITE"

"TOUT VA BIEN"

Zone d'interdiction de consommation de produits frais

13

Les parades ou comment se protéger

- 1 Le confinement
- 2 L'évacuation
- 3 L'administration d'iode stable
- 4 Interdiction de consommation
et de commercialisation de produits frais
- 5 Mesures concernant
les productions agricoles

- mesures préventives
- mesures curatives

PRÉAMBULE

Même si une situation accidentelle grave a une probabilité extrêmement faible de survenir, il importe de s'y préparer et d'être en mesure de prendre les dispositions pour permettre d'en limiter les conséquences.

Pour l'essentiel, ce sont les autorités responsables et tout particulièrement les autorités de santé publique qui décideront de ces dispositions adaptées à la situation. Il est donc indispensable de suivre à la lettre les consignes ou les conseils qui seront donnés. Mais pour bien les appliquer, il est utile d'en comprendre le sens et la portée.

Durant le temps qui s'écoulera entre l'accident et la prise en main de la situation par les autorités (si le délai entre la connaissance d'une situation dégradée et la survenue de l'accident grave a été trop court pour organiser cette prise en main) des initiatives individuelles peuvent être utiles, à condition qu'elles soient judicieuses ; ceci suppose de pouvoir apprécier correctement la situation. Il en va de même pour les régions qui ne sont pas immédiatement menacées sérieusement ; dans celles-ci, il appartiendra à la population de déterminer elle-même sa conduite dans un premier temps.

Tel est l'objectif des indications données ci-dessous.

Il faut en effet savoir que des actions plus ou moins faciles à mettre en œuvre allant de simples conseils donnés à la radio jusqu'à l'évacuation de certaines zones peuvent limiter les conséquences d'un accident. La présente fiche ne prétend pas en dresser un inventaire complet mais d'indiquer les plus importantes. Les actions concernent bien sûr toutes les catégories de personnes mais leur application en milieu rural pose parfois des problèmes particuliers.

Le confinement

Bien comprendre ce que c'est

Le confinement est une mesure préventive facile à exécuter. On a donc tendance à l'ordonner sur une zone assez large même si elle s'avère a posteriori excessive. Ce sera d'ailleurs le cas de loin le plus fréquent. Le confinement sera limité dans le temps de quelques heures à quelques jours, c'est-à-dire pendant le passage du nuage et la mise en place des dispositifs de contrôle du milieu.

Comme il est difficilement envisageable que le cheptel laitier ne soit pas trait pendant plus d'une journée, des informations particulières seront diffusées pour préciser aux éleveurs les possibilités et les modalités de sortie en fonction de la situation extérieure rencontrée.

Se confiner c'est :

Éviter

la contamination de l'air à l'intérieur de votre maison par les poussières et les gaz radioactifs "empêcher l'ennemi d'entrer".

- **réduire** les entrées de l'air et chercher à filtrer celui qui entre.
- **éviter** de transporter la poussière du dehors par les vêtements et chaussures.

Se protéger

des rayonnements provenant des dépôts éventuels à l'extérieur. Un mur est plus efficace qu'une vitre.

Réagir intelligemment

Le confinement est une mesure efficace

- Ne cédez pas à la panique en fuyant dans votre voiture si personne ne vous l'a officiellement ordonné.
- Ne croyez pas non plus parce que les oiseaux continuent de chanter, qu'il ne s'est rien passé. Croyez les informations radiodiffusées et suivez les instructions officielles.
- Méfiez-vous des informations non officielles. Souvenez-vous que les autorités n'ont aucun intérêt à sous-estimer ou surestimer les conséquences d'un accident.

Ce qu'il faut faire après l'annonce du confinement

- **Evaluer** votre temps disponible en fonction du délai approximatif d'arrivée du nuage radioactif (voir fiche N° 16).

- **Réunir** les personnes isolées sur l'exploitation. Ne vous occupez pas de celles qui sont dans une collectivité (exemple école) car elles seront prises en charge par cette collectivité.

- **Fermer** soigneusement portes, fenêtres et volets, bouches d'aération, conduits de cheminée ; couper les ventilations mécaniques ; placer des serpillières mouillées sous les portes ; boucher les autres entrées d'air possibles (serrures, boîte à lettres,...).

- **Décider** rapidement si vos animaux familiers seront définitivement dehors ou dedans. S'ils sortent, ils ne devront plus rentrer.

- **Vous assurer** que vous avez de la nourriture et des boissons pour quelques jours dans l'espace qui vous servira de "confinement".

- **Sortir le moins possible** avant l'ordre officiel de levée du confinement, et mieux ce sera.

- **Ne pas utiliser** de chauffage consommant de l'oxygène dans la pièce de confinement (au gaz, au bois).



Si, et seulement si, vous avez du temps:

➡ **protéger votre cheptel** (voir fiche N° 14-5)

➡ **protéger vos légumes** (voir fiche N° 14-4)



Vous devez sortir

Vous êtes dans une zone très exposée (ROUGE).

Vous devez par exemple prévenir des personnes isolées sur l'exploitation : fermez portes et fenêtres, puis prenez un véhicule, des masques et mouchoirs, un poste de radio, couvrez-vous la tête. Moins vous serez dehors mieux ce sera.

Ensuite, vous ne devez sortir que si les autorités vous demandent de le faire. Cependant, en cas de force majeure (cas d'un accident corporel grave), cette règle générale ne s'applique pas. Il est extrêmement rare qu'un accident nucléaire puisse entraîner un risque de mortalité important hors du périmètre de l'installation accidentée. L'évacuation d'un blessé grave ou une urgence médicale (accouchement par exemple) devra donc toujours être pratiquée. Dans ce cas, protégez-vous contre l'inhalation de poussières à l'aide d'un masque ou d'un mouchoir mouillé et faites au plus vite.

Afin de ne pas surcharger inutilement les circuits n'utilisez le téléphone que pour des situations de ce type.

Vous êtes dans une zone un peu moins exposée (ORANGE)

● Pendant le passage du nuage

Etes-vous bien sûr de ne pouvoir attendre quelques heures ?

Si oui, reportez-vous au paragraphe précédent (zone ROUGE). Evitez de vous approcher du lieu de l'accident si cela n'est pas indispensable.

● Après le passage du nuage

Vous sortez sur l'invitation des Pouvoirs publics pour vous occuper du cheptel.

Préparez alors votre sortie pour qu'elle soit brève et efficace.

Le cas échéant, protégez-vous, contre l'irradiation par les dépôts en respectant les temps de séjour à l'extérieur recommandés par les autorités ; protégez-vous contre l'inhalation de poussières en utilisant un masque ou un mouchoir mouillé et en évitant de vous contaminer directement par les poussières (habits, gants, casquettes, imperméables, bottes)

Vous êtes dans une zone assez peu exposée (JAUNE) :

Même si cela se justifie moins, on peut prendre les précautions indiquées pour la zone ORANGE et notamment s'abstenir de sortir sans de bonnes raisons.

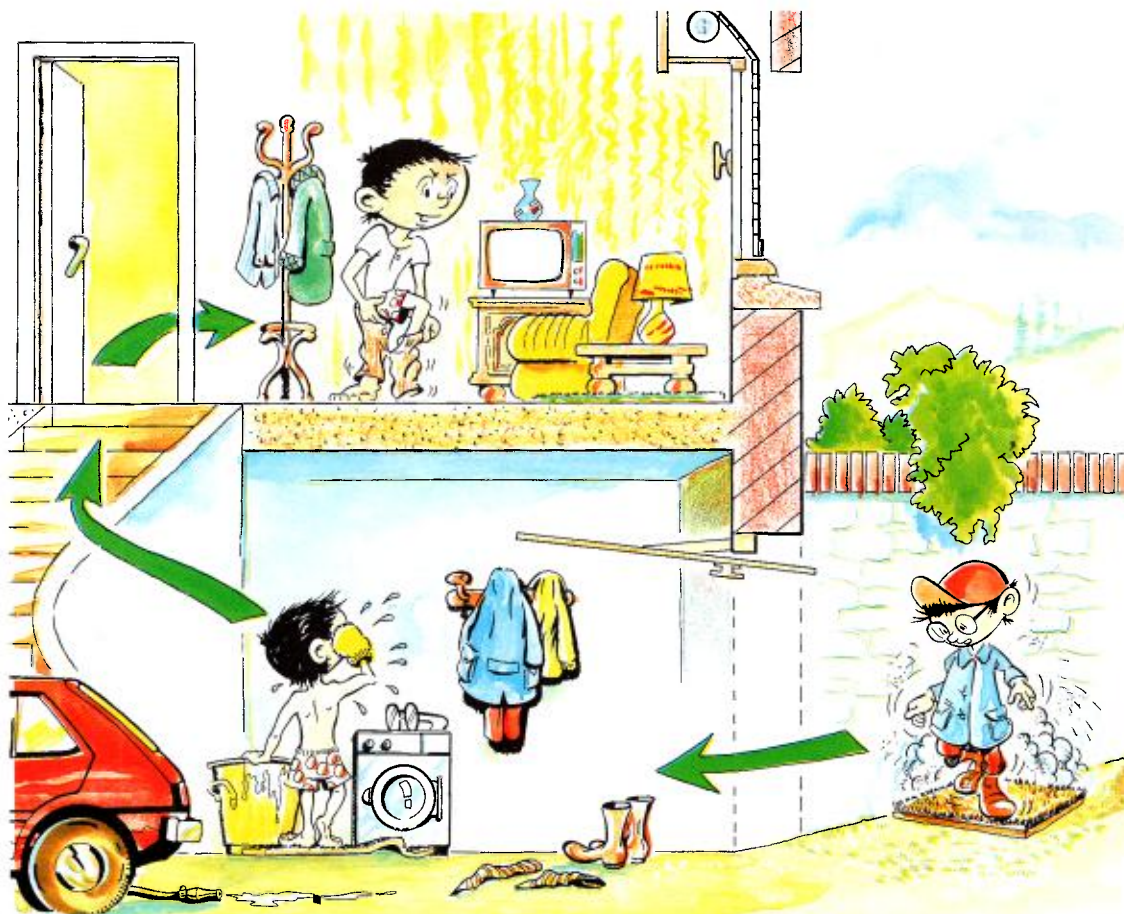
Vous rentrez dans votre maison

Zones rouge et orange

Il faut éviter d'introduire des poussières radioactives dans la ou les pièces de confinement.

Il est donc très souhaitable :

- **d'utiliser** une pièce de passage vers l'extérieur (entrée garage...) qui fera office de **sas** entre extérieur et intérieur.
- **de changer** de vêtements et de chaussures : à ranger à part afin de pouvoir les réutiliser pour d'autres sorties car ils ne sont pas plus contaminés que le milieu extérieur dans son ensemble.
- **de se laver** les mains et le visage (utiliser une cuvette ou une lessiveuse s'il n'y a pas de point d'eau).
- **d'effectuer** le nettoyage de la pièce de passage, de préférence à l'eau, en partant de la pièce de confinement vers la porte extérieure.



A titre
préventif

Bien comprendre ce que c'est

L'évacuation est une intervention organisée et dirigée par les autorités.

et pour les accidents envisagés, l'évacuation est limitée à un rayon de quelques kilomètres autour du site après déclaration d'accident et avant une quelconque émission de produits radioactifs. La mesure peut s'avérer a posteriori très exagérée si sa mise en oeuvre était motivée par une trop grande prudence.

A titre
curatif

elle serait limitée à un rayon de quelques dizaines de kilomètres après un rejet important. Il est alors impératif que chaque individu limite son temps de présence à l'extérieur des maisons dans la zone concernée.

Réagir intelligemment

- Une voiture n'assure aucune protection vis-à-vis de l'air extérieur. Ne perdez pas votre temps à essayer d'améliorer l'étanchéité de votre véhicule, il y a mieux à faire.

- **Il vaut mieux être bien confiné dans sa maison et être évacué ensuite que d'être pris dans le nuage radioactif.**

- Lorsqu'on n'est pas dans la zone d'évacuation partir ne sert à rien.
 - cela a de forte chance d'augmenter inutilement votre exposition
 - cela peut s'avérer nuisible pour ceux et celles qui doivent être évacués.

Ce qu'il faut faire après l'annonce de l'évacuation

Avant l'ordre d'évacuation

- 1 Rester à l'écoute de la radio
- 2 Ne pas téléphoner sauf en cas d'extrême urgence pour ne pas surcharger les lignes
- 3 Réunir les personnes isolées sur l'exploitation. Ne vous occupez pas de ceux qui sont dans des collectivités. Ils seront pris en charge au titre de ces collectivités.
- 4 Fermer portes et fenêtres.
- 5 Réunir les effets de première nécessité, mouchoirs ou masques (par exemple ceux qui sont utilisés pour les traitements phytosanitaires).
- 6 Préparer la maison pour un confinement efficace en attendant un ordre éventuel de départ.

Ordre d'évacuation

- 7 Si l'évacuation individuelle est ordonnée par les autorités, il faudra noter les directions et itinéraires recommandés. Normalement ces itinéraires sont d'abord perpendiculaires à la direction générale du vent, puis ils peuvent conduire vers des points d'accueil en évitant les points d'encombrement (exemple passage de fleuve).

Après l'ordre d'évacuation

- 8 Fermer eau, gaz, électricité, la maison à clef et partir en suivant les recommandations des autorités.

Ce qu'il faut faire après l'annonce de l'accident, en tant qu'éleveur

En raison de la présence nécessaire de l'éleveur pour s'occuper du cheptel, la décision d'évacuation préventive prise par les autorités est délicate puisque elle peut conduire pratiquement à un abandon du cheptel.

Mais à l'échelle du pays, la zone d'évacuation préventive est extrêmement réduite et les pertes possibles resteraient minimales.

Les mesures appliquées dans cette zone pourraient paraître sévères, comme elles le sont lors d'une déclaration de cas de fièvre aphteuse. Cependant, certaines actions conduites par les éleveurs auraient pour objet de limiter les pertes ; pour cela il est nécessaire que des informations précises soient délivrées aux éleveurs.

Or, il est difficile de définir à l'avance avec précision la conduite à tenir dans la mesure où elle dépendra du déroulement de l'accident. (Temps disponible et appréciation des risques). Seules peuvent être données des directives générales, à savoir :

a) avant d'entreprendre toute action pour le cheptel, il faut se préparer à assurer sa propre sécurité. Autour de certaines installations nucléaires, des brochures ont été distribuées à la population.

Il est indispensable de rester à l'écoute de la radio dans tous ses déplacements.

b) en règle générale, l'évacuation des animaux n'est pas possible dans les délais accordés par les autorités, sauf cas très particuliers comme celui des animaux de grande valeur (cheval de course, reproducteur...) si le matériel de transport est disponible.

c) il s'agit de donner aux animaux le maximum d'autonomie en eau et en aliments, tout en évitant leur divagation.

On peut envisager :

- de clore par bergers électriques une partie de l'exploitation en permettant l'accès des animaux à une pâture, à un silo et à un point d'eau de préférence non alimenté par les pluies.
- de mettre les veaux avec les mères.
- d'organiser les ateliers hors sols pour supprimer la dépendance vis-à-vis de l'éleveur pendant quelques jours.

Ces interventions présentent un grand intérêt pour le cas où, malgré la gravité de l'accident dans l'installation nucléaire, les rejets à l'extérieur seraient minimales, cas considéré comme le plus probable pour un réacteur français. Leur mise en oeuvre sera facilitée par le fait qu'elle aura été prévue.

Si les conséquences de l'accident étaient très importantes, le retour à court terme des éleveurs ne serait pas possible et l'abattage de tout ou partie des animaux s'avèrerait donc nécessaire ; il serait réalisé par des équipes spéciales d'intervention.

La prescription d'iode stable et la posologie relève des autorités de Santé publique. Il existe en effet un certain nombre de contre-indications ; cette contre-mesure ne se justifie que si l'exposition de la thyroïde risque d'atteindre des niveaux élevés que seules les autorités sont en mesure d'apprécier. Une note d'information a été établie par les autorités de Santé publique à l'intention de tous les préfets de départements et de régions : elle précise les conditions dans lesquelles doit se faire l'administration d'iode stable.

En conséquence, il est fortement déconseillé d'ingérer de l'iode stable sous une forme ou sous une autre, sans instruction des autorités compétentes.

Il faut savoir que :

- cette mesure ne s'applique qu'en cas de risque de contamination par les isotopes de l'iode et est totalement inutile en cas de contamination par d'autres éléments.
- elle est d'autant plus efficace qu'elle est plus rapidement mise en oeuvre (à 100 % si la prise d'iode stable a lieu avant l'arrivée de la contamination mais seulement à 50 % si elle a lieu six heures après l'incorporation d'iode radioactif).

Pourquoi

Dans l'hypothèse d'un accident survenant dans un réacteur nucléaire, les différents isotopes de l'iode, et tout particulièrement l'iode 131, représenteraient une part importante de la radioactivité émise en raison de la grande volatilité de cet élément.

Comment

Incorporé par un individu, soit par inhalation, soit par ingestion de produits alimentaires contaminés, l'iode s'accumule dans sa thyroïde puis il s'élimine ensuite peu à peu. La thyroïde peut donc être particulièrement exposée et, même si cela ne met pas en péril la vie de l'individu, il est préférable de chercher à limiter son exposition.

C'est ainsi que l'administration d'iode stable par voie buccale a pour effet de saturer la thyroïde et donc d'empêcher la fixation ultérieure de l'iode radioactif.

Interdiction de consommation et commercialisation de produits frais

Bien comprendre ce que c'est

C'est une mesure décidée par les autorités qui ne peut être levée qu'après contrôle de la radioactivité des différents produits.

Elle s'applique après le passage du nuage et concerne dans la plupart des cas un territoire plus vaste que la zone de confinement.

Pour certains accidents, elle pourrait être la seule mesure requise.

Réagir intelligemment

Hors de la zone de confinement, et dans cette zone si l'on dispose du temps nécessaire, il peut être utile d'augmenter les stocks de denrées alimentaires en récoltant des produits du jardin avant l'arrivée du nuage.

Après le passage du nuage, et si les autorités ne se sont pas encore prononcées à ce sujet, il est préférable, dans les zones de confinement et dans la zone voisine, d'éviter la consommation de produits sensibles contaminés (légumes verts et lait).

Dès lors que les autorités se sont prononcées, il convient d'appliquer strictement les consignes.

Dans le cas d'un accident grave, les stocks pourraient s'avérer momentanément insuffisants, il faut alors savoir que d'autres possibilités existent (voir fiche 13.5)



Mesures concernant les productions agricoles

Les mesures de protection possibles ont pour objectif :

- d'éviter ou de limiter la contamination des productions agricoles :
ce sont des **mesures préventives**.
- la contamination ayant eu lieu, d'éviter ou de limiter son incorporation par les personnes :
ce sont alors des **mesures curatives**.



productions végétales



productions animales

MESURES PRÉVENTIVES

Ce sont des mesures prises avant l'arrivée de la contamination, à condition que le délai de mise en oeuvre soit suffisant.

*Dans le cas des **productions végétales**, les possibilités sont très limitées. On peut essentiellement :*

- préserver de la contamination les produits stockés en limitant les échanges entre l'intérieur du lieu de stockage et l'extérieur.

Par exemple : dans le cas de céréales en silo ou de fourrage engrangé, on pourra couper les ventilations et fermer les issues, tout en ne perdant pas de vue le risque d'explosion qui pourrait survenir si cette mesure devait être maintenue trop longtemps (silos industriels).

- dans le cas de cultures sous abri (serres...) fermer toutes les issues.
- utiliser les bâches disponibles pour recouvrir les légumes verts au potager : ceci permet de disposer de légumes dont on est sûr qu'ils ne peuvent être contaminés directement par le dépôt (en attendant d'en savoir plus d'après les informations officielles radiodiffusées).
- si le délai est suffisamment long (ce qui est peu vraisemblable car il faudrait pouvoir disposer d'un jour au moins), il est possible de récolter (ou de hâter la récolte si elle est en cours) et de mettre les produits à l'abri.

*Dans le cas des **productions animales**, les actions préventives sont plus faciles à appliquer. Elles consistent essentiellement à alimenter les animaux producteurs (surtout dans le cas du lait) avec des produits peu ou pas contaminés. Ceci implique de :*

- retirer les animaux des pâturages.
- les nourrir avec des aliments stockés et non contaminés (fourrages engrangés, ensilages...).
- S'agissant en particulier d'une contamination par le césium, on peut également envisager de réduire le transfert de cet élément au lait et à la viande en administrant avec l'affouragement certaines substances (argiles, bleu de prusse...) qui ont la propriété d'en diminuer l'absorption intestinale. Il est évident qu'une telle mesure ne peut être prise que dans une situation suffisamment importante mais limitée sur le plan géographique.



MESURES CURATIVES

Lorsque les productions agricoles ont été contaminées, il existe des moyens, plus ou moins efficaces, de réduire la contamination ingérée :

- consommer préférentiellement les parties du végétal qui sont le plus à l'abri de la contamination directe par dépôt (parties souterraines, graines et tout organe protégé par des enveloppes).
- laver les légumes verts, éliminer les feuilles externes, peler les fruits... ce sont des mesures simples qui peuvent se révéler efficaces.
- orienter certains produits vers des transformations qui permettront :
 - soit de différer leur consommation (mise en conserve, fabrication de lait en poudre, de fromage à temps d'affinement long...) ce qui permet la décroissance des éléments radioactifs à courte période comme l'iode 131
 - soit d'aboutir à un produit moins contaminé (du beurre fabriqué à partir de lait contaminé n'est pas ou peu contaminé).
- utiliser les produits contaminés pour l'alimentation des animaux. Cette méthode n'élimine pas le problème car les productions de ces animaux (lait, viande, oeuf...) seront à leur tour contaminées : mais dans certains cas leur contamination sera moindre que celle du produit initial.

Ce sont les autorités qui donnent les indications sur l'intérêt de cette pratique.

On trouvera des indications sur l'application de ces différentes mesures de protection dans les fiches concernant les milieux et les productions (fiches N° 14 et 15) et la fiche N° 16. Le cas particulier des eaux de boisson est envisagé dans la fiche N° 14-3 "Les eaux".



14

Les milieux

- 1 L'atmosphère
- 2 Les sols
- 3 Les eaux
- 4 Les productions végétales
- 5 Le cheptel
- 6 Le milieu naturel non exploité
- 7 Les bâtiments et le matériel

Contamination
directeContamination
indirecte

Comment se produit la contamination ?

A la suite d'un accident nucléaire, l'atmosphère peut être contaminée :

par les éléments radioactifs émis à partir de l'installation (ou la source radioactive) accidentée, surtout s'il s'agit de gaz ou de produits volatils (iode, césium,...),

par remise en suspension des éléments radioactifs qui se sont déposés sur le sol : le vent et certains travaux agricoles favorisent la remise en suspension.

- **Dans le premier cas** (émission directe), les conséquences peuvent être ressenties à des distances assez grandes du lieu de l'accident car les radioéléments peuvent se disperser et être entraînés sous l'action du vent. Si les conditions de l'émission, notamment la hauteur à laquelle elle s'effectue, le permettent, la contamination peut atteindre des centaines, voire des milliers de kilomètres. Cependant, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du lieu de l'accident l'importance de la contamination diminue. La diminution est très rapide au début : à une dizaine de km du lieu de l'accident, elle peut être presque 10 fois plus faible qu'à proximité de celui-ci.
- **Dans le second cas** (remise en suspension), les conséquences sont très locales.

Quels peuvent être les risques résultants ?

Directement

- une exposition externe des individus à partir de l'atmosphère.
- une exposition interne des individus à partir de l'air respiré.

Indirectement

après dépôt des radioéléments :

- une exposition externe à partir du dépôt sur le sol et sur ce qui s'y trouve (bâtiments, matériels, couverture végétale...)
- une exposition interne à partir des produits alimentaires ingérés et de l'eau de boisson.



Comment se protéger ?

Voir fiche N° 13.

- **En évacuant la zone affectée**

C'est une mesure extrême qui ne doit être appliquée que sur instruction des autorités et qui ne s'envisage qu'à proximité du lieu de l'accident.

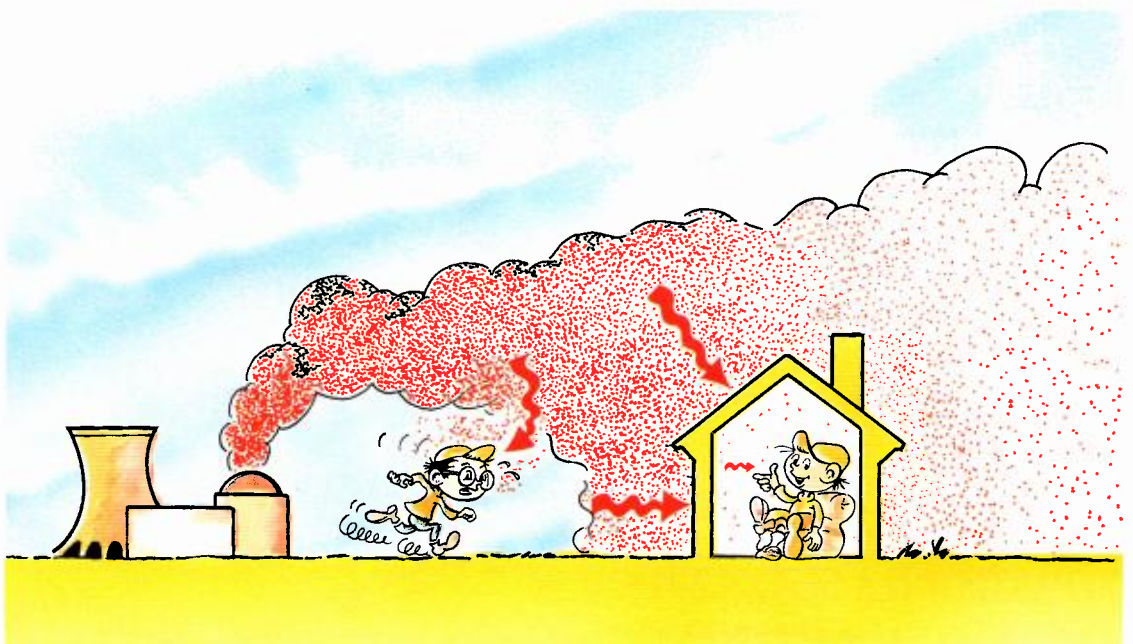
- **En s'abritant à l'intérieur des bâtiments**

Mesure simple, temporaire, elle peut être prise à titre de précaution, même en l'absence d'instruction, et elle sera levée s'il apparaît qu'elle n'est pas, ou qu'elle n'est plus, nécessaire.

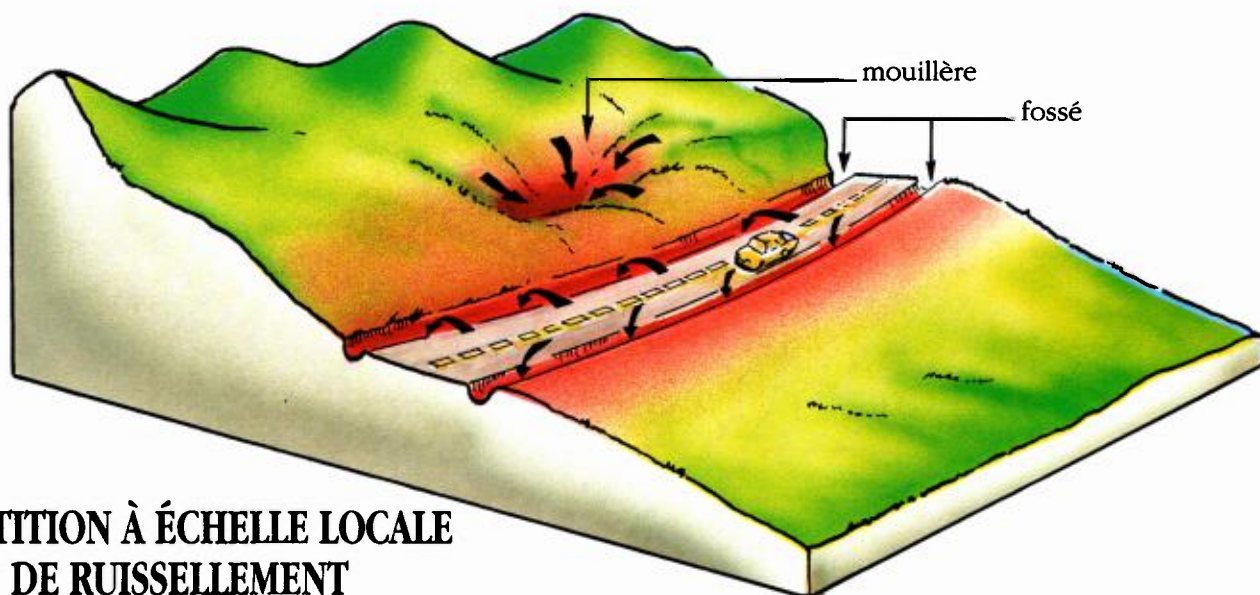
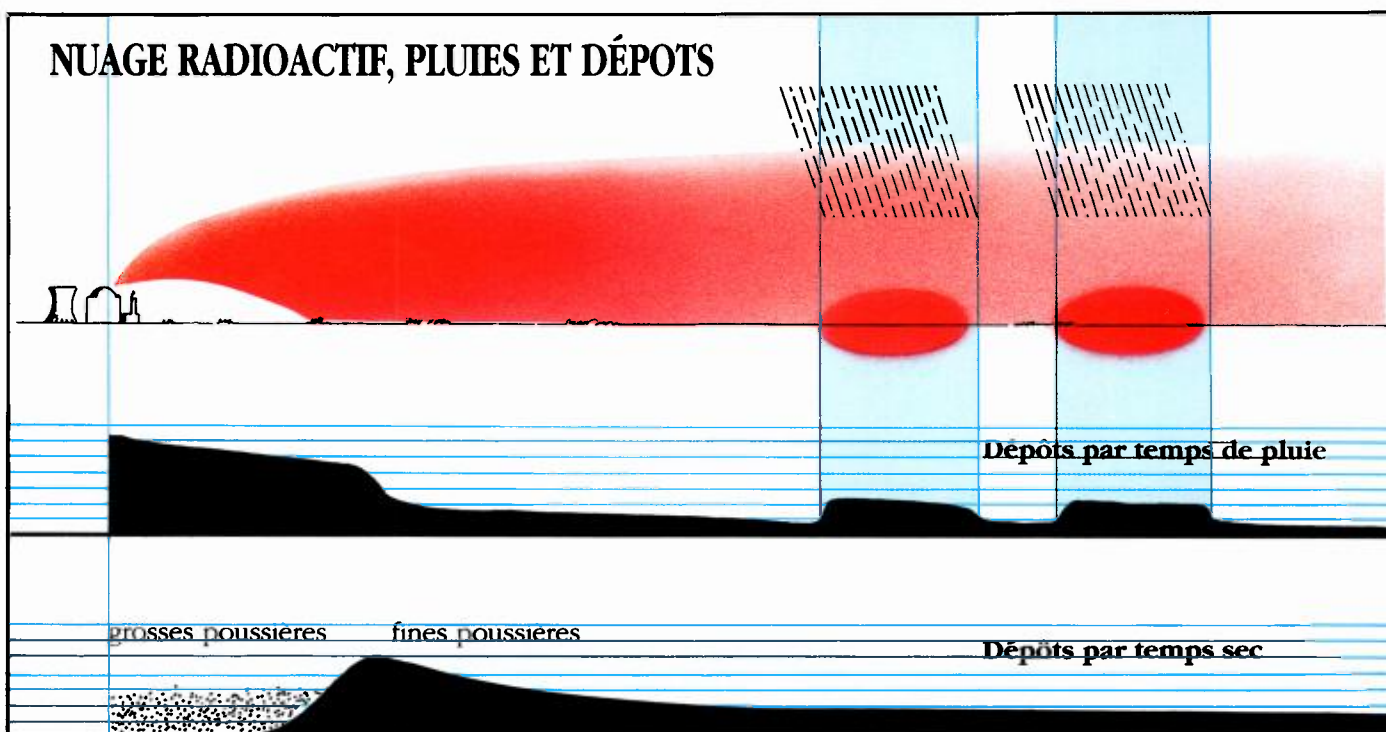
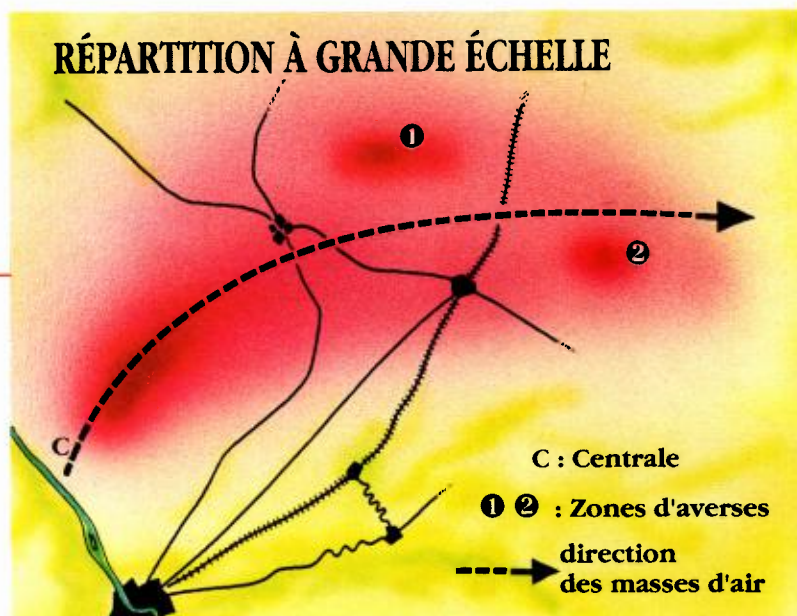
En effet : les murs et les toitures jouent le rôle d'écran vis-à-vis de l'exposition à partir de l'atmosphère extérieure.

Le calfeutrage des portes et des fenêtres limite les échanges avec l'extérieur et donc la contamination de l'air à l'intérieur du bâtiment.

- **En conservant à l'abri** les aliments destinés à l'homme (céréales en silo, eau de boisson en citerne ou en château d'eau), et éventuellement en bâchant certaines cultures potagères (légumes verts).



Répartition des dépôts



**RÉPARTITION À ÉCHELLE LOCALE
EN CAS DE RUISSELLEMENT**

A l'instant
du dépôt

Ultérieurement

Comment se produit la contamination ?

La surface du sol reçoit des éléments radioactifs directement par dépôt de poussières transportées dans l'air (cf. fiche N° 14-1 "atmosphère") ou indirectement à partir de végétaux eux-mêmes contaminés par dépôt.

Le dépôt se produit par entraînement vers le bas des poussières sur lesquelles sont adsorbés (c'est-à-dire fixés superficiellement) les éléments radioactifs ou par lessivage de l'atmosphère par l'eau de pluie. L'enfouissement des récoltes, la chute des feuilles, le vieillissement des plantes sont les voies principales de contamination du sol à partir de végétaux eux-mêmes contaminés.

La radioactivité restera très superficielle si le dépôt a lieu par temps sec ; elle s'infiltrera de quelques centimètres si le dépôt a lieu par temps de pluie.

Généralement, les éléments radioactifs déposés s'infiltrent en profondeur : la pluie, le travail du sol (et parfois les mouvements de la nappe phréatique) modifient ce mouvement. Il peut également y avoir déplacement latéral sous l'action du ruissellement et du vent.

Déplacement en profondeur des éléments radioactifs

Ce déplacement dépend de la mobilité des éléments radioactifs dans les différents types de sol. Leur mobilité est faible dans les sols alcalins (sols argilo-calcaire). Elle est également faible dans les sols riches en matière organique. Elle est plus importante dans les sols acides ou à faible capacité d'échange comme les sols sableux. Dans tous les cas, les travaux du sol vont contribuer à répartir les éléments radioactifs dans le volume travaillé de terre.

Ces mouvements dépendent beaucoup de la nature de l'élément radioactif.

A titre d'exemple :

- Le strontium 90 est initialement assez peu retenu par le complexe absorbant des sols. Il s'intègre ensuite peu à peu dans ce complexe et sa mobilité diminue progressivement. Cette mobilité n'est cependant pas suffisante pour l'éliminer des premiers centimètres de sol au cours de la première année s'il n'y a pas travaux de labour.
- Le césium 137 (et 134) est rapidement et fortement retenu par l'argile et la matière organique. Il reste donc pratiquement très longtemps tant dans les premiers centimètres des sols non agricoles, que dans la couche travaillée des sols agricoles.
- Le ruthénium 106, la plupart des terres rares et les émetteurs alpha ne sont pas mobiles.
- Certains composés de l'iode suivent les mouvements de l'eau ; cependant la plus grande partie des iodes produits lors d'un accident disparaîtra par décroissance radioactive avant même d'atteindre la nappe phréatique.
- Le tritium est étroitement associé à l'eau et se comporte comme elle.

Déplacement latéral des éléments radioactifs

Le ruissellement contribuera à l'accumulation des éléments radioactifs dans les points bas par lessivage des terrains en pente.

L'ensemble de ces phénomènes peut amener la formation de zones d'accumulation (parties de pré ou de champ habituellement humides, bas de coteaux, sédiments de lacs et de rivières). Ces zones seront localisées par les autorités à l'aide de moyens appropriés afin d'y appliquer éventuellement un traitement particulier.

Quels peuvent être les risques encourus ?

Ces risques dépendent des fonctions du sol vis-à-vis des éléments radioactifs :

1

Support de la radioactivité

Le sol constitue la surface d'émission des rayonnements.

2

Générateur de poussières

Les éléments radioactifs seront transportés par les poussières soulevées par le vent et les opérations culturales.

3

Pourvoyeur de minéraux par les plantes

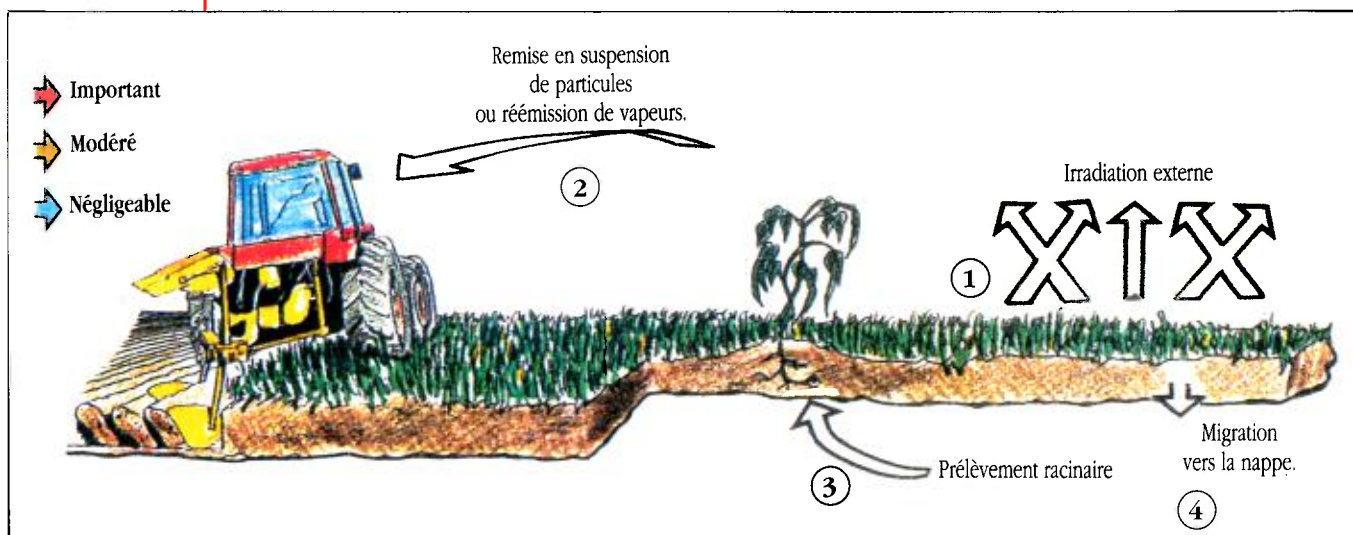
Les éléments radioactifs seront prélevés par les racines de façon plus ou moins sélective.

4

Filtre des eaux

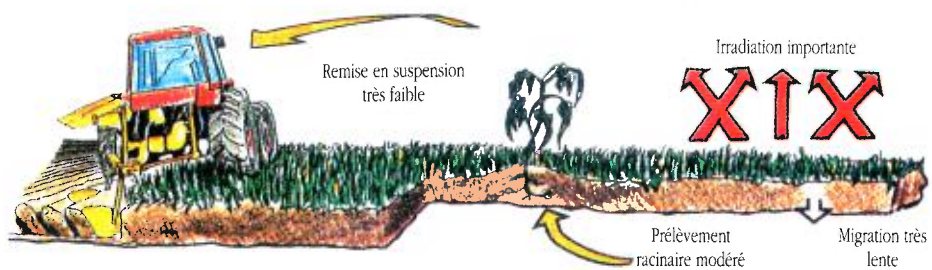
Le sol retiendra plus ou moins efficacement les éléments radioactifs déposés comme c'est le cas pour l'azote, le phosphore, le potassium. L'efficacité de la rétention dépend de la profondeur du sol et de sa nature (La rétention par les sables est nettement moins efficace que celle de l'argile).

Ils concernent donc l'exposition externe à partir du dépôt et indirectement l'exposition interne par inhalation et ingestion d'eau de boisson et de produits alimentaires.

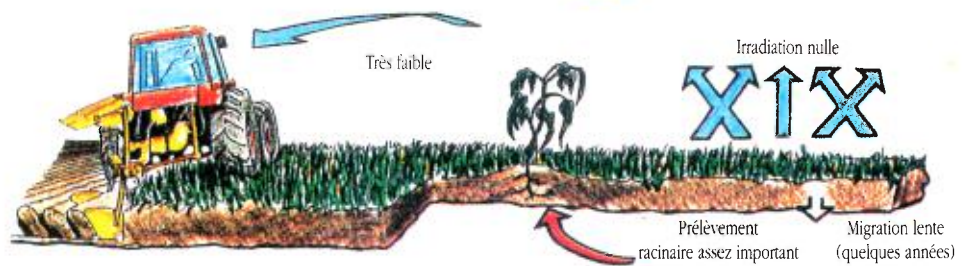


Risques induits par le sol après un dépôt accidentel d'éléments radioactifs

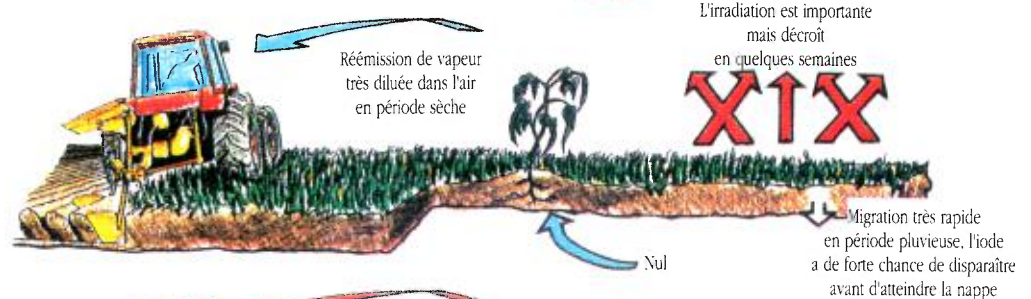
^{137}Cs



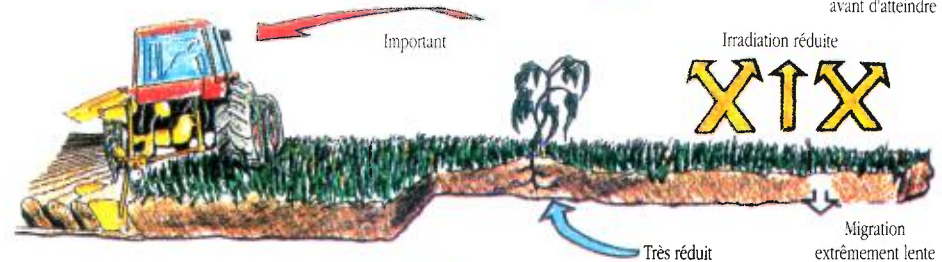
^{90}Sr



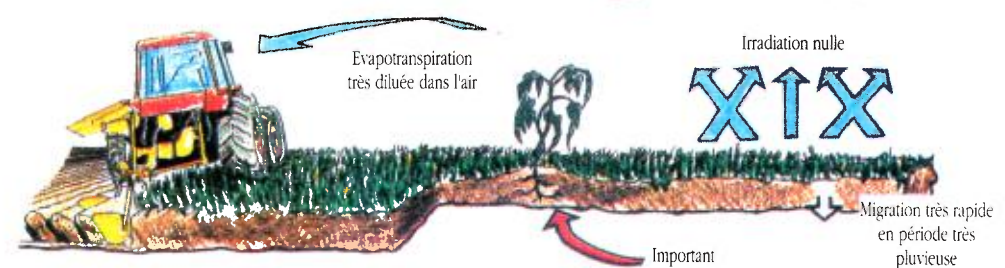
^{131}I



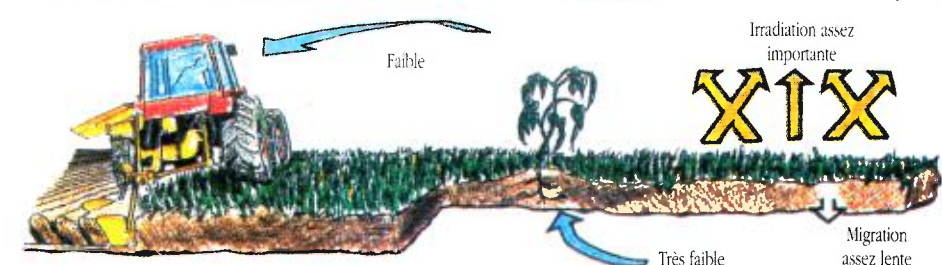
Emetteurs
ALPHA



Eau tritiée



Ruthénium 106



Comment peut-on s'en protéger ?

Le travail du sol

Lorsque le passage des masses d'air contaminées est terminé et que le dépôt a été important deux questions doivent être envisagées :

- Peut-on poursuivre les opérations de travail du sol en cours ?
- Peut-on remplacer rapidement les cultures contaminées en préparant à nouveau le sol ?

Attendre

Il est préférable de perdre quelques jours, voire quelques semaines, afin de mieux juger la situation, plutôt que d'entreprendre trop hâtivement des travaux qui pourraient se révéler ultérieurement comme ayant été mal adaptés.

En effet :

- Les mesures de radioactivité permettront rapidement de faire le point de la situation et de préciser les zones où une intervention sur les végétaux ou les sols est nécessaire.
- L'exposition externe peut décroître sensiblement pendant les premiers jours du fait de la disparition des radioéléments à vie courte.
- La fixation des radionucléides dans les sols augmente avec le temps ce qui les rend plus difficilement inhalables.
- Les opérations culturales doivent s'effectuer dans des conditions relativement normales d'humidité du sol afin d'éviter d'en dégrader la structure.

Les autorités donneront les indications nécessaires sur la conduite à tenir.

Labourer

En cas d'une contamination, le labour remplit plusieurs fonctions :

- Enfouissement du dépôt de surface ce qui réduit de façon sensible l'exposition externe ; les rayonnements étant en partie absorbés dans le sol, ils ne parviennent donc pas à l'air libre ou tout au moins sont atténués.



- Elimination des végétaux contaminés par incorporation dans le sol.
- Possibilité de reprise d'une nouvelle culture dans un délai de quelques semaines à quelques mois, lorsque la nature du sol et les conditions climatiques le permettent. Dans le cas d'un sol très contaminé, on peut effectuer préalablement un labour spécialisé permettant d'enfouir en profondeur (40 à 50 cm) la couche superficielle du sol où se trouve le dépôt afin de le mettre, si possible, hors de portée de l'appareil racinaire des cultures. Il faut noter que cette opération d'enfouissement n'est pas facile techniquement et qu'elle requiert un matériel et un savoir-faire particuliers.

Si le labour était en cours, au moment où une mesure de confinement a été prise, il peut être poursuivi normalement dès que la levée du confinement est annoncée.

S'il existe des parcelles vides sur l'exploitation, la préparation de ces sols permettra d'obtenir une production plus tôt, soit pour diminuer les pertes économiques, soit pour l'affouragement des troupeaux.

Si le labour est envisagé par les autorités comme une technique d'intervention, il est préférable de commencer par les parcelles les plus proches des bâtiments et des chemins les plus utilisés, afin de réduire l'exposition externe des personnes, lors de leurs déplacements et de limiter les risques de propagation de la contamination.

La préparation superficielle du sol

usage de cultivateurs, rotavators, herse...

Ces opérations étant généralement génératrices de poussière, il est préférable d'attendre les instructions des autorités avant de les entreprendre.

Les interventions lourdes

Elles ne sont à envisager que pour de très graves accidents et dans tout ou partie de la zone d'évacuation.

Il s'agirait de techniques et de matériels dont la mise en oeuvre relève des équipes spéciales d'intervention.

On peut citer à titre d'exemple le décapage par bulldozers et l'enfouissement dans des tranchées. L'intérêt de cette technique réside dans la disponibilité des matériels de travaux publics mais elle a pour inconvénient de nécessiter le déplacement et le stockage de grandes quantités de sol contaminé.

Lorsqu'il y a eu enfouissement profond du dépôt (labour spécialisé) :

- Choisir des plantes à enracinement superficiel.
- Mettre en oeuvre des travaux d'ameublissement (labours normaux de 25 à 30 cm) avec apport d'engrais pour favoriser le développement des racines dans la nouvelle couche superficielle de sol appauvrie en élément radioactifs.
- Irriguer par aspersions répétées de faible intensité. Elles contribueront au maintien des racines en surface.

Après 4 ou 5 ans, la fixation maximale au sol des éléments radioactifs étant atteinte, la reprise des techniques culturales et des productions habituelles pourra être envisagée.



Les amendements

Il est connu que les apports potassiques diminuent les transferts de césium aux plantes et que des apports de chaux diminuent les transferts du strontium. Cependant, ces diminutions restent très modérées pour les quantités que l'on peut utiliser. Les interactions de l'apport d'amendements avec les autres éléments radioactifs sont encore mal connues.

Ce genre d'intervention n'est donc pas systématiquement recommandable et il ne doit s'envisager que dans des conditions particulières pour la réhabilitation de sols très contaminés.



Rejet dans un cours d'eau

Comment se produit la contamination ?

L'eau douce peut être atteinte directement suite à un rejet accidentel liquide dans les eaux de surface du bassin versant où se trouve l'installation en cause. Seul le bassin versant est concerné.

Les éléments radioactifs sont soit solubles, soit insolubles ou fixés sur des particules solides. La fraction soluble peut être transférée au milieu vivant (plantes et poissons) mais aussi être entraînée au loin dans le cours d'eau. Les éléments insolubles vont se déposer sur les sédiments. La fraction en suspension contribue à la fois au transfert vers le milieu vivant et au dépôt sur les sédiments de fond. On assiste ainsi à une épuration progressive de l'eau de la rivière. En définitive, l'essentiel de la pollution va passer en peu de temps si le rejet est de courte durée.

Rejet dans l'atmosphère

Après une émission accidentelle dans l'atmosphère, les eaux de surface peuvent être atteintes directement par les dépôts provenant du nuage radioactif ou indirectement par entraînement du dépôt au sol sous l'action du ruissellement des eaux de pluie.

Le dépôt direct joue un rôle important dans le cas des lacs et des étangs dont l'eau se renouvelle faiblement.

Lors de pluies abondantes, le ruissellement peut entraîner la radioactivité déposée en surface du sol jusqu'aux lacs et aux rivières. Le comportement dans les cours d'eau est le même que dans le cas précédent.

Cas des nappes

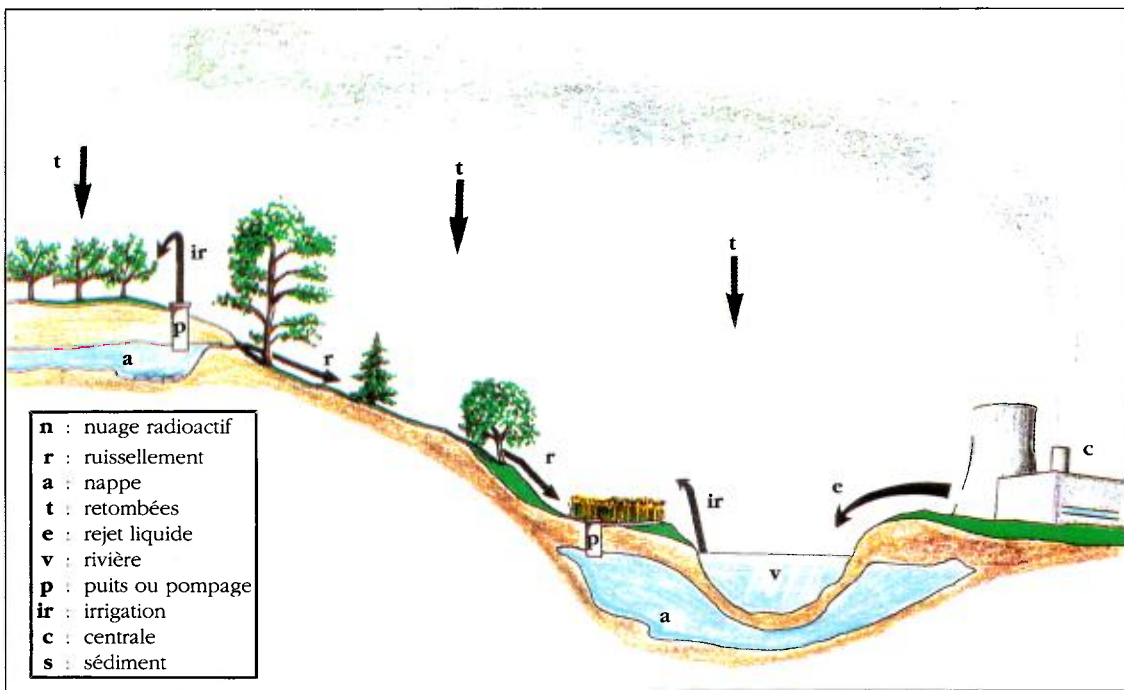
Les nappes ne sont atteintes qu'au travers des échanges avec les eaux de surface ou encore par migration en profondeur du seul dépôt. Le cas d'un accident entraînant une atteinte directe de la nappe phréatique sous-jacente à l'installation est très peu vraisemblable mais il est cependant étudié.

La nappe sous-jacente au cours d'eau est dans de nombreux cas protégée grâce au colmatage du lit et des berges par les sédiments.

Les autres nappes sont alimentées par les eaux de pluie dès lors qu'elles sont suffisamment abondantes. Le sol joue le rôle de filtre et fixe la plupart des éléments radioactifs. Les nappes profondes, captives ou libres, sont hors d'atteinte de la radioactivité. Les nappes superficielles sont également protégées par la couche de sol qui les recouvre et par les roches qui les contiennent. On peut considérer que toutes les roches sauf le sable, ont une bonne capacité de fixation de la plupart des éléments radioactifs. Une exception, l'eau tritiée qui suit le cycle de l'eau ce qui permet son élimination plus rapide et contribue, avec le fait qu'il émet seulement un rayonnement bêta de très faible énergie, à lui assurer un caractère très peu dangereux. Les éléments radioactifs à courte période, comme l'iode 131, ne posent pas de problème car ils disparaissent vite.

Transferts direct et indirect

à l'eau douce, de la radioactivité rejetée accidentellement par une installation nucléaire.



Quels sont les risques encourus ?

Les risques résultent d'une exposition interne liée à l'utilisation de l'eau, soit directement en tant qu'eau de boisson, soit indirectement comme eau d'abreuvement du bétail, eau d'irrigation et à l'ingestion de produits alimentaires d'origine aquatique (poissons, mollusques, crustacés...)

Les risques sont maximum au cours des premiers jours : les éléments à vie courte n'ont pas totalement disparu ; les autres éléments ne sont pas encore totalement fixés sur les sols et les sédiments.

Que peut-on faire pour s'en protéger ?

Consommer uniquement l'eau que l'on sait être exempte de toute pollution radioactive ou que l'on sait être surveillée.

Eau potable

- 1 Les meilleures sont les eaux des nappes phréatiques qui sont protégées par une couche filtrante importante. Les puits, les sources ou les réseaux d'adduction utilisant ce type d'eau sont donc recommandés (lorsqu'elle est potable).

*Ces eaux sont précieuses :
elles doivent être protégées et ne pas être gaspillées.*

- 2 Dans les autres cas, il ne faut utiliser en tant qu'eau potable que celle distribuée par un système surveillé d'adduction. L'eau de surface est parfois utilisée pour alimenter ces réseaux et une interdiction peut être prononcée pendant les premiers jours qui suivent le dépôt radioactif. Il faut donc veiller à s'informer.

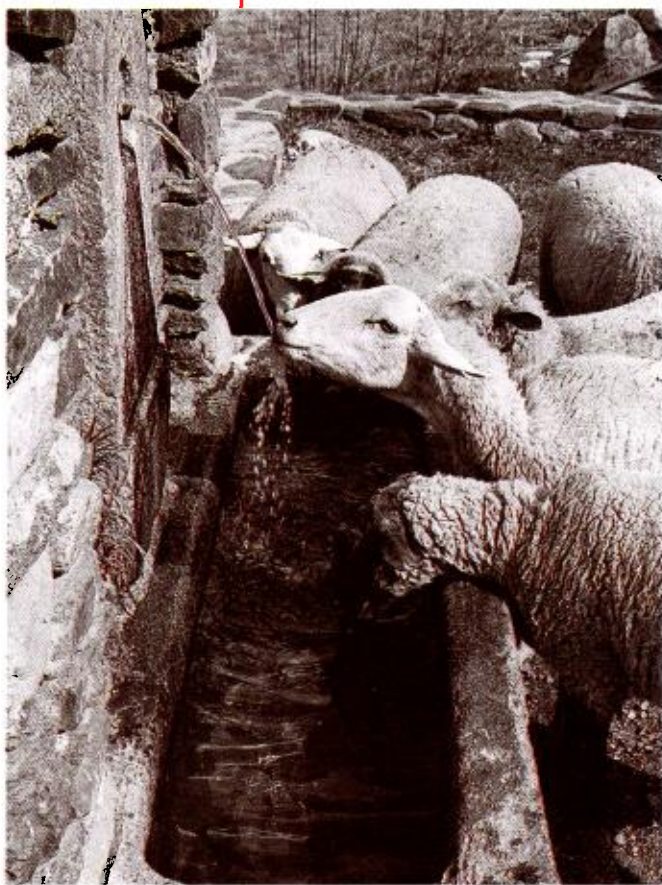
L'eau d'abreuvement

3 On pourra constituer des réserves d'eau pour 8 jours en prévision d'une interruption éventuelle provoquée par une montée trop élevée de la radioactivité, bien que la coupure d'eau ne soit envisagée par les autorités que dans une situation extrême.

4 La protection des points d'eau collective est sous la responsabilité des autorités.

Elle peut avoir diverses origines (voir tableau page suivante)

L'origine des eaux joue encore un rôle fondamental. Par ordre de risque de contamination croissante, le classement est le suivant :

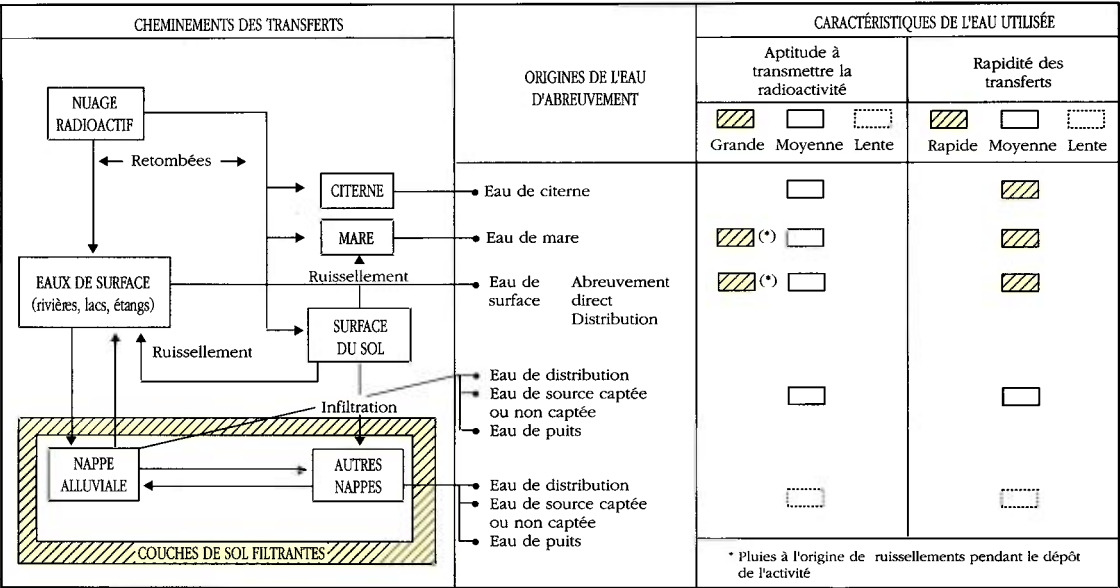


- eau de pluie, mais seulement dans le cas d'une émission directe dans les eaux de surface,
- eau de source,
- eau de distribution (ayant pour origine la nappe phréatique),
- eau de distribution (ayant pour origine les eaux de surface),
- eau de mare (nuage radioactif),
- eau de citerne sauf si elle a été recueillie avant l'arrivée de la contamination et protégée vis-à-vis de celle-ci,
- l'éleveur doit connaître et répertorier les eaux d'abreuvement qu'il utilise afin qu'en cas de besoin, il privilégie certaines origines (si cela est possible) en tenant compte du classement ci-dessus,
- en tout état de cause, l'abreuvement du cheptel étant indispensable, il doit s'effectuer même si l'eau n'a pas l'origine souhaitée,
- les forages effectués dans les nappes pour l'irrigation par aspersion (canons) peuvent être recommandés en cas de besoin, si cela est possible,
- on peut envisager en dernier recours de filtrer l'eau avant distribution sur des couches de sol suffisamment perméable pour permettre la filtration, mais aussi suffisamment chargé en argile et matière organique pour

retenir la plupart des éléments radioactifs. Ceci permet de réduire l'activité de façon sensible (un facteur 100 de réduction peut être attendu).

Schéma 1

Transferts des retombées d'un nuage radioactif à l'eau d'abreuvement

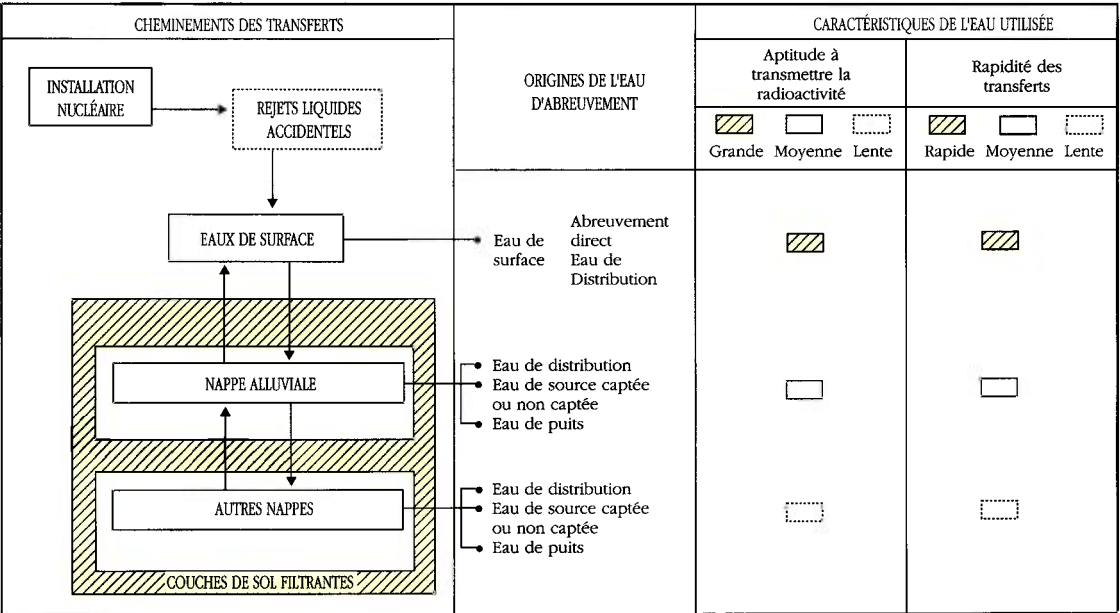


OBSERVATIONS IMPORTANTES :

- * Les mécanismes schématisés ici peuvent se produire à de longues distances du lieu de l'accident. La distance diminue les transferts jusqu'à les rendre non significatifs sur le plan des conséquences.
- * Ce tableau concerne les premières décades suivant un accident.

Schéma 2

Transferts de rejets accidentels liquides radioactifs à l'eau d'abreuvement



OBSERVATIONS IMPORTANTES :

- * Les mécanismes schématisés ici ne concernent que le bassin versant où a eu lieu le rejet, ce qui correspond à une délimitation précise de la zone de possibilité des transferts.
- * Ce tableau concerne la ou les premières décades suivant un accident.

L'eau d'irrigation

Les autorités informeront le public sur le degré de gravité de l'accident. Dans les cas graves, elles donneront des précisions sur les mesures à prendre.

Dans l'attente des informations officielles il pourra être nécessaire de choisir entre l'arrêt plus ou moins prolongé de l'irrigation ou sa poursuite normale. Dans la période où les besoins en eau des plantes sont élevés (par exemple maïs au stade épiaison) cette décision doit être prise rapidement.

S'il y a un doute sur la possibilité de contamination de l'eau d'irrigation, il est préférable de suspendre l'irrigation jusqu'à plus ample information. Une situation où l'eau serait très contaminée correspondrait soit à un accident la contaminant directement (cas peu probable), soit à un dépôt très important avec ruissellement, cas où des dispositions particulières à la zone seront prises très rapidement.

Dans le cas le plus probable, c'est à dire un dépôt modéré consécutif à une émission dans l'atmosphère, le sol et les cultures seront vraisemblablement plus atteints que l'eau d'irrigation ; l'irrigation peut alors se poursuivre, si elle est indispensable à la survie de la culture et si celle-ci ne risque pas de voir sa commercialisation refusée.

Si un choix de l'origine de l'eau d'irrigation est possible (ce qui est peu vraisemblable) le classement établi pour l'eau d'abreuvement est parfaitement valable.

L'irrigation par apport direct au sol, comme l'irrigation à la raie, reste préférable à l'irrigation par aspersion qui entraîne également une atteinte de la partie aérienne de la plante.





Comment se produit la contamination ?

Les conséquences d'une pollution radioactive des productions végétales résultent de deux modes de transfert des éléments radioactifs aux plantes :

Dépôt sur les parties aériennes de la plante.

Les éléments radioactifs apportés par voie atmosphérique au cours de la belle saison sont captés directement par les parties aériennes des plantes. La proportion retenue dépend de la nature et du stade de développement de la plante. La structure de certaines feuilles fait qu'elles retiennent bien les poussières ou l'eau (feuilles de thym). Plus la végétation recouvre le sol, plus la proportion de polluant fixé est grande. C'est ainsi que les dépôts sur les végétaux proches de la maturité commerciale donnent lieu à un transfert maximal aux récoltes. Par contre, la croissance dilue la radioactivité dans les tissus nouveaux.

Certains éléments radioactifs sont mieux retenus que d'autres par les parties aériennes des plantes : par exemple, le césium 137 est plus retenu que le strontium 90.

Certains éléments radioactifs (comme le césium) déposés sur les parties aériennes peuvent pénétrer partiellement à l'intérieur de la plante. Les éléments comme le plutonium ne pénètrent pas. Les éléments incorporés peuvent migrer des feuilles vers les autres organes de la plante ; c'est ainsi qu'une petite partie des éléments radioactifs déposés avant floraison peut se retrouver dans les fruits et les racines.

D'une façon générale :

- les légumes verts et l'herbe sont les végétaux les plus atteints.
- les céréales et les racines sont beaucoup moins concernés.
- si l'émission est essentiellement constituée de radionucléides à vie courte (par exemple iode 131), les végétaux stockables ne seront plus concernés après une durée qui est fonction des dépôts et qui sera précisée en son temps par les autorités.

La pluie survenant après le dépôt radioactif pourra en éliminer une fraction plus ou moins importante par lessivage. La desquamation des surfaces aura également un effet "décontaminant".

Absorption

par les racines

Les plantes absorbent plus ou moins les éléments radioactifs incorporés dans la couche de sol où se trouvent les racines.

Pour un même dépôt, la contamination résultante est nettement plus faible que celle qui provient du dépôt direct sur les parties aériennes.

L'importance de la contamination dépend :

- de l'élément radioactif :
 - les plantes absorbent plus facilement le strontium 90 que le césium 137, sauf pour des sols pauvres en argile et en matière organique.
 - le ruthénium, le plutonium sont très peu absorbés.
 - l'iode (iode 131) est absorbé mais, en raison de sa courte période, il disparaît avant la consommation du produit.
 - le tritium ne fait pratiquement que transiter (évapotranspiration).
- de la plante : nature, partie qui est consommée, profondeur de pénétration des racines par rapport à la localisation des radionucléides dans le sol.
- des sols, des travaux du sol (voir fiche N° 14-2)

Quels sont les risques encourus ?

Ils résultent essentiellement d'une exposition interne, après consommation de produits contaminés et dans une moindre mesure après inhalation de poussières radioactives au cours des activités professionnelles.

Les effets de l'irradiation sur les végétaux existent potentiellement : ralentissement de croissance, absence de fructification, modifications morphologiques, mortalité. Ces effets s'observent chez les individus exposés (sensibilité des cellules des méristèmes) et ne sont pas transmissibles.

En ce qui concerne les effets génétiques, ils peuvent se manifester chez les végétaux lors de la reproduction sexuée (ensemencement) et surtout lors de reproduction asexuée de type végétatif (bouturage, marcottage, greffe).

Ces phénomènes ne seraient observables que dans des zones très contaminées où les problèmes posés pour la protection des populations seraient à résoudre prioritairement.

Comment s'en protéger ?

conduite à tenir vis-à-vis des végétaux

La prévention de la contamination des végétaux n'est généralement pas réalisable, on peut citer les cas particuliers suivants :

- Fermeture des serres et tunnels
- Fermeture des silos (en veillant à éviter le risque d'explosion)
- Couverture des jardins par des bâches
- Arrêt de l'irrigation en cas de rejet accidentel en rivière

et si l'on dispose de plusieurs jours avant le passage du nuage :

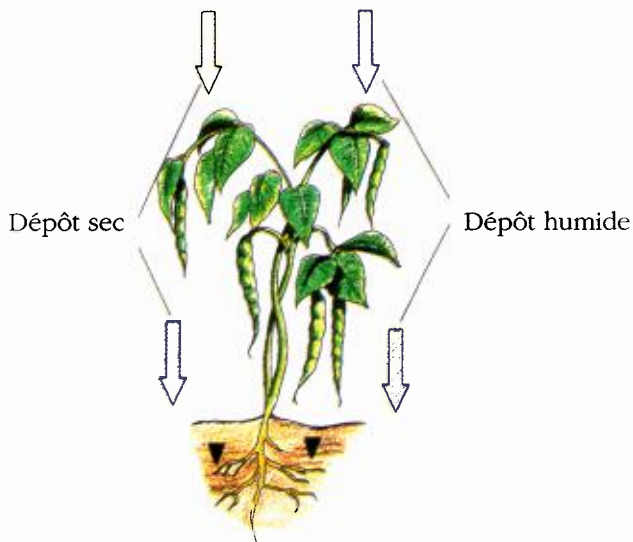
- récolte

En dehors de ces quelques actions préventives, les actions seront des actions curatives réalisées selon les instructions des autorités. Il convient :

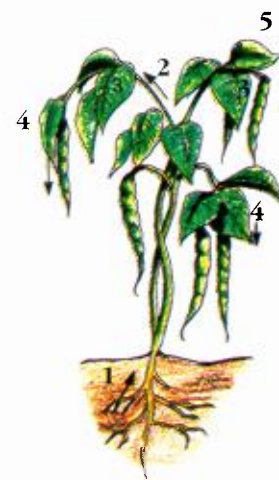
- de respecter scrupuleusement les interdictions de consommation et de commercialisation (voir fiches N° 7 et N° 13).
- de laisser les cultures qui peuvent demeurer en l'état, en attendant les résultats des contrôles qui permettront de décider de la conduite à tenir.

Transfert aux végétaux des dépôts radioactifs accidentels

Mécanismes de transfert : 1 absorption racinaire - 2 transfert aux autres parties de la plante - 3 absorption par les tissus touchés - 4 lessivage par la pluie et l'eau d'irrigation - 5 dilution par accroissement de volume.

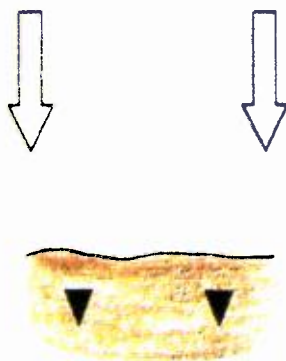


Pendant le dépôt



Après le dépôt

Dépôt sec Dépôt humide



Mécanismes de transfert : 1 absorption racinaire - 2 transfert dans la plante.

Les opérations culturelles

Dans la zone où la population a été confinée, il n'y a pas normalement de risques importants à continuer les récoltes, après levée du confinement, sauf information contraire émanant des autorités.

Il convient alors :

- de bien séparer les récoltes précédant l'accident de celles qui ont été faites après. Les contrôles auront lieu sur des prélèvements effectués dans les silos.
- de supprimer les fanes des racines et tubercules récoltables afin de réduire les transferts internes aux plantes.
- de travailler dans un véhicule à cabine fermée (diminution de l'empoussièrement), de porter des vêtements fermés, et de se laver soigneusement après chaque demi-journée.
- de ne pas éliminer par le feu des résidus de culture car les éléments radioactifs qu'ils contiennent pourraient être dispersés à nouveau dans l'atmosphère.

Il en va de même, bien entendu, pour les zones où la population n'a pas été confinée.

L'élimination des cultures

Lorsqu'on dispose d'informations officielles précisant que tout ou partie des productions de la commune est considérée perdue à la vente, il est possible d'envisager une culture de substitution.

Dans la zone où le confinement a été levé :

il n'y a pas de risques à effectuer l'élimination d'une culture s'il n'y a pas d'information contraire émanant des autorités. Cependant, il est préférable de commencer ces travaux sur des cultures ne générant que peu de poussières. L'enfouissement des végétaux conduira à augmenter légèrement la contamination du sol mais dans des proportions qui ne porteront pas à conséquence.

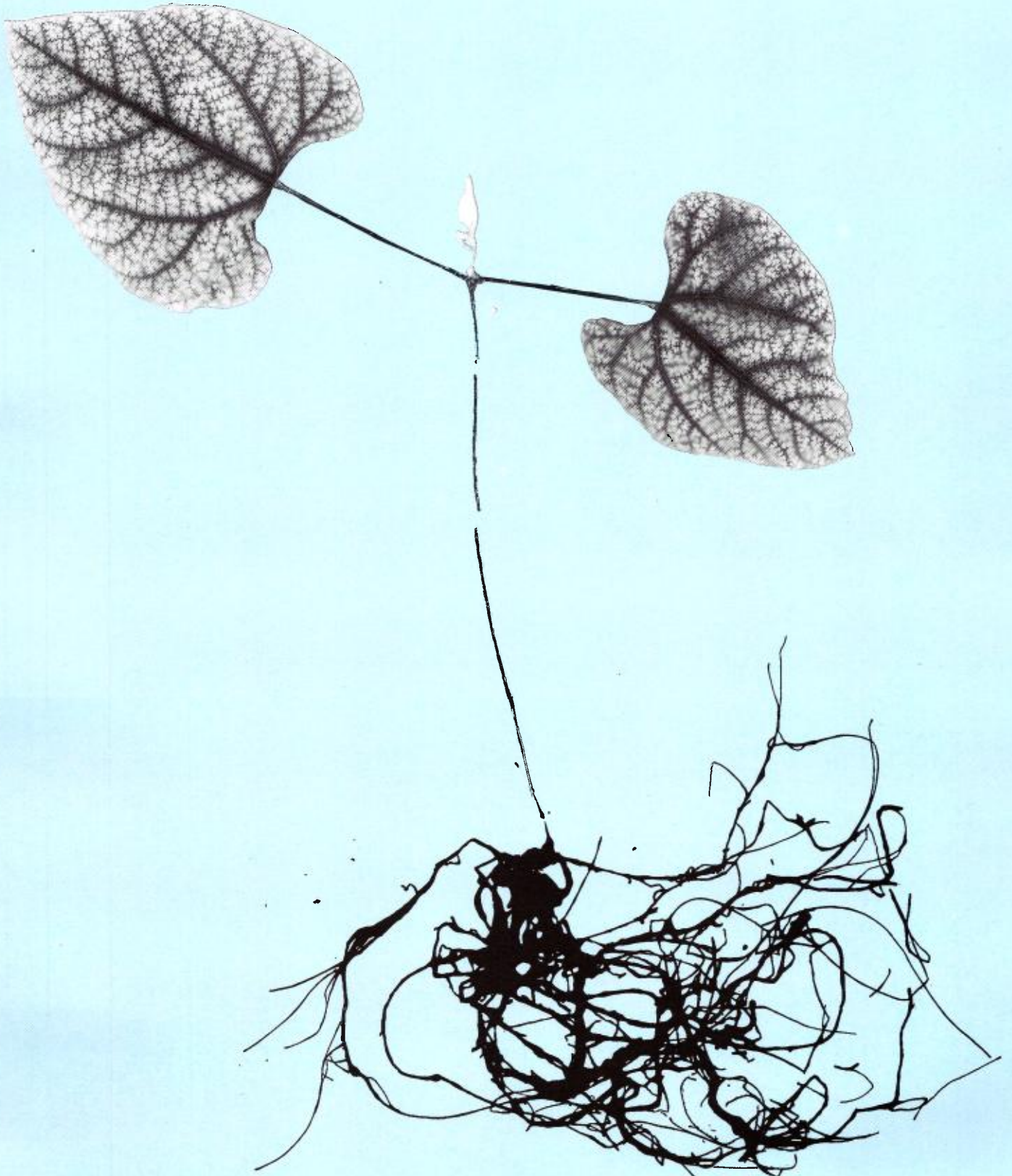
Dans la zone évacuée :

les opérations de récupération sont sous la responsabilité des autorités.

Après réhabilitation des sols, des contraintes culturelles pourraient subsister. Il s'agit principalement du choix des cultures. Les productions pauvres en matières minérales et riches en sucre ou amidon sont préférables.

L'apport de fumure et engrais solubles peut également être un moyen de faire baisser la radioactivité des plantes. Cependant le problème est **complexe** et une approche raisonnée est nécessaire pour la mise en oeuvre de la mesure à l'échelle de la parcelle.

*Autoradiographie d'une pousse.
Les parties plus foncées
correspondent à l'absorption
de substance radioactive.*





Comment se produisent les transferts de radionucléides

La prise de mesures de protection par l'éleveur suppose que celui-ci est autorisé à rester sur son exploitation et qu'il a respecté les mesures de protection recommandées par les autorités.

Le schéma suivant est à retenir :

Voie de transfert principale :	l'ALIMENTATION
avec, pour les adultes :	la RATION
	l'EAU D'ABREUVEMENT
pour les jeunes (mammifères) :	l'ALLAITEMENT
Les transferts par la voie respiratoire et au travers de la peau sont négligeables devant ceux de l'ingestion.	

Ce schéma implique que les transferts de radioactivité ont pour origine :

- le dépôt sur les organes aériens des plantes fourragères
 - surfaces toujours en herbe, prairies permanentes
 - parcours et landes paccagés
 - prairies artificielles et temporaires
 - maïs fourrage et autres plantes fourragères
- les transferts de radioactivité de la surface des feuilles aux graines ou aux organes de réserve des plantes.
 - céréales fourragères (orge, avoine, blé non panifiables)
 - maïs grain
 - tubercules et racines, fourrages (betteraves, topinambours)
- les produits récoltés et stockés utilisés en différé.
- la production fourragère atteinte par l'absorption racinaire à partir des dépôts sur le sol.

On se doit d'ajouter l'eau d'abreuvement (voir fiche N°14-3)

Les transferts directs sont quasi inexistants pour tous les animaux qui reçoivent presque exclusivement des produits préalablement stockés. C'est notamment le cas pour les élevages de porcins et de volailles.

Quels sont les risques encourus ?

La présence de radioactivité dans l'affouragement entraîne son transfert dans les produits d'origine animale

Ruminants	:	→	laits, viande, abats
Omnivores	:	→	viande et abats
Volaille	:	→	viande, abats et oeuf

qui sont consommés par l'homme en tant que produits frais ou en consommation différée (conserves, produits congelés).

Lors du passage du nuage radioactif

Après le passage du nuage radioactif



Pour l'homme

Le lait mérite une attention particulière car il peut être un vecteur important de certains éléments radioactifs (césium, strontium, iode...) ; d'autre part il constitue la base de l'alimentation des jeunes enfants dont le métabolisme particulier peut favoriser la fixation des éléments radioactifs dans l'organisme.

Les productions obtenues peuvent dépasser les niveaux maximums admissibles de radioactivité à respecter pour la commercialisation des produits alimentaires, ce qui peut aboutir à des contraintes d'utilisation voire à des destructions (voir fiche N° 7).

Des effets (mortels ou non) sur les animaux ne s'observent qu'à des niveaux d'exposition très élevés (voir fiche N° 9). Ils ne pourraient donc apparaître qu'en cas d'un accident majeur et dans la zone proche de cet accident, c'est-à-dire dans des circonstances où les problèmes posés à la population seraient très largement dominants.

En ce qui concerne les malformations à la naissance, il faut distinguer :

- le cas des embryons irradiés pendant l'accident en raison de la grande sensibilité des tissus du fœtus pendant les premières semaines de la vie. Ces malformations ne sont pas transmissibles.
- le cas de la mutation génétique (exposition des géniteurs). Le phénomène est alors transmissible. Cependant, ces mutations produisent généralement des embryons non viables, ce qui se traduit au niveau de la production par une baisse de fertilité.

Là encore, une augmentation de la fréquence spontanée de tels effets ne peut correspondre qu'à une situation où la protection de la population serait largement prioritaire.

La pratique de l'insémination artificielle et la protection des géniteurs de grande valeur doit permettre d'éliminer ce type d'effets.

Comment se protéger ?

- **dès l'accident**, et le plus rapidement possible, en retirant les bêtes du pâturage et en arrêtant la distribution de fourrage frais ;
- ultérieurement **en maintenant** les bêtes à l'étable et en les nourrissant avec des fourrages récoltés avant l'accident ou provenant de régions non affectées ;
- **en choisissant** si possible l'eau d'abreuvement (voir fiche N° 14-3)
- le cas échéant, **en administrant** aux animaux des substances susceptibles de réduire l'absorption intestinale des éléments radioactifs (voir fiche N° 13-5).

Bien entendu, la mise en oeuvre de ces mesures est fonction de la situation et sera déterminée par les autorités compétentes. Dans la mesure où cette mise en oeuvre nécessite des déplacements de l'agriculteur à l'extérieur, des précautions particulières doivent être prises dans la zone de confinement (voir fiche N° 13).





Comment se produit la contamination ?

D'une façon générale, les modes de contamination sont les mêmes que pour les productions végétales. La répartition des dépôts radioactifs est hétérogène. Elle dépend des caractéristiques géographiques, des écosystèmes, des conditions météorologiques de l'environnement traversé par le nuage. Les dépôts en conditions humides (pluie, brouillard, neige) sont plus importants qu'en conditions sèches.

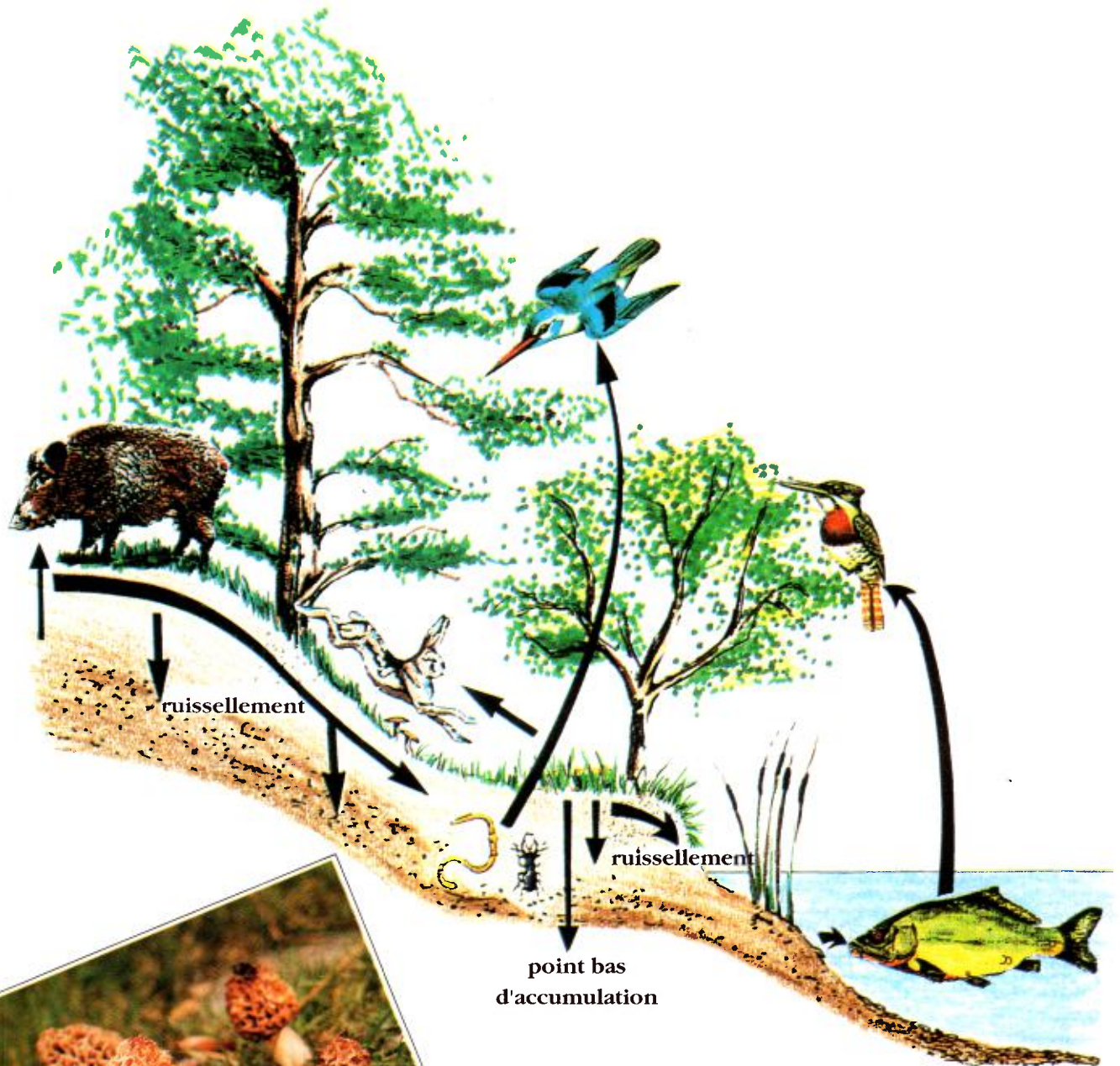
S'il y a dépôt sec lors du passage du panache, le dépôt reste fixé sur le feuillage des plantes ou sur le point de dépôt au sol.

Lorsque la pluie est abondante et de longue durée, une grande partie peut être entraînée vers les points bas par le ruissellement. Après l'accident de Tchernobyl, les activités les plus élevées par unité de surface ont été observées en montagne : ces zones se caractérisent par des précipitations plus abondantes et un ruissellement sur les pentes abruptes plus important.

On peut distinguer différents milieux récepteurs morphologiquement différents où les dépôts ont un comportement particulier :

- **Les surfaces enneigées d'altitude.** La neige, qui a un bon pouvoir de lessivage du nuage, bloque provisoirement la radioactivité. Elle la redistribue lors de la fonte.
- **Les plans d'eau** (marécages, étangs, lacs) sont des points d'accumulation des radionucléides entraînés par le ruissellement ; plus le rapport surface/profondeur de l'étendue d'eau est important, plus les concentrations de la radioactivité dans l'eau risquent d'être élevées.
- **Les surfaces d'éboulis et de rocaillies de montagne** fixent faiblement la radioactivité.
- **Les alpages, prairies naturelles**, jachères où l'herbe fixe la majeure partie de la radioactivité déposée.
- **Les sols sans couvert forestier.** Les capacités de rétention du sol sont élevées mais la déclivité joue un rôle considérable sur l'hétérogénéité de la répartition.
- **Les sols avec couvert forestier.** En forêt dense, la couronne des arbres de première grandeur fixe les radionucléides. En tombant, les feuilles ou les aiguilles entraînent au sol les radionucléides qui s'accumulent dans la litière où ils sont fortement fixés et ils ne migrent que lentement en profondeur. Le ruissellement n'entraîne ces radionucléides vers les points bas que très progressivement.

Transfert dans le milieu naturel



Quels sont les risques encourus ?

A moyenne ou longue distance du lieu de l'accident, les risques résultent de la possibilité d'existence de points d'accumulation de radioactivité. Certains de ces points soumis à l'action du milieu physique et vivant peuvent être à l'origine d'une nouvelle redistribution dans l'environnement.

Les risques pour l'individu peuvent résulter de l'exposition externe lors du séjour dans le milieu naturel notamment à un point d'accumulation ainsi que de l'exposition interne consécutive à la consommation de produits naturels et en particulier s'ils proviennent de ces points d'accumulation.

Certains produits alimentaires peuvent concentrer la radioactivité plus fortement que d'autres en raison de certaines particularités comme :

- **la forte densité des parties aériennes de la plante**, qui retiennent mieux le dépôt ;
- **la forme du système racinaire** qui draine le sol à plus ou moins grande profondeur ;
- **l'habitat**, notamment la nature du sol ;
- **le mode particulier de production**.

Quelques cas particuliers : vrais et faux problèmes

Après l'accident de Tchernobyl, ont été mis en cause certains produits directement issus du milieu naturel comme les plantes aromatiques et produits pour infusion (le thym notamment), les champignons, les escargots et le miel.

D'une façon générale, il s'agit de produits dont la consommation est faible : aussi, le risque potentiel qu'entraîne leur consommation restera faible même si leur contamination peut être 10 à 100 fois plus élevée que celle des productions courantes. Par exemple :

Le thym

se caractérise par une très grande densité d'occupation du sol et retient bien le dépôt ; on estime que sa contamination peut être environ 10 fois plus élevée que celle d'un légume de type salade soumis au même dépôt. Comme on en consomme très peu (en moyenne 150 g/an), le thym ne pose pas de problème particulier.

Les

champignons

certaines espèces de champignons sauvages présentent des niveaux de contamination plus importants que d'autres, jusqu'à 100 fois plus pour quelques espèces. La grande majorité des champignons n'est pas concernée ; la consommation annuelle par individu étant faible, les champignons ne présentent pas non plus de risque particulier. L'expression de la contamination par rapport **au poids sec** est trompeuse et ne doit pas être utilisée ; cette remarque a du reste un caractère général.

Après l'accident de Tchernobyl, les observations suivantes ont été faites concernant le césium 137 dans les champignons sauvages :

- En milieu herbeux, aucun problème ne semble se poser.
- La contamination des champignons qui poussent sur le bois reste faible.
- En milieu forestier à sol riche en matière organique, il n'y a pas non plus de risque particulier.
- Les résultats sont très variables dans les autres conditions de sols forestiers.

Le groupe des bolets (en particulier Xerocomus) et celui des Lactaria (en particulier amethystina) ont présenté les niveaux de contamination les plus élevés.

Les autres champignons comestibles dont la radioactivité a été mesurée (lepiotes, pieds-bleus, chanterelles, craterelles, pieds de moutons, morilles...) n'ont pas présenté en général de contamination importante.

ils étaient soupçonnés de concentrer la radioactivité du fait de leur mode de vie. Les mesures faites après l'accident de Tchernobyl ont montré qu'il n'en était rien.

son mode de production a pu laisser penser qu'il serait contaminé de façon importante. Cette hypothèse n' a jamais été confirmée.

indigènes ou migrateurs en provenance de la zone accidentée peuvent avoir des modes de vie qui aboutissent à l'accumulation d'éléments radioactifs dans leur chair (consommation de la faune souterraine : insectes, lombrics ; consommation de baies contaminées...). Le gibier est plus contaminé que le cheptel qui vit dans la même région.

des étendues d'eau qui collectent les eaux de ruissellement ont présenté après l'accident de Tchernobyl des niveaux d'activité plus élevés que ceux vivant dans les cours d'eau.

La commercialisation du **bois** des zones intermédiaires ou lointaines ne devrait pas poser de problème dans la plupart des cas. Pour le bois, la forêt de production (bois d'oeuvre, bois d'industrie, bois de feu) peut être exploité, après avis des autorités.

Comment peut-on s'en protéger ?

Si les niveaux de contamination sont très élevés (zone très proche), le milieu naturel peut être réhabilité selon les directives données par les autorités (défoliation, aspiration, décapage,...).

(la dizaine de km)

Les niveaux de contamination peuvent être élevés, et conduire à la mise en place de mesures d'évacuation ou de confinement.

Il est totalement exclu, même après levée de ces mesures, d'utiliser le milieu naturel (promenade, chasse, pêche, cueillette...). Des consignes seront données en ce sens par les autorités.

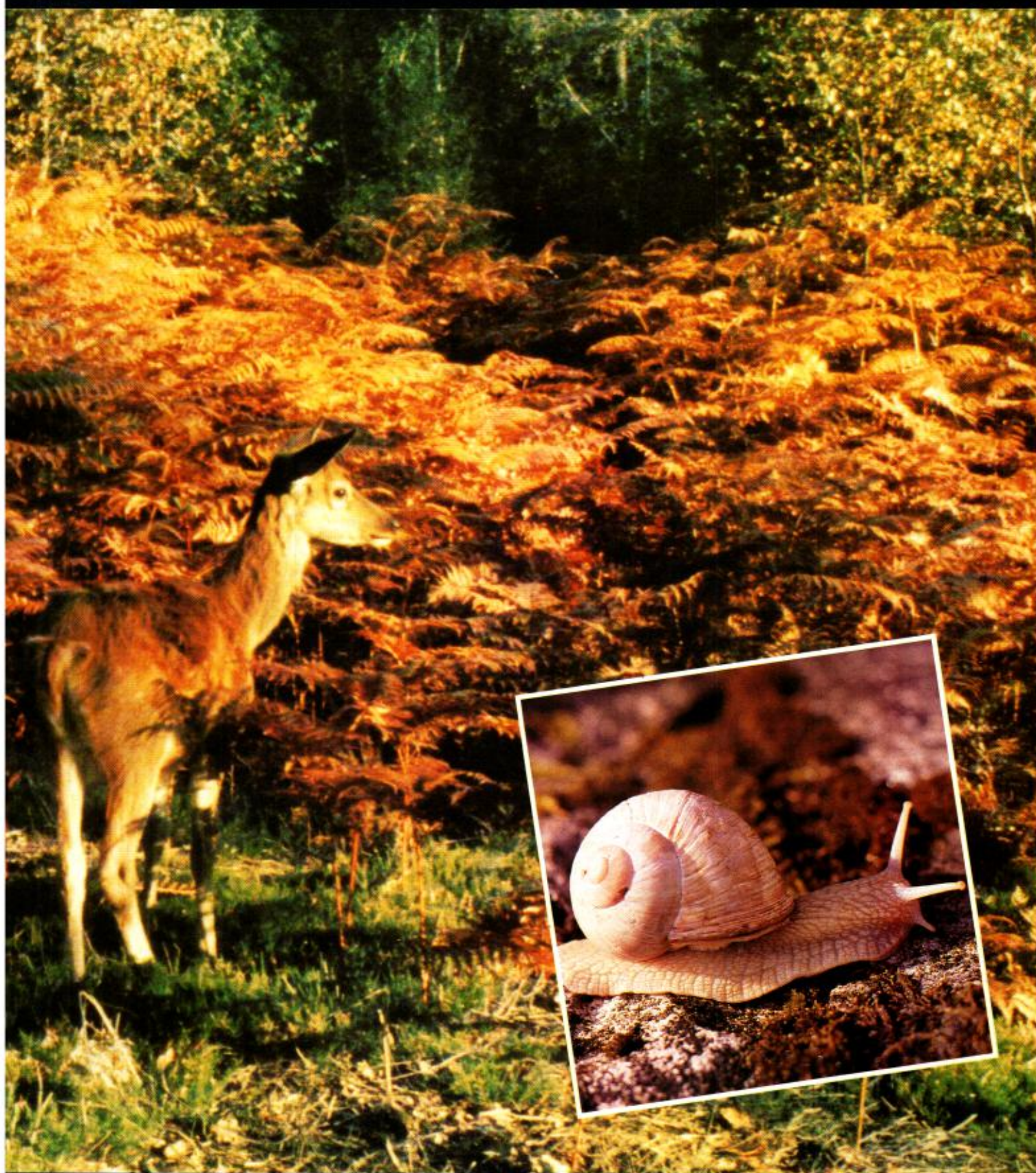
(la centaine de km)

Avant de poursuivre les activités habituelles utilisant le milieu naturel, il faut attendre qu'une meilleure évaluation de la contamination des sites ait été obtenue, notamment la localisation d'éventuels points d'accumulation exceptionnelle due par exemple au ruissellement.

Il faut également prévenir l'incendie qui est susceptible de remettre en suspension et disperser les radionucléides déposés.

(le millier de km)

Il n'y a a priori aucune raison de limiter les utilisations habituelles du milieu naturel.





Comment se produit la contamination ?

Par dépôt

à partir de l'atmosphère,

notamment sur les toitures et les murs pour ce qui est des bâtiments. Dans le cas du matériel agricole, la poussière et les souillures par la terre lors de leur utilisation jouent un rôle important.

Par contact

avec des produits contaminés

lorsqu'il s'agit du matériel utilisé pour leur collecte, leur transport, leur stockage ou leur transformation.

Quels peuvent être les risques encourus ?

Les bâtiments et le matériel contaminés constituent une source d'exposition externe pour les personnes qui les approchent ou les utilisent. Quant au matériel de collecte, de stockage, de transport et de transformation de produits destinés à l'alimentation, son utilisation ultérieure risque de contaminer des produits qui ne l'étaient pas, ou peu.



Cependant :

Il ne faut pas oublier que les bâtiments jouent aussi un rôle protecteur vis-à-vis de la contamination atmosphérique (cf fiche N° 14 Atmosphère) :

- pour les personnes
- pour les produits destinés à l'alimentation humaine et du bétail.
- pour les animaux.

Comment se protéger ?

En

décontaminant

un simple lavage à l'eau, si possible sous pression, peut avoir une bonne efficacité.

Cette décontamination est indispensable lorsqu'il s'agit de réoccuper une zone fortement contaminée et évacuée. Dans ce cas, elle est effectuée par des équipes spécialisées qui prennent les précautions éventuellement nécessaires :

- port de vêtements étanches, de gants, de masques...
- élimination de ces vêtements, rinçage... après travail
- récupération de l'eau de lavage devenue contaminée.

Dans les autres cas, il n'est qu'exceptionnellement nécessaire de procéder à une décontamination des bâtiments et du matériel.

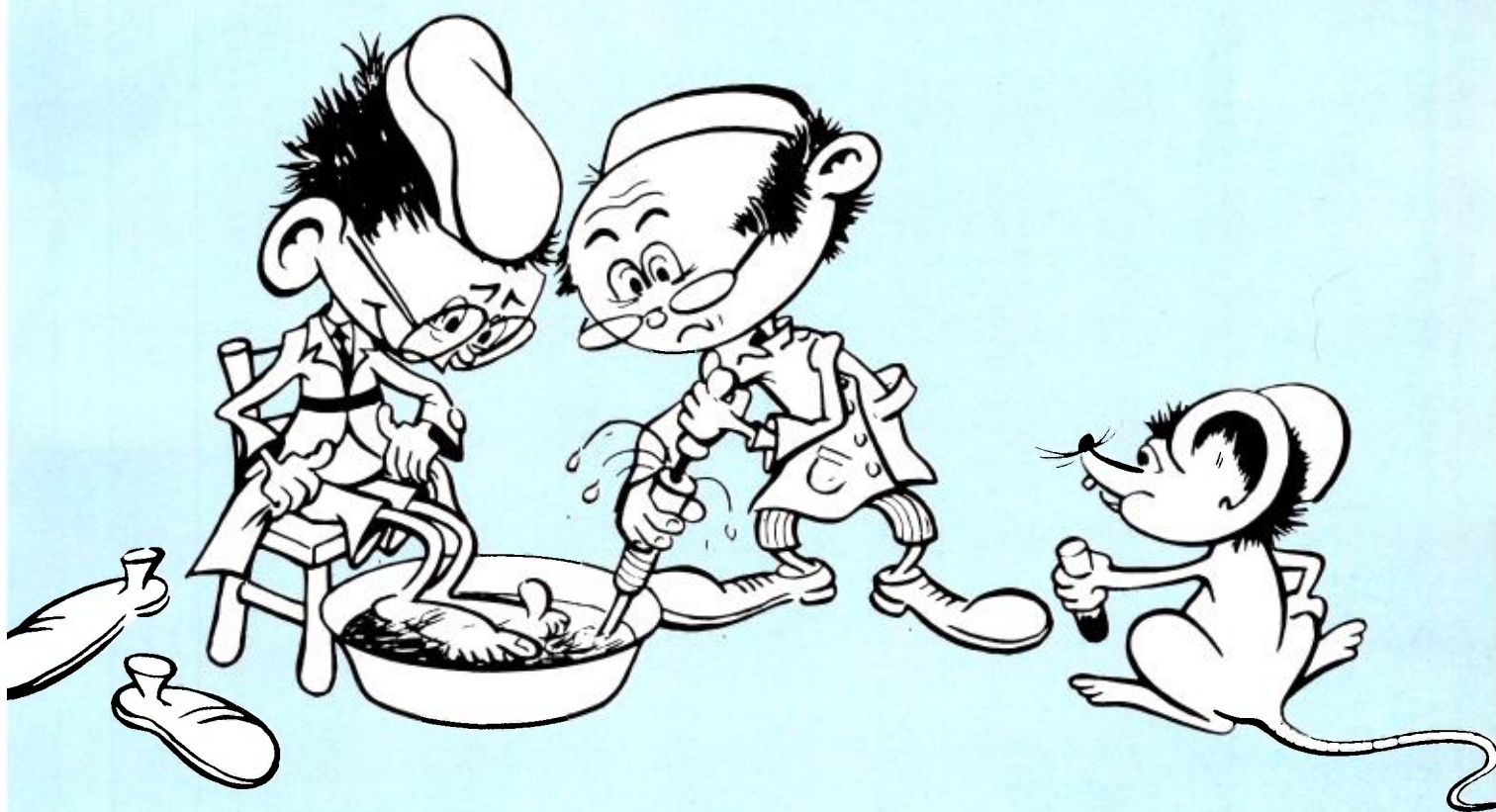
Cependant, à titre de précaution, dans les zones intermédiaires, on peut prendre certaines dispositions simples qui sont en fait des mesures d'hygiène courante.

Par exemple :

- porter des vêtements de travail lors des travaux agricoles pour éviter la contamination directe de la peau par les poussières ;
- retirer ces vêtements avant de pénétrer dans les locaux d'habitation ;
- rincer au jet les matériels agricoles avant leur rentrée ;
- rincer les matériels ayant pu contenir des produits alimentaires contaminés.

Les eaux de rinçage peuvent être évacuées sans précautions particulières puisque, dans ce cas, les niveaux de contamination sont assez faibles.



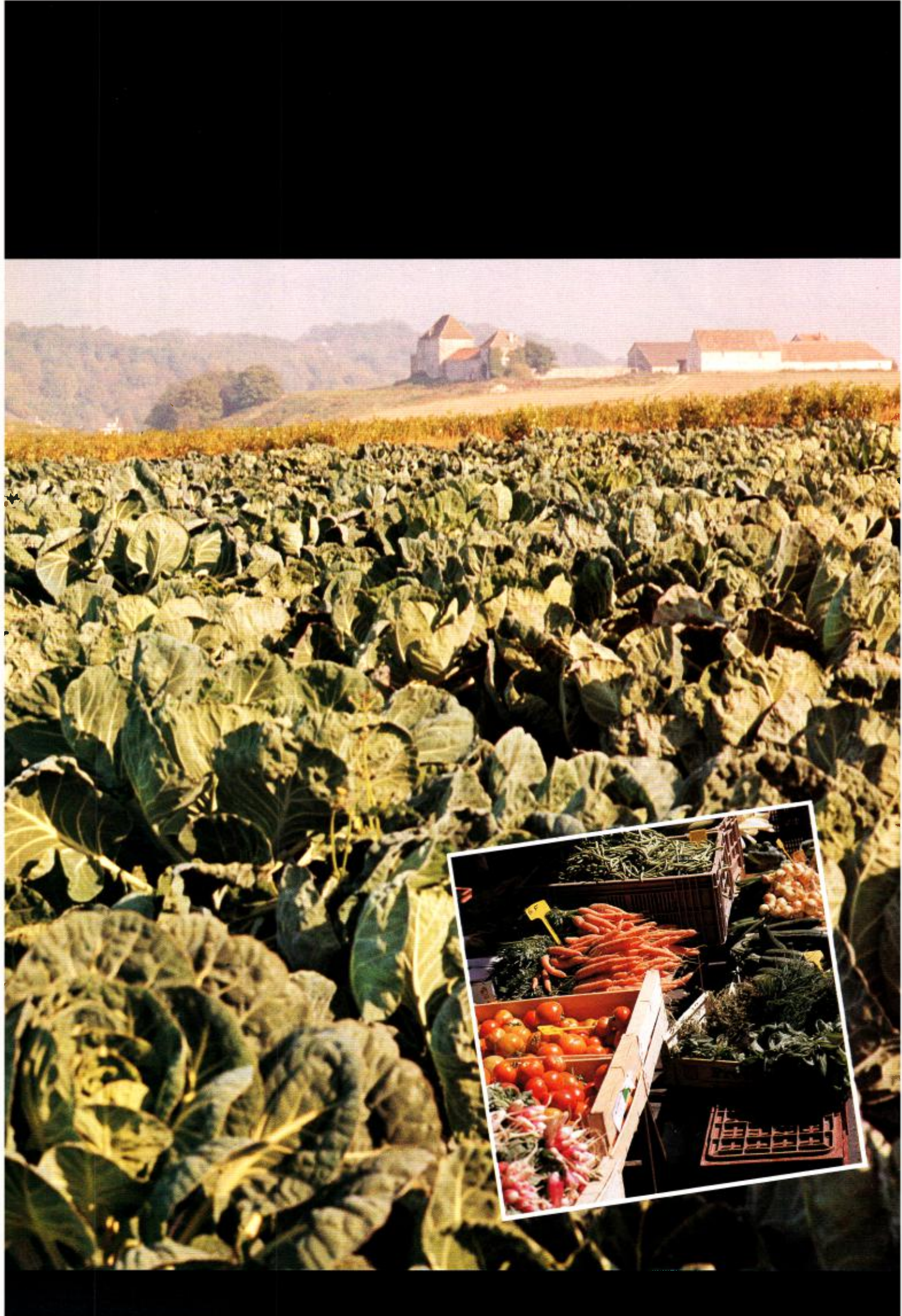




15

Les productions

- 1 Fruits et légumes
- 2 Production et gestion des fourrages
- 3 Production du lait à la ferme
- 4 Le lait : son utilisation par la laiterie
- 5 La viande
- 6 Les céréales
- 7 La vigne
- 8 La pisciculture



Voir aussi la fiche N° 14-1

Comment se produit la contamination ?

2 voies principales

directe
indirecte

dépôt sur les parties aériennes des plantes.

absorption racinaire à partir du sol.

Dépôt sur les parties aériennes

Les caractéristiques de cette voie d'atteinte sont les suivantes :

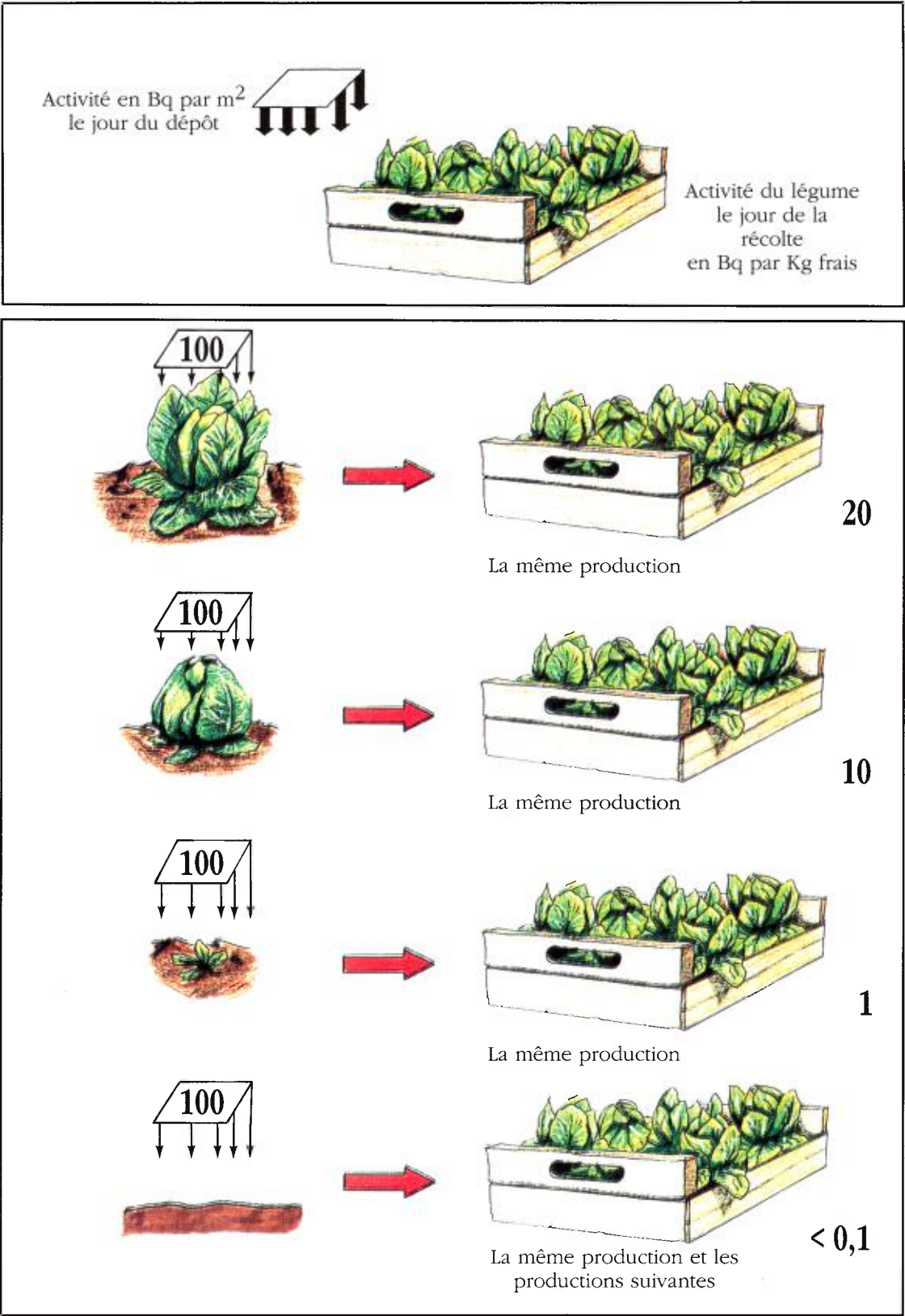
- la contamination se produit dès l'arrivée de la contamination atmosphérique et atteint très vite son maximum. La pluie augmente le phénomène.
- à l'exception des gaz, tous les éléments radioactifs présents dans l'atmosphère peuvent contaminer.
- la contamination résultante est d'autant plus importante que la capacité d'interception du dépôt est grande.

Par ordre décroissant on trouve :

- les légumes feuilles (salades, épinards, choux...)
- les légumes type haricot vert, chou fleur
- les légumes fruits (exemple tomate) et les fruits.
- la contamination résultante dépend aussi du stade végétatif au moment du dépôt : plus le stade de développement est avancé, plus la rétention est importante (voir les schémas N° 1 - 2 et 3).
- les racines et tubercules ainsi que les parties protégées par des enveloppes (petits pois, graines de céréales...) ne peuvent être atteintes directement ; il en est de même pour les cultures sous serre.
- une fraction de la radioactivité déposée peut cependant pénétrer à l'intérieur du végétal et se répartir dans tous les organes : cette fraction dépend du radionucléide. Par exemple, le césium pénètre facilement, le strontium moins, et le plutonium très peu.
- le dépôt sur les surfaces s'élimine naturellement (lessivage par la pluie, desquamation, disparition du végétal...). Les repousses et les cultures n'ayant pas encore levé lorsque se produit le dépôt sont épargnées. Cette élimination, qui résulte de mécanismes physiques, se caractérise par une "période" qui, associée à la période de décroissance radioactive, donne la période effective d'élimination (voir fiche N° 4).

Transfert du césium aux légumes feuilles

(Schéma 1)



Transfert du césium aux légumes (hors feuilles)

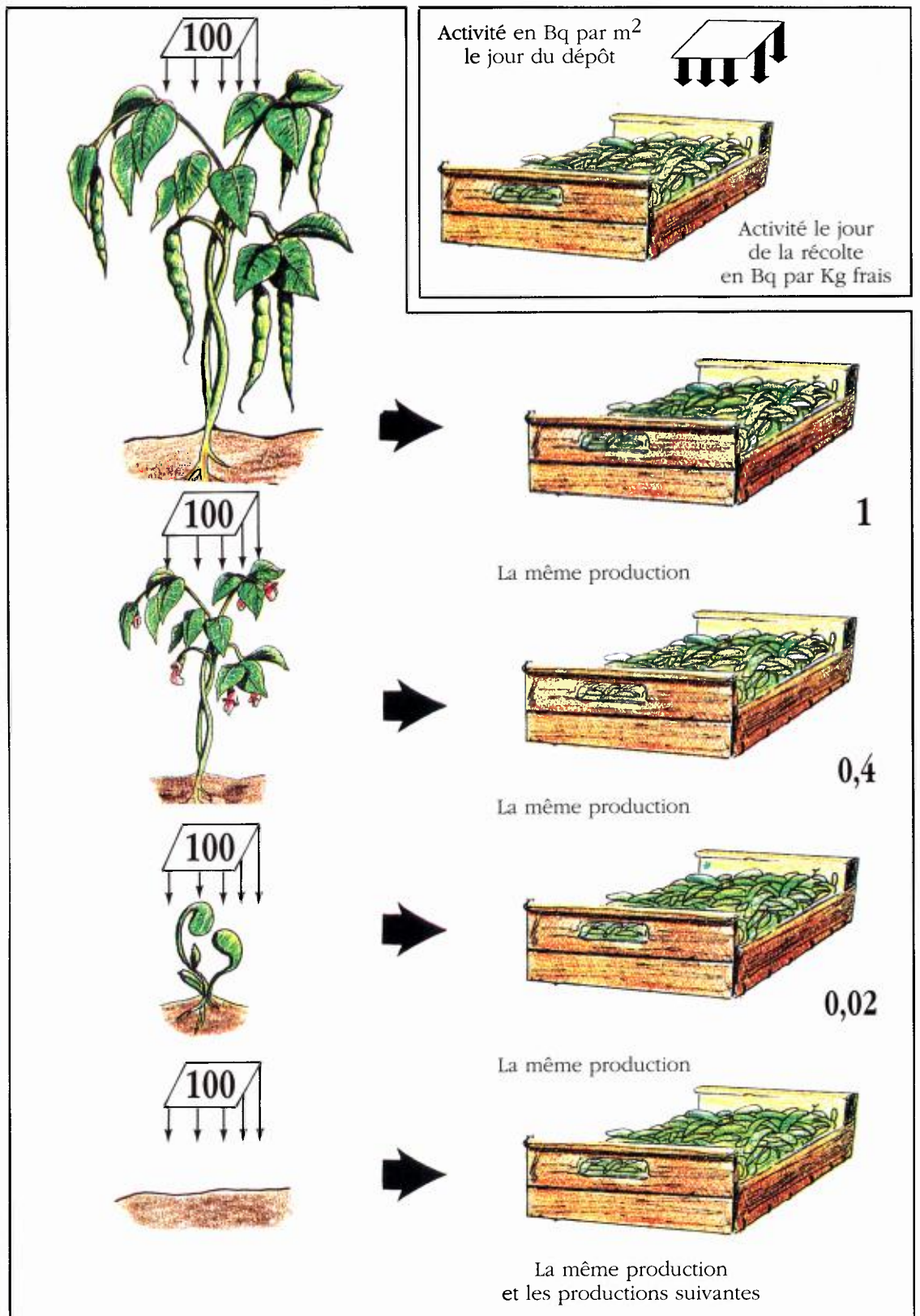
(Schéma 2)

A maturité

Floraison

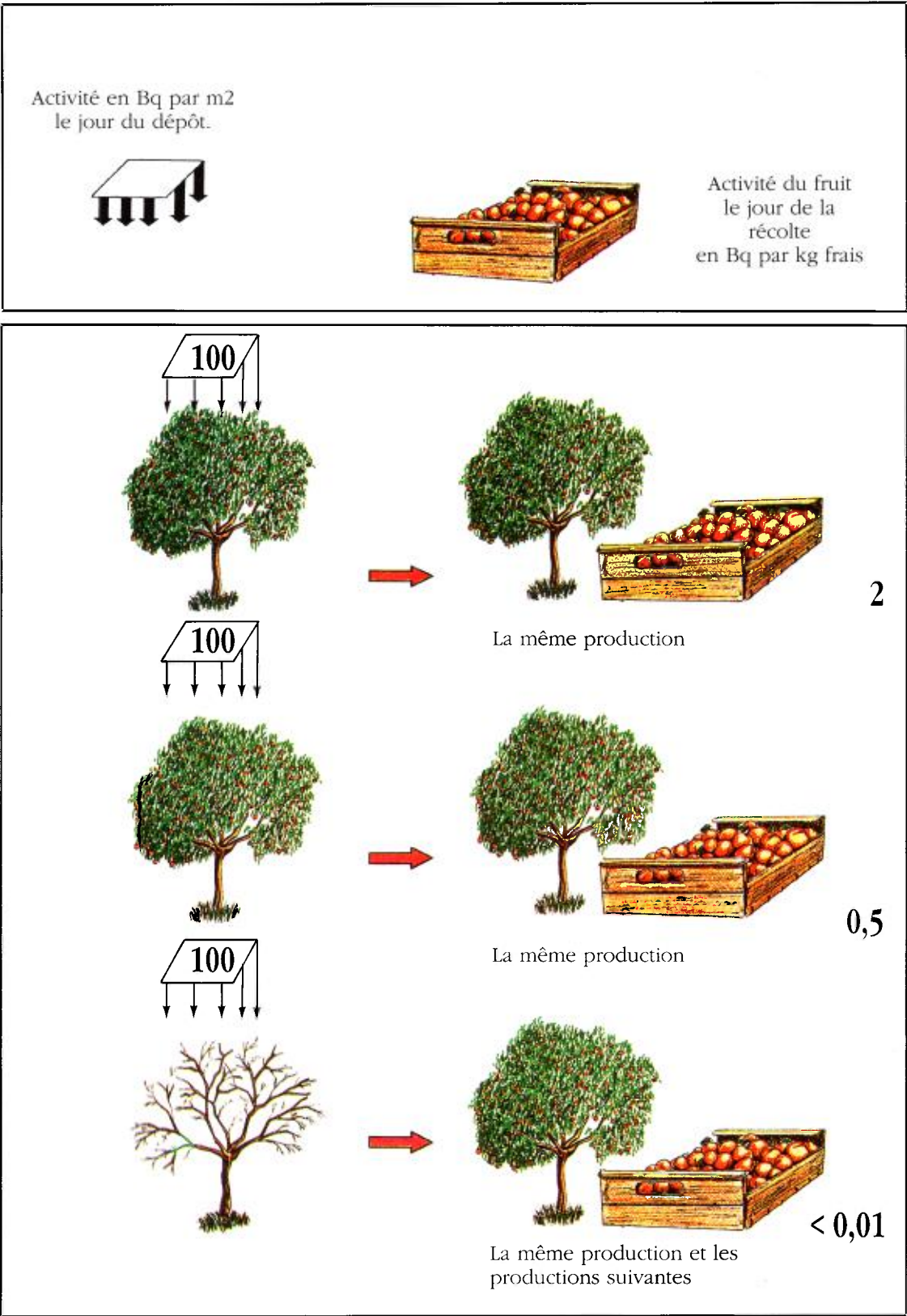
Premières
feuilles

Sol nu



Transfert du dépôt de césium aux fruits

(Schéma 3)



1 mois
avant la récolte

5 mois
avant la récolte

Sol à découvert

Absorption racinaire des radionucléides présents dans le sol.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- la contamination se manifeste peu à peu au fur et à mesure que les radionucléides se répartissent dans la couche racinaire.
- tous les radionucléides ne sont pas absorbés de la même façon : le strontium, l'iode sont assez bien absorbés, le césium moins bien, et le plutonium très peu.
- la nature du sol influence beaucoup les transferts au végétal : les sols acides, sableux, à faible capacité d'échange sont favorables à des transferts plus élevés que les sols lourds, argileux.

- le travail du sol (labour) et l'apport de fertilisants influent sur les transferts.
- le phénomène se poursuit tant que le radionucléide est présent dans la zone racinaire. Pour un dépôt donné, l'absorption racinaire entraîne un niveau de contamination beaucoup plus faible que le dépôt direct sur les parties aériennes.



Exposition interne

La consommation de fruits et légumes contenant des éléments radioactifs peut être à l'origine d'une exposition interne.

Quels sont les risques encourus ?

Comment s'en protéger ?

La façon la plus efficace de se protéger est d'éviter de consommer des fruits et légumes contaminés. Il est évident qu'il s'agit là d'une mesure extrême qui sera décidée par les autorités en cas d'absolue nécessité (niveaux de contamination très élevés).

Dans les zones proches du lieu de l'accident, il est recommandé d'éviter de consommer des légumes verts tant que les autorités ne se seront pas prononcées.

D'autres mesures, moins contraignantes, sont cependant possibles :

elles se limitent aux cultures sous abri : l'obturation des ouvertures, l'arrêt de la ventilation réduiront les apports directs.



titre préventif

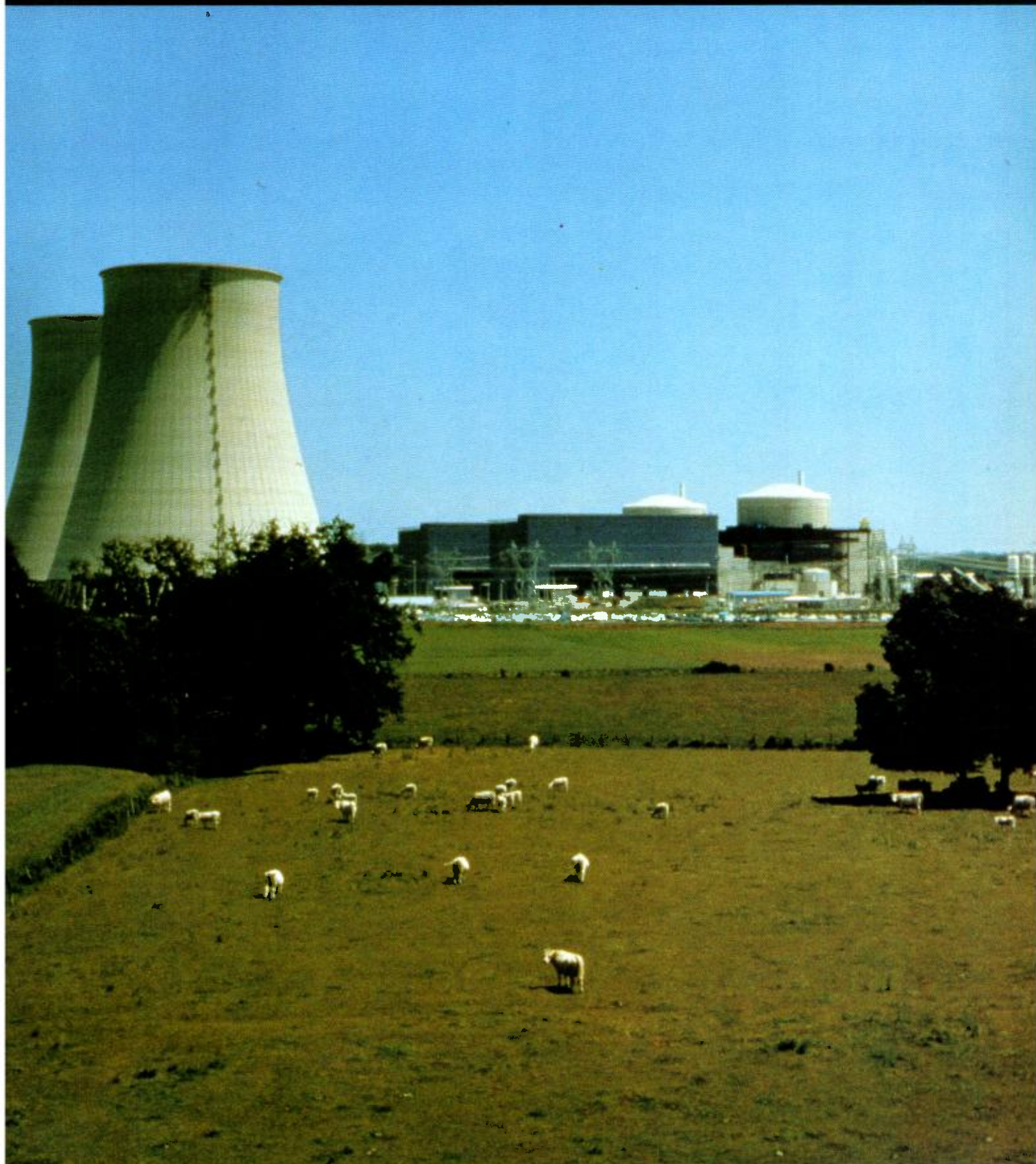
A titre curatif

il peut être conseillé :

- de consommer de préférence les parties non directement soumises au dépôt,
- de laver soigneusement les légumes, d'éliminer les feuilles externes, d'ôter les peaux et enveloppes,
- de différer la consommation (conserves) en cas de contamination par des radionucléides à vie courte (iode 131 par exemple).

Si, en zone très proche, les cultures en place devaient être détruites, des précautions devront être prises pour assurer la protection des personnes qui en seront chargées (manipulation des produits, inhalation de poussière,...) et pour éviter de provoquer des contaminations secondaires à partir des produits récoltés (enfouissement ou stockage). Ces opérations seront effectuées sous le contrôle des autorités.

Les productions qui seraient à un stade végétatif très peu avancé au moment du dépôt et les cultures qui seront faites après dépôt seront atteintes seulement par absorption racinaire. Les autorités disposent du temps nécessaire pour apprécier cette situation, qui ne pourrait poser problème qu'en zone proche du lieu de l'accident.





Les transferts directs de radioactivité

Ils résultent de la captation des retombées du nuage radioactif par les parties aériennes des plantes lors de dépôts secs ou humides.

Ils sont responsables des conséquences immédiates d'un accident et sont à l'origine de mesures de protection qui doivent être prises sans délai en cas de nécessité.

Les surfaces toujours en herbe

Elles sont exploitées pour la production de foin et pour la pâture. On doit retenir :

- qu'une coupe après le dépôt, destinée à la production de foin ou d'ensilage, conduira à différer le transfert de radioactivité aux animaux au moment de sa distribution, c'est-à-dire, l'hiver suivant dans la plupart des cas. La réduction de la radioactivité liée à la décroissance radioactive n'interviendra que pour les radionucléides à vie relativement courte (de l'ordre du mois ou moins).

- qu'une exploitation de ces mêmes surfaces pour la pâture doit s'effectuer en tenant compte que la contamination due au dépôt sur les parties aériennes des végétaux sera significative **pendant environ deux mois** seulement en raison :

- de la décroissance radioactive des radionucléides déposés pour les isotopes à vie courte.
- de la diminution de l'activité rapportée au poids frais en raison de la croissance des plantes.
- de l'élimination naturelle du dépôt sur les parties aériennes.
- de la consommation de l'herbe par le cheptel, les repousses n'ayant pas été soumises au dépôt direct.

Les mêmes considérations s'appliquent aux prairies artificielles et temporaires.



Les céréales fourragères

Sous forme de grain

L'atteinte du grain dépend du stade végétatif au moment du dépôt (voir fiche N° 15-6).

- s'il survient juste avant la moisson, les transferts de radioactivité aux grains sont inexistant, tout au moins lorsqu'il s'agit de grains protégés (cas du blé).
- s'il survient aux différents stades du développement (floraison, début maturité, mi-maturité) les radionucléides sont plus ou moins métabolisés et transférés au grain. Les concentrations sont plus élevées dans les enveloppes (parties minéralisées).

Les tubercules et racines fourragères

Surfaces toujours en herbe (STH)

Surfaces travaillées

Sous forme de plante

C'est essentiellement le maïs fourrage qui est concerné. Deux phénomènes jouent en sens inverse :

- la captation du dépôt est importante : de l'ordre de 80 %.
- la radioactivité rapportée au poids frais est plus faible comparativement à d'autres productions en raison des rendements très élevés (700 quintaux/hectare en matière fraîche). Il faut aussi tenir compte du fait que les rations sont plus importantes.

Les transferts directs dans les tubercules et les racines (betteraves, carottes, topinambours, etc.) sont nuls si la récolte a lieu immédiatement après le dépôt.

Ils peuvent se produire, mais de façon limitée, si la récolte a lieu quelques semaines à quelques mois après le dépôt car la plante peut métaboliser une partie des radionucléides déposés sur les parties aériennes.

Les transferts indirects de radioactivité

Ils concernent les transferts sol ———> plante dus à l'absorption racinaire et dépendent :

- de la nature (espèce végétale) des productions
- des caractères agronomiques des sols.

L'absorption racinaire se fait à deux niveaux :

- la couche superficielle constituée par un feutrage de racelles et de débris végétaux.
- la couche sous-jacente correspondant au système racinaire profond, équivalente à la couche arable.

Pour les isotopes du césium il faut signaler que les transferts indirects sont largement favorisés dans les parties basses où l'humidité est à l'origine d'une végétation particulière (zones de tourbières).

Les caractères agronomiques des sols jouent un rôle important :

- pour les isotopes du césium, les facteurs suivants favorisent l'absorption racinaire :
 - sols acides (pH bas)
 - faible capacité d'échange (faible taux d'argile)
 - manque de potasse
 - sols sableux

La présence d'argile limite les transferts racinaires en raison de son pouvoir adsorbant élevé et souvent irréversible.

- pour les isotopes du strontium, les transferts sont d'autant plus importants que le sol demande des amendements, notamment en cas d'acidité et de faible capacité d'échange en calcium.

Aspects pratiques

Généralement, les transferts indirects (par le sol) sont beaucoup moins importants que les transferts directs (par le dépôt sur les parties aériennes). Pour un élément comme le césium, la différence est d'environ 100.

Mais à l'inverse des transferts directs, les transferts indirects peuvent se maintenir pendant plusieurs années.

En cas de crise, des recommandations seront données par les autorités pour la gestion des parcelles productrices (choix des productions, assolements, amendements). Ces mesures concernent le moyen terme : elles ne présentent pas le même degré d'urgence que celles qui sont à appliquer en cas de contamination directe par dépôt.

Comportement de l'éleveur

En cas d'accident, l'éleveur peut être amené à gérer ses ressources de produits fourragers avec certaines contraintes.

Par définition, ce sont des produits qui ne sont pas atteints par les transferts de radioactivité en raison de leur récolte antérieure à l'accident et des modalités de stockage (produits secs dans les granges, grains et ensilage dans des silos).

On peut considérer que les produits en bottes à l'extérieur des bâtiments sont des fourrages stockés : les transferts de radioactivité sont minimes (grand volume par rapport à la surface exposée) et ceci d'autant plus qu'il y a empilement.



L'éleveur doit apprécier qualitativement et quantitativement les possibilités d'affouragement en l'absence de produits frais (ration d'entretien et ration de production). Il peut être amené à indiquer aux autorités :

- son autonomie à partir des stocks de son exploitation,
- ses besoins si les autorités et les syndicats organisent des livraisons de fourrages en provenance de régions indemnes.

Fourrages frais

Selon les modalités de transfert décrites plus haut on peut distinguer pour les productions exposées aux retombées du nuage :

• les fourrages à l'origine de transfert élevé

- herbe de pâture,
- foin en cours de ramassage,
- coupes exposées des prairies artificielles et temporaires,
- fourrage maïs.

• les fourrages à transfert moindre

- tubercule et racine (lavage avant distribution),
- graine de céréale fourragère.

Cette classification peut être à l'origine de recommandations de la part des autorités sur l'utilisation ou la non-utilisation de certaines productions (enfouissement sur place).

Gestion
des parcelles
productrices

Remarque ►

La destruction par enfouissement sur place des productions fourragères exposées aux retombées du nuage pourrait être envisagée principalement pour l'herbe et le foin des prairies naturelles et artificielles. Cette mesure de protection dépend des niveaux d'activité en cours et du moment de l'année de l'accident. Dans certaines circonstances (début de croissance), cette pratique peut être facile à réaliser ; elle évite les problèmes de transfert différés dans l'utilisation sous forme de foin.

Le tableau ci-dessous fournit quelques données quantitatives sur les mécanismes décrits dans cette fiche.

Quelques données quantitatives
sur la production fourragère

Prairies permanentes artificielles et temporaires

les parties aériennes retiennent :

- 20 % du dépôt par temps sec
- 10 % du dépôt par temps de pluie (*)

Maïs fourrage

80 % du dépôt est retenu. Le rendement élevé (700 quintaux hectare) dilue l'activité rapportée au kilogramme frais

Production des graines fourragères
et des racines ou tubercules.

L'accident intervenant avant la récolte ou le stade maturité.

Si on considère la radioactivité retenue par les feuilles sur un mètre carré de production on retrouve les pourcentages suivants de cette radioactivité dans les graines ou les tubercules :

	Strontium	Iode	Césium	Plutonium
Graines	0,1	0,1	0,4	0,01
Racines et tubercules	0,01	0,1	0,2	0,01

(*) ne pas oublier que le dépôt est plus important par temps de pluie.





Production de lait à la ferme

Comment se produisent les transferts de radioactivité

- Les transferts de radioactivité dans le lait ont pour origine principale la présence de radionucléides dans l'affouragement des animaux.

Les transferts sont immédiats (quelques heures après le dépôt) et atteignent en quelques jours leurs niveaux maximums pour les animaux en libre pâture ou en stabulation et nourris en fourrage frais.

L'abreuvement peut jouer un rôle et (fiche N° 14-3) les eaux issues des nappes phréatiques (puits, sources, captages) retardent et diminuent les transferts alors que les eaux de surface et de pluie recueillies en citerne peuvent la favoriser.

Les transferts peuvent être inexistants pour des animaux nourris avec des fourrages stockés à l'abri des retombées, ce qui est souvent le cas pendant l'hiver et au début du printemps avant la mise sur les pâturages.

Remarque ►

concernant le lait d'ovins et de caprins

On a toujours observé que, dans des conditions comparables, le lait de chèvre était plus contaminé que le lait de vache ; il en est de même pour le lait de brebis. Ceci est dû à un métabolisme différent (le lait des petits ruminants est plus minéralisé) et à un mode d'alimentation qui comprend le broutage d'arbustes. Ces facteurs pourraient amener des différences dans l'application des mesures sanitaires.

Le tableau ci-dessous donne quelques repères sur les délais d'apparition des radionucléides dans le lait et la durée de ces transferts.

Caractéristiques des délais d'apparition de la radioactivité dans le lait pour des animaux en libre pâture sur une surface exposée aux retombées.

	Délais d'apparition	Délais pour atteindre l'activité maximale	Délais pour le retour au 1/10 de l'activité maximale
Isotopes de l'iode	2 à 3 heures	3 jours	25 jours
Isotopes du césium	5 à 6 heures	8 jours	60 jours
Isotopes du strontium	5 à 6 heures	7 jours	50 à 60 jours

Exposition interne

Par des mesures
préventives
visant
à limiter
les transferts.

Quels sont les risques encourus ?

- à la suite de la consommation du lait en tant que tel mais aussi de tous les produits dérivés de sa transformation.
- à la suite de la consommation de viande d'animaux nourris avec des sous-produits laitiers (veaux, agneaux de lait, chevreaux, porcs...). Cette voie de transfert concerne particulièrement la production de veau de boucherie "sous la mère".

Comment se protéger ?

- *arrêter sans délai l'affouragement en vert et la libre pâture.*
- *choisir une eau d'abreuvement peu favorable aux transferts des radionucléides (nappes phréatiques).*

Ce sont deux actions qui permettent d'arrêter les transferts de radioactivité ou de les différer avec des niveaux très faibles. Elles sont d'autant plus efficaces qu'elles sont appliquées de façon préventive, avant le début de rejets atmosphériques dans l'environnement proche du site ou avant l'arrivée du nuage, à grandes distances.

L'application de ces recommandations est plus ou moins aisée. Elle dépend de la saison, et des pratiques zootechniques.

Pour leur mise en oeuvre, les recommandations suivantes peuvent être utiles :

- soustraire le cheptel de la pâture n'implique pas obligatoirement de rentrer les animaux à l'étable : le parquage sur des surfaces limitées (préalablement fauchées si nécessaire avec utilisation de bergers électriques) peut aboutir à l'arrêt de la pâture.
- il vaut mieux opter pour un arrêt complet de la pâture que pour un arrêt partiel. Un tri des laitières en fonction du stade de lactation est concevable pour protéger la plus grande partie de la production.
- la disponibilité des fourrages stockés ne doit pas s'apprécier uniquement au niveau de l'exploitation. Il faut envisager :
 - la solidarité entre exploitants voisins
 - la possibilité d'acheminements organisés de fourrage stocké avant l'accident
- le fait de ramener la ration de production au niveau de la ration d'entretien est une pratique utile. Elle peut l'être d'autant plus que des interdictions de consommation et de commercialisation du lait peuvent être prises rapidement et pour des durées variables.
- on se doit de rappeler que la paille de céréale correctement stockée peut entrer dans la constitution d'une ration d'affouragement avec les apports nécessaires de complément.
- pour la production de veaux de boucherie "sous la mère", le passage à l'allaitement artificiel s'impose pour les animaux prêts à la vente.



Par des mesures
curatives
sur le lait
lui-même

Par la non-
consommation
du lait

Ces mesures concernent essentiellement l'industrie laitière (voir fiche N° 15-4). Elles sont de 3 types :

- accroître le délai entre production et consommation pour permettre aux éléments à vie courte de décroître.
- utiliser le lait pour une transformation vers des produits destinés à l'homme (beurre, fromage,...) ne contenant qu'une fraction de la radioactivité initiale.
- utiliser le lait à d'autres fins que la consommation humaine, par exemple pour la consommation animale, sous réserve que le retour éventuel à l'homme de la contamination initiale se trouve réduit.

C'est la mesure extrême qui peut être prise par les autorités et dont la mise en oeuvre peut se faire soit au niveau de la production, avec arrêt des tournées de ramassage, soit au niveau de l'industrie laitière.

Comportement du producteur en cas d'arrêt de la consommation du lait

La production du lait étant continue avec traite régulière obligatoire (2 fois par jour) pour le maintien du bon état sanitaire du troupeau, la traite doit se poursuivre mais le lait doit rester stocké jusqu'à ce que les autorités aient pris la décision appropriée.

Quand les moyens de stockage de la production du lait à la ferme sont dépassés (interdiction de vente directe, arrêt des tournées de ramassage), le producteur doit assurer lui-même la destruction du lait récolté afin de permettre le stockage de la production suivante.

*S'agissant d'une situation **exceptionnelle** le lait peut être rejeté dans les cuves à lisier ou épandu sur les terres (sols travaillés de préférence) en évitant le ruissellement qui pourrait être à l'origine d'une pollution organique des eaux de surface.*

Entre chaque traite, le producteur se doit de procéder à un nettoyage des trayeuses et des tanks de stockage. Comme signalé en fiche N° 14-7, les eaux de rinçage peuvent être évacuées sans précautions particulières.

Dans la mesure du possible, il faut éviter de mélanger les laits récoltés avant l'accident avec les laits provenant des traites postérieures.

Pour aider les autorités sanitaires et administratives à apprécier la situation dans les démarches ultérieures de dédommagement, il est vivement recommandé :

- de procéder sur chaque traite de grand mélange à un prélèvement de un à deux litres de lait qui sera conservé en chambre froide au niveau de l'exploitation. Ces échantillons seront remis aux organismes de contrôle en cas de demande (fiche de renseignement modèle joint).
- de tenir un état des quantités détruites sur l'exploitation.



Remarques ►

Exemple
de "Fiche
de prélèvement"

PRÉLÈVEMENT DU LAIT EFFECTUÉ PAR L'EXPLOITANT

Date : _____

N° : _____

Nom : _____

Adresse : _____

LAIT*

de vache

de chèvre

de brebis

☐

☐

☐

Effectif du troupeau en lactation : _____

TRAITE

jour de l'année : _____

matin : _____

soir : _____

Nature de l'affouragement : _____

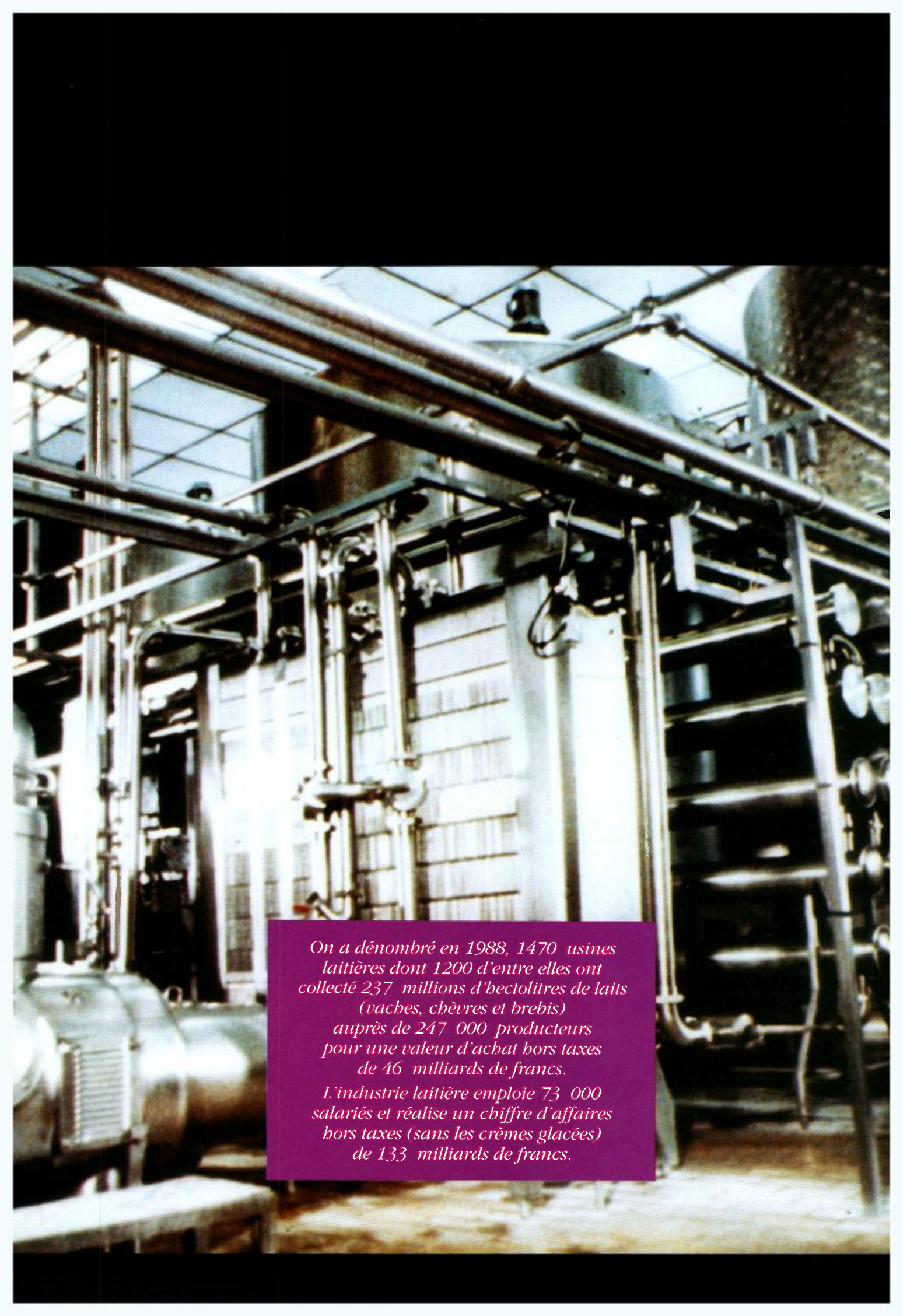
Situation météorologique la veille de la traite

pluie

absence de pluie

* Cocher la case correspondante.





*On a dénombré en 1988, 1470 usines
laitières dont 1200 d'entre elles ont
collecté 237 millions d'hectolitres de laits
(vaches, chèvres et brebis)
auprès de 247 000 producteurs
pour une valeur d'achat hors taxes
de 46 milliards de francs.*

*L'industrie laitière emploie 73 000
salariés et réalise un chiffre d'affaires
hors taxes (sans les crèmes glacées)
de 133 milliards de francs.*

Avertissement

Cette fiche ne peut être lue avec profit qu'après avoir consulté la fiche N° 15-3 "la production de lait à la ferme".



Les données du problème

L'industrie laitière est composée pour moitié de coopératives et de laiteries industrielles qui comprennent :

- de grosses unités de transformation à caractère régional, voire national.
- des installations moyennes à vocation locale.
- des entreprises artisanales (fromageries de montagne notamment).

Cette infrastructure se traduit par une très grande hétérogénéité dans l'étendue de ramassage et les transformations pratiquées : les contraintes apportées à l'utilisation du lait en cas d'accident nucléaire auront donc des répercussions très diverses. La mise en oeuvre des recommandations ne pourra être assurée de façon

identique par tous les établissements. Elle devra aussi tenir compte que le lait des petits ruminants est plus contaminé que le lait de vache.

Aspects relevant de la prévention

La connaissance des pratiques zootechniques appliquées par les producteurs de lait est très souhaitable.

Pour des zones de ramassage bien définies, connaître :

- les périodes de pâture (base de l'alimentation)
- les périodes mixtes (pâture + auge)
- les périodes d'alimentation à l'auge

renseignement relatif sur les phénomènes de transfert de radioactivité (voir fiche N° 15-3).

Certaines laiteries possèdent déjà ces informations dans les cas où elles exigent des contraintes dans l'affouragement, comme la non-distribution de produits ensilés, pour le paiement à la qualité.

Ces informations peuvent être recueillies au moyen de questionnaires ainsi qu'auprès de services relevant du ministère de l'Agriculture.

Pour les laiteries proches d'une installation nucléaire (50 km environ), l'identification des aires de ramassage doit pouvoir être effectuée au niveau des tanks de stockage de la laiterie grâce à une gestion appropriée des véhicules de collecte.

Cette procédure permet en cas de crise :

- d'isoler les zones atteintes de celles qui pourraient être indemnes.
- d'aménager rapidement les tournées en cas d'interdiction de certaines aires de ramassage.
- d'effectuer des prélèvements représentatifs dans l'espace et dans le temps pour le compte des autorités sanitaires ou pour l'établissement lui-même s'il dispose de matériel de mesure.

Caractéristiques
de la
production
laitière

Identification
des
tournées
de ramassage

Réorientation des transformations

En tenant compte des contraintes de commercialisation de produits laitiers et des facteurs de transferts technologiques, les autorités indiqueront les transformations qui permettront de ramener les contaminations à des niveaux acceptables ; pour ce qui est de la commercialisation, il s'agit des niveaux compatibles avec les niveaux maximums admissibles figurant dans le règlement communautaire (voir fiche N° 7).

Quelques caractéristiques sur le devenir des radionucléides dans le lait, après la traite, permettent de comprendre les mesures sanitaires qui pourraient être prises :

- la consommation différée du lait en tant que tel peut protéger vis-à-vis des radionucléides à vie courte. C'est notamment le cas pour les isotopes de l'iode et plus particulièrement l'iode 131 pour lequel un délai de 80 jours entre la production et la consommation réduit d'un facteur 1000 l'activité initiale. Ceci intéresse la transformation du lait, par exemple en :

- laits stérilisés et laits stérilisés UHT
- laits secs en poudre ou en granulés
- laits concentrés
- laits pharmaceutiques
- fromages à affinage long.

Cette pratique est sans intérêt pour les éléments à vie longue comme le césium et le strontium.

- la radioactivité se trouve très peu "fixée" sur la matière grasse du lait, il en résulte qu'un lait non commercialisable en tant que tel pourrait donner des produits consommables tels que la crème ou le beurre.
- dans la fermentation acide des fromages frais, les isotopes du strontium sont entraînés vers le lactosérum alors que dans l'empressurage à chaud le phénomène est beaucoup plus limité. L'utilisation du lactosérum pour l'alimentation des porcs est, dans ce cas, à prohiber.



La (ou les) transformation(s) doivent évidemment entraîner une diminution de l'exposition et donc de la radioactivité susceptible d'être ingérée. On caractérise d'abord la contamination du produit transformé par rapport à celle du produit initial par un "facteur de transfert technologique" qui est tout simplement le rapport des deux grandeurs. D'après l'annexe I, qui rapporte des valeurs observées, il semble que l'efficacité de ces transformations n'est pas très importante, hormis le cas de la fabrication du beurre.

Dans le cas du fromage ou tout au moins de certains fromages, le rapport des contaminations est élevé. Cependant, la consommation moyenne du fromage étant beaucoup plus faible que celle du lait, le résultat de la transformation peut se révéler positif.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que, même avec une efficacité faible, la transformation d'un lait dont la contamination excède légèrement les niveaux maximums admissibles de commercialisation peut permettre d'obtenir un produit dont la contamination est inférieure à ces niveaux, donc commercialisable.

Analyse d'une situation accidentelle

Ce guide et les informations transmises par les autorités permettront aux responsables de laiterie de caractériser l'accident :

- | | | |
|---|--------------------------------|--|
| 1 | installation nucléaire | centrale
usine
accident de transport |
| 2 | étendue géographique | locale
régionale
nationale |
| 3 | radionucléides en cause | <ul style="list-style-type: none">• radionucléides majeurs pour l'industrie laitière<ul style="list-style-type: none">- isotopes de l'iode- isotopes du césium- isotopes du strontium• radionucléides à faible transfert• isotopes du plutonium• tritium rejeté sous forme d'eau tritiée. Les transferts peuvent être élevés mais ne concernent que quelques traites successives. |

L'accident peut amener les autorités à prendre les mesures suivantes :

- contrôle obligatoire du lait et de ses dérivés avant l'entrée dans les circuits de commercialisation.
- interdiction de l'autoconsommation et de la commercialisation du lait cru dans de zones définies. Ceci concerne particulièrement les exploitations agricoles autorisées à vendre du lait cru.
- arrêts des ramassages et destruction au niveau des exploitations.
- réorientation des transformations.

Gestion de la crise au niveau d'une laiterie

Quelques notions contribuent à la définition d'une doctrine.

- la destruction de la production laitière issue d'une zone touchée par un accident paraît plus facile au niveau des producteurs (fractionnement des quantités à traiter) qu'au niveau d'une laiterie. La transformation de lait non commercialisable peut constituer une forme de stockage provisoire d'un produit inutilisable.
- la protection de l'outil de production doit être envisagée :
 - le lavage des équipements en acier inox pour assurer la qualité bactériologique des produits doit être efficace. Des traitements spécifiques sont indiqués en annexe II : l'opportunité de leur mise en oeuvre doit être appréciée en fonction des circonstances.
 - pour les autres matériaux (plastiques, caoutchouc.), les décontaminations peuvent être plus difficiles et conduire à des remplacements.

Caractérisation
de
l'accident

Consignes
d'exploitation
exceptionnelles

- la réorientation des transformations (voir réorientation des transformations p. 144) théoriquement possible doit tenir compte de certaines contraintes :
 - commercialisation d'une campagne de production au détriment d'une autre (contrats de livraison non respectés, etc.)
 - devenir des sous-produits générés qui ne peuvent pas faire l'objet d'une mise sur le marché et dépasser les capacités de stockage de l'usine.
 - possibilités de stockage des produits transformés si la mise en conformité dépend d'une décroissance radioactive.
- la publicité comparative entre un produit exempt de radioactivité et un produit simplement conforme vis-à-vis des limites pourrait être tentante pour certains.

Les informations données par les autorités, la connaissance préalable de certaines fiches telles que :

- | | |
|--|---------|
| - la production de lait à la ferme | N° 15-3 |
| - les risques d'accident dans les activités nucléaires | N° 10 |
| - les parades où comment se protéger | N° 13 |

doivent permettre au responsable d'une laiterie de se faire une opinion objective indépendamment des informations plus ou moins sérieuses qui ne manqueront pas de se faire jour.

- Les moyens de collecte et de stockage sont gérés de façon à identifier au mieux les aires de ramassage et ce d'autant plus que la laiterie se trouve proche du site accidenté.
- La poursuite de l'exploitation dépend des niveaux observés :
 - contrôles par les autorités responsables,
 - contrôles par la laiterie ou par la firme laitière si un équipement de mesure de radioactivité existe à un échelon central ou décentralisé.
- Les différents cas possibles sont :
 - l'arrêt des collectes,
 - contrôles sanitaires au niveau des établissements pour les produits conditionnés et transformés,
 - contrôle sanitaire à un niveau régional,
 - orientation des productions,
 - stockage contrôlé de lait conditionné ou de produits dérivés pour permettre la décroissance radioactive (isotopes de l'iode plus particulièrement).

Ces mesures de protection peuvent être prises pour des périodes limitées ou prolongées. Elles pourraient être reconduites périodiquement.

► *La mise en conformité, avec les niveaux établis pour la commercialisation du lait et des produits laitiers, peut se faire par des mélanges de laits de ramassage dont la contamination reste proche de ces mêmes niveaux. Elle doit être appréciée en fonction des possibilités techniques de la laiterie et être effectuée sous contrôle des autorités.*

Ceci suppose qu'un contrôle soit effectué au niveau de l'établissement.

► *A l'inverse, il n'est pas recommandable de diluer un lait fortement contaminé par des laits exempts de radioactivité, pour deux raisons :*

- *l'exposition de l'ensemble des consommateurs (dose moyenne) reste la même.*
- *la commercialisation de produits exempts de contamination sera toujours plus aisée, notamment à l'exportation.*

- Pour des établissements appartenant à une même direction (secteur coopératif ou industriel) une adaptation de la production (conditionnement et transformation) pourrait être faite au niveau du groupe en tenant compte des localisations des différentes laiteries.
- Après chaque lot de fabrication, les appareils utilisés doivent être soumis à un lavage soigneux.

Rappel ►

Les indications qualitatives et quantitatives sont rapportées dans les deux annexes ci-après page 148.

- 1 Un tableau de transferts technologiques propres à l'industrie laitière (annexe I)
- 2 Un tableau donnant des indications sur des solutions décontaminantes (annexe II)



Annexe I

Passage des radionucléides du lait entier de vache
dans ses dérivés exprimés sous la forme du rapport :

$$\frac{\text{Bq/kilogramme de produit transformé}}{\text{Bq/kilogramme (ou litre) de lait frais}}$$

Produits			¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³¹ I
Fromage frais	• Gras	- à caractère présure	1,3	3,9	3,0
		- à caractère lactique	0,75	0,66	2,2
	• Maigre	- à caractère présure	1,5	3,8	2,8
		- à caractère lactique	1,4	0,97	2,7
Fromage fermenté	- pâte molle		0,86	4,7	
	- pâte pressée non cuite		0,57	6,6	
	- pâte pressée cuite		0,90	6,3	
Lait écrémé			1,0	0,92	0,99
Crème fraîche		- 24 % de matière grasse	0,87	0,60	0,73
Beurre frais			0,11	0,09	0,36
Caséine	- à caractère présure		2,6	20	
	- à caractère acide		1,2	10,0	

* en raison de sa courte période, les valeurs indiquées pour ¹³¹I ne concernent pas les produits consommés sans délai.

Annexe II

Exemple de solutions décontaminantes et de procédés
de décontamination qui pourraient être utilisés
dans l'industrie laitière

Acier inoxydable	- solutions détergentes à 5 % à 30°C - solutions tétrasodique d'EDTA à 3 % à 50°C - solutions de nitrates de soude à 3 % avec détergents à 5 %
Aluminium	- solutions détergentes à 5 % à 30°C - solutions d'acide acétique à 2 %
Verre	- Solutions de détergents à 5 % à 50 °C - solution d'EDTA à 3 % à 60°C - solution de difluorure d'ammonium à 2 % à 50°C
Caoutchouc	- lavage répété aux solutions détergentes 5 % à 50°C - solution de sel tétrasodique d'EDTA à 3 % - mélange de solution de nitrate de soude à 2 % et à 5 % - alcool
Bois	- ponçage et solutions détergentes à 5 % - fixation de la contamination à l'aide de vernis alimentaire





Comment se produisent les transferts de radioactivité

Les transferts de radioactivité dans la viande des animaux élevés pour la boucherie sont dus essentiellement à la présence de radionucléides dans l'affouragement et dans l'eau d'abreuvement (voir fiches N° 15-2 et N° 14-3).

Les transferts sont immédiats et atteignent rapidement leurs niveaux maximums pour des animaux en libre pâture ou en stabulation et nourris en fourrage frais .

Les délais d'apparition dans la viande sont de l'ordre :

- de 2 à 3 heures pour les isotopes de l'iode,
- de 12 heures pour les isotopes du strontium et du césium.

En cas de retrait des animaux de la pâture, il faudrait attendre pour que les niveaux d'activité aient décru d'un facteur deux :

- 5 à 7 jours pour les isotopes de l'iode,
- 30 jours pour les isotopes du césium,
- 60 à 100 jours pour les isotopes du strontium.

Les pratiques zootechniques relatives à la production de viande introduisent des types de ration d'origine et de composition diverse. Il est utile de se référer à une classification pour analyser les transferts de radioactivité lors d'un accident.

On peut distinguer :

les animaux
recevant une
alimentation
extérieure

Les animaux sont élevés avec une distribution d'aliments à valeur nutritive élevée, préalablement stockés, produits ou achetés par l'éleveur. La distribution de fourrages frais est limitée ou inexistante.

Rentrent dans cette catégorie les élevages de bovins et d'ovins à l'auge, les porcins et les volailles

les animaux
recevant une
alimentation
mixte

En font partie les vaches laitières de réforme préparées pour la boucherie, les animaux d'élevage intensif dont les rations de production sont à base de concentrés.

les animaux
où la pâture
est
prépondérante

Cette catégorie comprend (liste non exhaustive)

- les bovins de plus de 2 ans finis à l'embouche sur des surfaces en herbe à haut rendement,
- les bovins de race à viande,
- l'élevage extensif de plein air du mouton dans le centre d'élevage en bergerie avec transhumance dans le sud-est .

la production de viande à partir de jeunes animaux

En considérant la viande de veau deux cas sont à évoquer :

- l'alimentation à partir de lait reconstitué pour la production de veaux en élevage intensif,
- l'alimentation par allaitement naturel ou veaux de lait sous la mère.

Selon cette distinction, l'importance de la pâture dans l'alimentation au moment de l'accident conditionne, de toute évidence, les transferts de radioactivité.



Quels sont les risques encourus ?

Le risque réside dans l'exposition interne due à la consommation de produits d'origine animale (viande, abats, charcuterie, volaille, oeufs) sous forme de produits frais ou en consommation différée (conserves, surgelés...).

La contamination de ces produits peut être due au fait que les animaux ont eux-mêmes été nourris avec des produits (comme la farine de viande) provenant d'animaux contaminés.

Comment se protéger ? Comportement des éleveurs

- arrêt sans délai de l'affouragement à base de produits frais et de la libre pâture.
 - choix d'une eau d'abreuvement peu sensible aux transferts des radionucléides (nappe phréatiques)
- sont deux actions qui permettent d'arrêter les transferts de radioactivité ou de les différer avec des niveaux très faibles.

Elles sont d'autant plus efficaces qu'elles sont appliquées de façon préventive, avant le début de rejets atmosphériques au voisinage du site ou avant l'arrivée du nuage à longue distance.

Ces recommandations sont identiques à celles qui se rapportent à la production laitière. Il faut souligner une différence importante :

Dans la production de viande ce n'est qu'une partie du cheptel, voire quelques individus, qui sont livrables ou sur le point d'être livrés pour la boucherie. L'arrêt de la distribution de fourrage frais est prioritaire et est aisément réalisable.

En effet, pour les radionucléides à vie longue tels que les césium et les strontium, il faut attendre plusieurs dizaines de jours pour que la radioactivité métabolisée décroisse de moitié.

- Ces mesures de protection doivent être aisées pour les élevages intensifs, les vaches laitières de réforme voire pour quelques lots d'animaux prêts à l'abattage.
- Pour d'autres types d'élevage, bovins à l'embouche, ovins en élevage extensif où l'arrêt dans l'alimentation du fourrage frais est presque impossible, l'éleveur devra reporter la date d'abattage prévue de plusieurs semaines, afin que les carcasses satisfassent les niveaux de commercialisation. Dans le cas du césium, compte tenu de sa longue période radioactive, la contamination de la carcasse après abattage ne diminue pas.



- Dans la production de veaux de lait on distingue (cf. ci-dessus) :
 - **les veaux en élevage intensif** précocement sevrés, dont l'alimentation à base de lait reconstitué nécessairement stocké rend les transferts de radioactivité nuls au moment de l'accident.
 - **les veaux fermiers** élevés sous la mère, pour lesquels les transferts peuvent être élevés si la mère est en libre pâture. Le nourrissage à partir de laits reconstitués est à recommander. Dans ce cas, les contraintes imposées par un organisme de label risquent de ne plus être satisfaites.

Devenir de la production

En cas d'accident nucléaire, les autorités pourront prendre des mesures d'ordre sanitaire et notamment interdire localement les foires et les marchés.

Des dispositions seront prises pour la mise en place des moyens de contrôle et la livraison aux abattoirs des animaux présentant des niveaux de contamination suffisamment bas pour que leur abattage soit autorisé.

Deux catégories d'animaux seront à considérer :

1

- Les animaux qui n'auraient pas reçu de fourrage frais ; ceux-ci pourraient être livrés en priorité.

2

- les autres animaux, qui subiraient une mise en quarantaine dont la durée sera fixée par les autorités sanitaires.

La caractérisation de la première catégorie dépendra en grande partie de la responsabilité de l'éleveur : celui-ci devra confirmer qu'il n'y a pas eu de distribution de fourrage frais.

A l'abattoir, en complément des contrôles de radioactivité, la préparation des carcasses relèvera de protocole particulier :

- pansage particulier des animaux,
- lavage des carcasses au jet,
- élimination de certains abats,
- tri au niveau du cinquième quartier.



Remarque relative à l'élevage de volailles

Dans le cas d'élevages de plein air, il est préférable, si possible, de rentrer les animaux à l'intérieur des bâtiments.



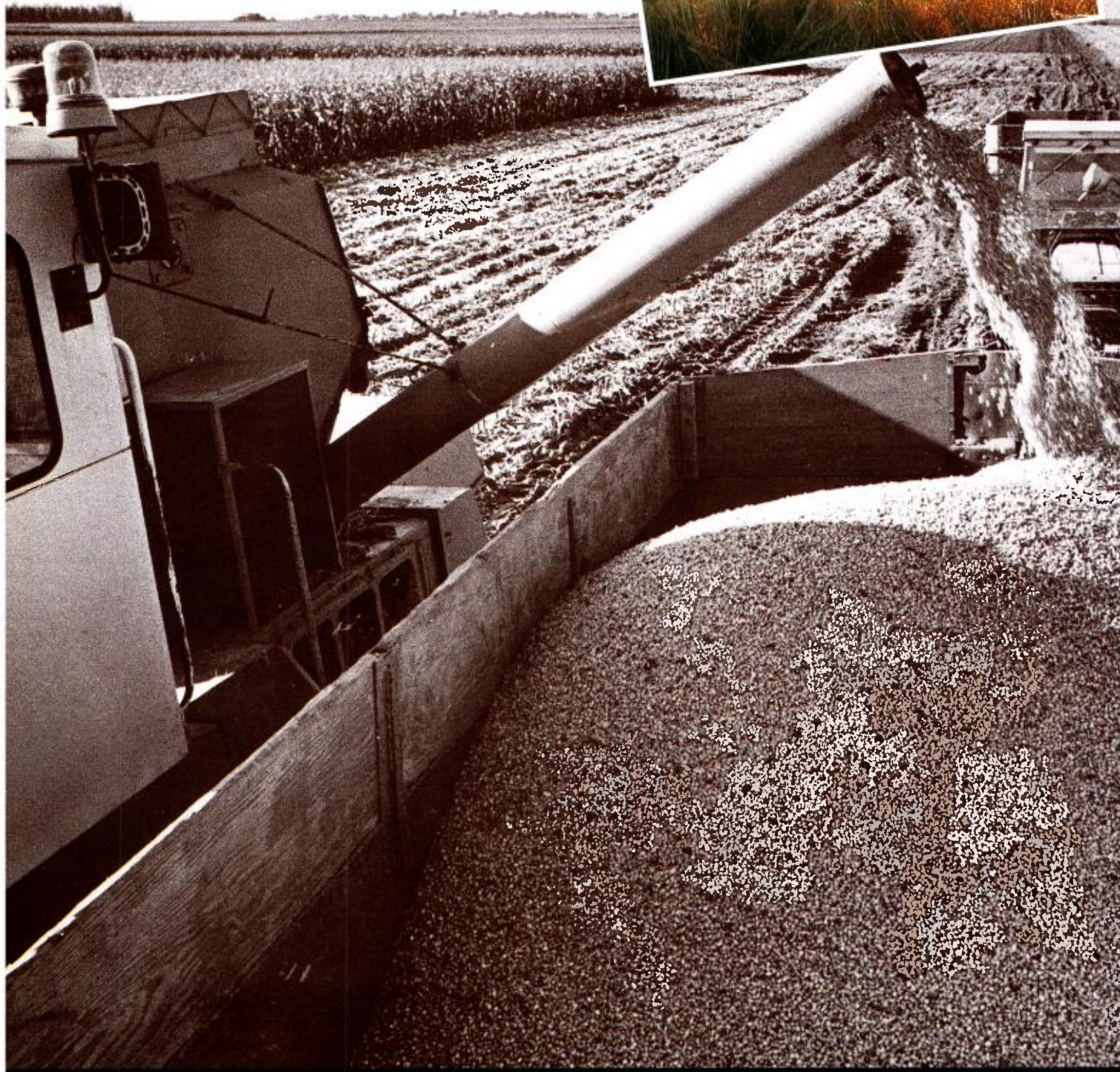
La filtration des entrées d'air, notamment par des sas en toile, n'est pas inutile sans être absolument nécessaire, tout dépend de la facilité de sa manoeuvre et du temps disponible.

La contamination par l'alimentation n'est pas à craindre dans la mesure où les matières premières et les produits finis auront été préservés de la contamination.

Les productions des animaux qui n'ont pu être rentrés, devront faire l'objet d'une surveillance particulière.







Comment se produit la contamination ?

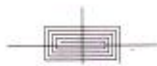
Voir fiche N° 14-4.

Rappel ►

la contamination s'effectue :

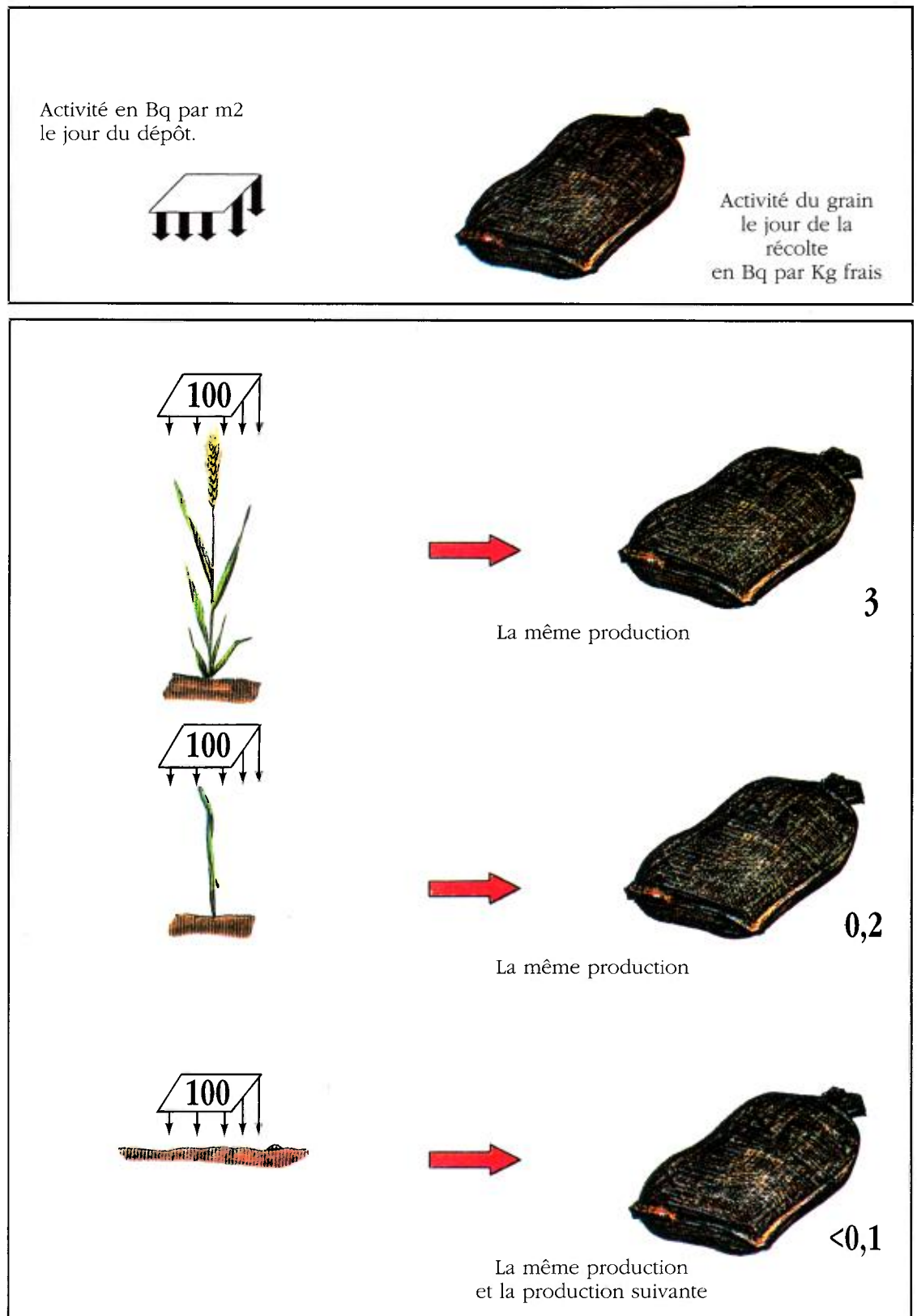
- par dépôt direct sur les organes aériens,
 - par pénétration d'une partie du dépôt externe à l'intérieur de la plante et sa redistribution (pour certains radionucléides seulement),
 - par absorption racinaire à partir du dépôt au sol (pour certains radionucléides seulement).
-
- le grain étant protégé par un système d'enveloppes (glumes et glumelles, constituant la "balle") et la farine étant elle-même protégée par l'enveloppe du grain, seules les deux dernières voies d'atteinte sont possibles, ce qui limite les conséquences.
 - la répartition des radionucléides dans le grain se fait sensiblement comme celle des éléments minéraux (calcium, potassium...), c'est-à-dire qu'ils se trouvent en majeure partie dans l'enveloppe du grain.
 - comme il n'y a qu'une culture annuelle et comme la sensibilité au dépôt n'est significative qu'à partir de la fin de la moisson, le moment où surviendrait un accident est très important :
 - s'il survient entre le milieu de l'été et le milieu du printemps suivant, ses conséquences sur la contamination des céréales seront nulles ou très faibles.
 - s'il survient entre le milieu du printemps et le milieu de l'été, l'ensemble de la production de région sera contaminée.

Voir schéma ci-après



Particularités pour les céréales

Transfert du dépôt de césium aux grains des céréales



Risques encourus et comment s'en protéger ?

Le risque est celui d'une exposition interne due à la consommation de produits céréaliers contaminés.

L'interdiction de consommation constitue la mesure la plus efficace. C'est une mesure extrême qui ne serait prise vraisemblablement par les autorités que pour la production de la zone proche de l'accident.

Certaines dispositions moins contraignantes pourraient aussi être prises :

- avant l'arrivée du nuage, si cela est possible, assurer l'étanchéité des silos afin de protéger les stocks.
- extraire la farine au taux de blutage le plus faible possible, la majeure partie de la radioactivité étant dans le son : l'élimination des enveloppes peut éliminer jusqu'à 80 % du césium 137 et du strontium 90.
- mélanger les grains dont le niveau de contamination serait un peu trop élevé avec des grains peu ou pas contaminés : cette mesure peut avoir un impact psychologique négatif.
- utiliser les grains comme aliment du bétail. Cette solution n'exclut pas l'atteinte de l'homme qui se fera par consommation de viande, de lait, d'oeuf, de volailles... mais peut la limiter.

Les autorités donneront des consignes en ce sens compte tenu des niveaux de commercialisation établis au plan européen.

A noter que ►

- contrairement au cas du lait ou des légumes verts, il n'y a pas d'urgence à prendre une décision.
- la moisson étant génératrice de poussières, il sera utile de protéger les voies respiratoires (masques de préférence, et à défaut, mouchoir).
- il ne faut pas brûler la récolte (si elle devait être détruite) ni les chaumes (si le niveau de contamination est significatif) pour éviter de disperser dans l'atmosphère les radionucléides qui se sont déposés.



Comment se produit la contamination ?

En période de végétation, l'impact varie avec le stade de développement au moment où se produit le dépôt. Les observations sur le Césium 137 faites à propos des fruitiers s'appliquent en première approximation à la vigne.

Voir fiche N° 15-1.

Dans le cas d'un dépôt en morte saison, seuls les transferts sol-plante sont à considérer. Des observations sur terrain expérimental ont montré que, dans le cas du césium 137 et du strontium 90, il faudrait des activités déposées extrêmement élevées pour conduire à des concentrations significatives dans le raisin ou le vin ; de tels dépôts ne pourraient être détectés éventuellement que dans des zones proches du lieu de l'accident. Le problème ne se pose pas pour les autres radionucléides.

Tant que le sol n'est pas labouré, les pluies vont entraîner la radioactivité déposée sur le flanc des coteaux vers les points bas. Les sols des vignobles de ces points bas seront plus contaminés.

Risques encourus et comment s'en protéger ?

Le risque potentiel est une exposition interne liée à la consommation de raisin ou de vin contaminé : ceci suppose soit un niveau de contamination très élevé (ce qui est très peu probable sauf en zone très proche du lieu de l'accident), soit un taux de consommation dont l'importance est peu vraisemblable.

Si les autorités estiment qu'il n'y a pas de risque particulier, la pratique courante restera de mise.

Dans les cas limites, il est possible de diminuer la radioactivité du vin en choisissant un type de vinification appropriée.

Dans ce cas, les radioéléments sont captés principalement par le feuillage et la surface des grains de raisin.

Les radioéléments sont progressivement fixés par la pellicule. Lors du foulage, ils sont entraînés partiellement par le jus qui est vinifié. Aussi, il est préférable d'attendre quelques jours avant de vendanger pour diminuer la fraction entraînée par le jus, de soutirer immédiatement après le foulage, de vinifier en blanc et en rosé plutôt qu'en rouge. De cette façon, on peut obtenir un vin 5 fois moins contaminé que le raisin en strontium 90 et césium 137.

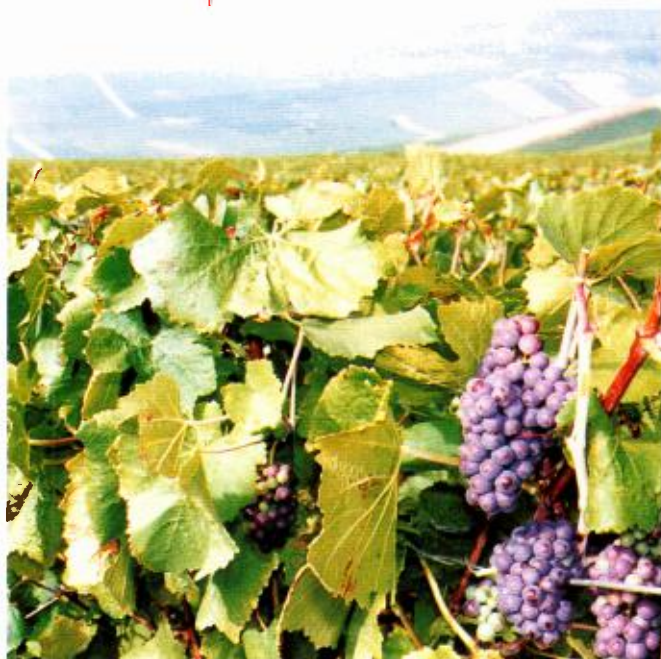
L'iode 131 n'a d'importance que pour un raisin de table et en cas de contamination proche de la période de récolte.

Contamination
en cours de
végétation

Contamination
en cours de
maturation
du grain

Contamination entre le débourement

et le stade de véraison du grain



Les radioéléments sont progressivement fixés par les différents organes de la plante. Il y aura dilution biologique en rapport avec l'apparition de tissus nouveaux mais aussi avec le transfert à l'intérieur des constituants de la grappe : rafle, pellicule et pulpe du raisin. Les échanges entre les différents constituants du moût en cours de vinification seront les mêmes que si la contamination résultait d'un transfert sol-plante. Il est possible d'intervenir en cours de vinification, comme cela est indiqué dans le paragraphe : **"Contamination avant le débourement et au cours des années suivantes"**

- Si, dans le cas d'une contamination en cours de végétation, l'activité du produit final devait dépasser des niveaux jugés trop élevés (ce qui est très improbable), il serait nécessaire de continuer à entretenir la vigne, de vendanger mécaniquement ou à défaut avec des gants, et enfin de recourir à la transformation en alcool.
- Si la production d'alcool n'était pas envisageable, il serait nécessaire d'enfouir la vendange sur place. Il faudrait ramasser les feuilles mortes et les enfouir dans un terrain non cultivable. On préparerait la prochaine campagne : la contamination des vendanges les années suivantes sera considérablement plus faible.

Contamination avant le débourement

et au cours des années suivantes

La concentration se produit alors uniquement par la voie sol-plante. Elle est très faible, surtout en césium 137.

Les travaux au sol

La pratique du labour normal est recommandée. Elle évitera la contamination des grains par les poussières soulevées par le vent ainsi que l'accumulation de la radioactivité dans les points bas. La répétition ultérieure des travaux culturaux de surface est préférable à l'absence de labour, car ils limiteront le développement des racines dans les couches superficielles du sol contaminées.



La vinification

Les principaux radionucléides à considérer (césium 137 et strontium 90) sont surtout accumulés dans la grappe au niveau de la rafle et de la pellicule du grain... Aussi, la macération et le pressurage qui sont deux opérations maîtresses de la vinification, auront une action sur le rendement et sur l'élimination de la radioactivité.

Certains traitements doivent être conduits de façon particulière en cours de vinification.

• Vinification en rouge :

- Egrapper. L'égrappage total donnera le meilleur résultat.
- Ne mélanger les vins de goutte et les vins de presse qu'après vérification des activités.
- Aucun changement dans les autres traitements.

Dans le cas où la vinification en rouge n'est pas possible, il faudra pratiquer la vinification en rosé. Le vin rosé sera 3 fois moins contaminé en strontium 90 que le vin rouge.

• Vinification en blanc ou en rosé :

- Ces vinifications donneront un vin moins contaminé que la vinification en rouge.
- Egoutter le plus rapidement possible et débourrer si possible.

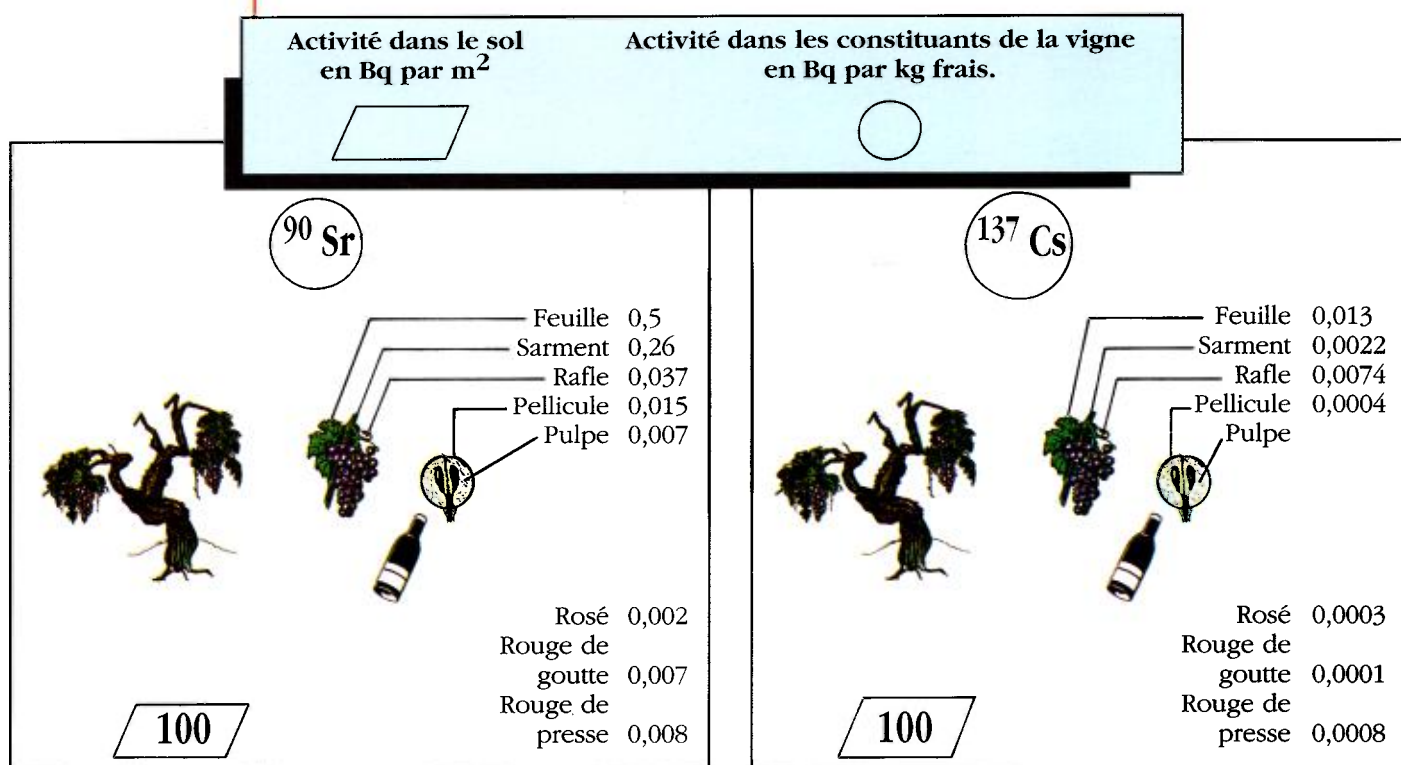
• Production d'alcool :

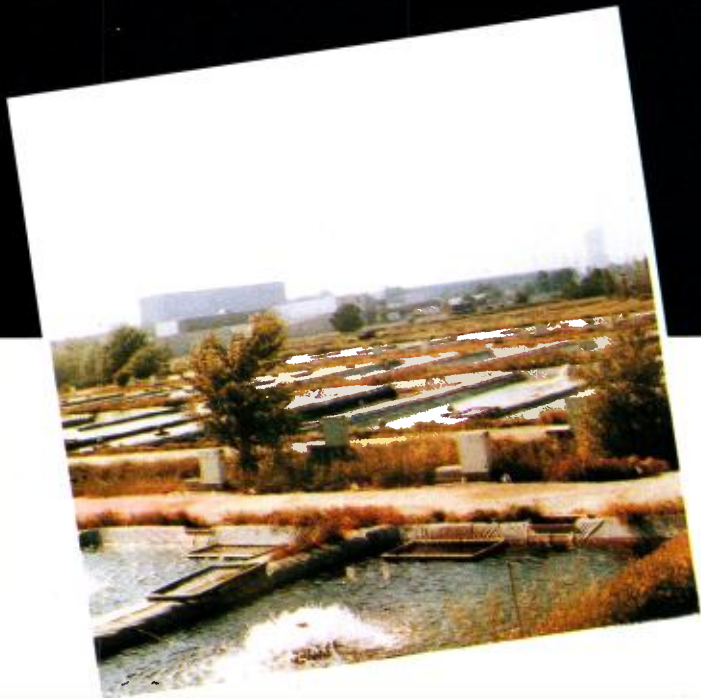
Les radionucléides comme le césium 137 et le strontium 90 ne sont pas transférés aux alcools. Les vins dont l'activité serait jugée trop élevée peuvent être transformés en alcool. Les marcs et les jus peuvent être également envoyés en distillerie.

• Action de protection du milieu :

Les marcs qui ont conduit à des vins ayant des activités inférieures à des niveaux jugés trop élevés peuvent être utilisés.

Transfert du ^{90}Sr et du ^{137}Cs du sol à la vigne





AVERTISSEMENT

Cette fiche ne concerne que les établissements dont la production s'effectue en eau douce. En milieu marin, les méthodes d'élevage sont très spécifiques à la région d'aquaculture et elles se prêtent mal aux généralisations d'autant qu'un accident entraînant une contamination radioactive très élevée et très étendue du milieu n'est pas envisageable.

Modalités des transferts

Les radionucléides libérés dans les eaux douces par des rejets accidentels atmosphériques ou liquides atteignent les poissons :

- par la voie branchiale (respiration en milieu aquatique)
- par l'ingestion
- par voie transcutanée.

En situation d'équilibre on définit le rapport :

$$\frac{\text{activité par kg de poisson}}{\text{activité par litre d'eau}}$$

ce rapport prend en compte les différentes voies d'atteintes et il dépend des radionucléides, des espèces de poissons, et des caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

En situation accidentelle, deux cas sont à retenir :

La radioactivité est apportée par l'eau qui provient soit d'un captage en surface sur un bassin versant, soit d'un pompage de nappe phréatique. L'alimentation est assurée par de la nourriture stockée non atteinte par les rejets accidentels.

En fonction de l'origine des eaux, on observera :

- dans le cas d'un captage d'eau de surface un pic avec un délai d'apparition de quelques heures à quelques jours.
- dans le cas d'un pompage de nappe phréatique, une activité plus faible, différée mais plus persistante, en raison des phénomènes de filtration et d'adsorption au niveau des sols.

*Dans ce type d'élevage
le poisson n'est atteint que par la voie branchiale et transcutanée*

Quelle que soit l'origine de l'eau qui alimente l'étang, une contamination accidentelle résultera essentiellement d'un apport par les eaux de ruissellement ayant lessivé les surfaces contaminées. L'accumulation des éléments radioactifs dans les boues et sédiments de fond pose un problème pour les espèces fouisseuses.

Même si les poissons sont nourris avec une ration complémentaire, la nourriture d'origine naturelle (production des différentes chaînes trophiques) jouera un rôle déterminant

*Dans ce type d'élevage
le poisson est concerné par toutes les voies d'atteinte :*

- voies branchiales
- voie ingestion
- voie transcutanée

Elevage des
salmonidés en
bassin d'eau
courante



Elevage de
poissons en
étang



Cultures en bassin

- Pour les élevages en bassin, il s'agit de diminuer l'apport de radioactivité :
 - changer l'eau et son origine en temps voulu (pompage d'une nappe)
 - diminuer les débits avec oxygénation artificielle.

Ces actions concernent les individus adultes prêts à être livrés à la consommation.

Elevages en étang

- Pour les étangs, les actions possibles paraissent plus limitées en raison de la difficulté de modifier l'origine des eaux assurant leur alimentation. Les décisions :
 - de vider l'étang pour assurer la vente de produits (s'ils sont commerciabiles),
 - de vider l'étang pour assurer la destruction des poissons et assurer une reprise accélérée de la production
 - d'attendre et de différer la vidange pour bénéficier d'une décroissance des niveaux d'activité,
- vont dépendre des conseils que pourraient donner les autorités après des analyses d'échantillons représentatifs des peuplements.

Implications liées à la présence de certains radionucléides

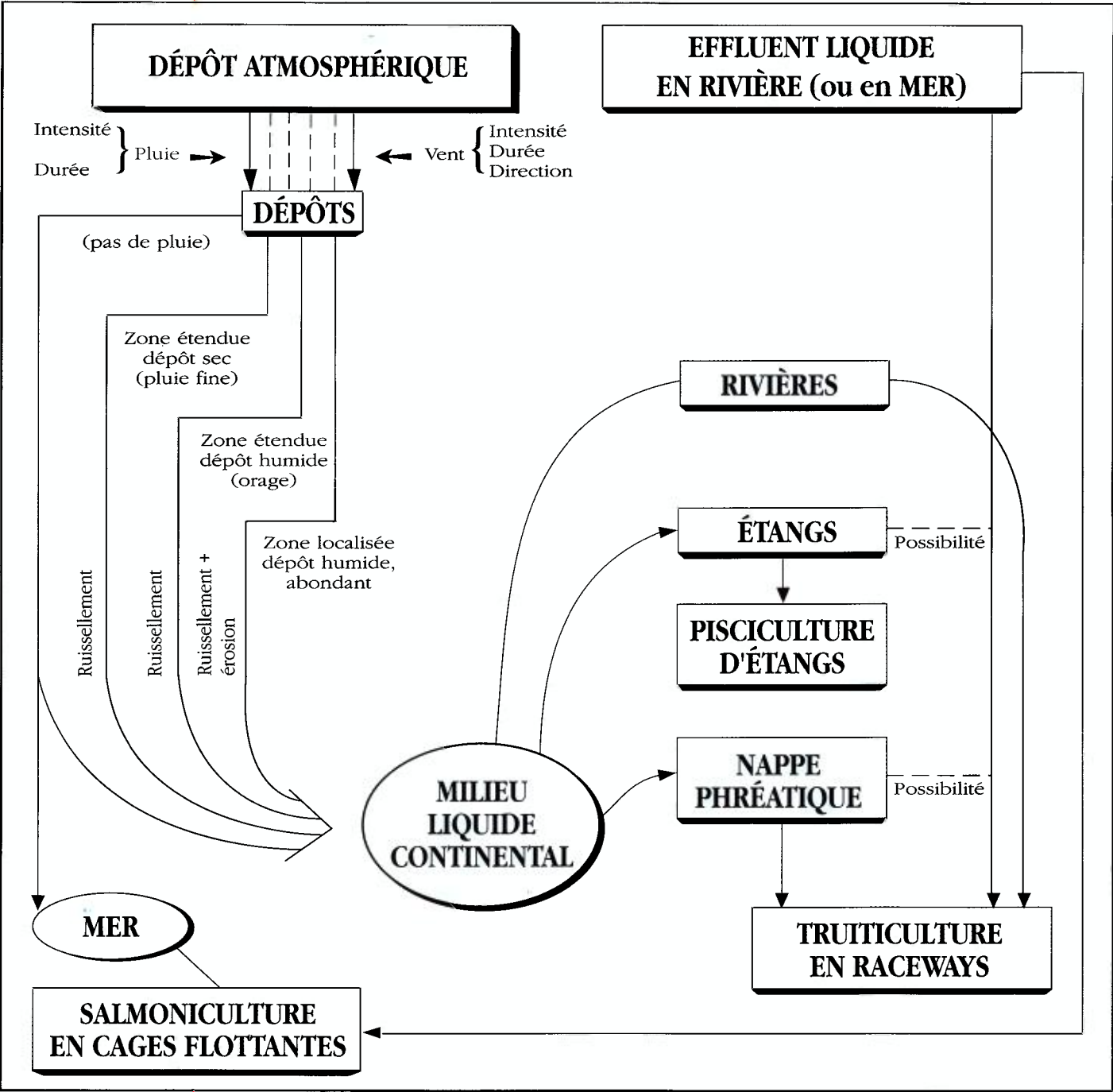
La courte période de l'iode 131 fait qu'en cas de contamination dominante par ce radionucléide, on peut attendre que la décroissance radioactive ait eu lieu.

Les périodes du strontium 90 et du césium 137 ne permettent pas d'attendre le temps nécessaire à la décroissance radioactive (période de l'ordre de 30 ans). La vidange des étangs et leur curage pourrait être nécessaire mais il faudrait alors prévoir ce que l'on fera des boues de curage en fonction de leur degré de contamination.

Remarques ►

- pour la production d'alevins il n'y a pas à tenir compte des limites de commercialisation fixées pour les poissons de consommation.
- le niveau de contamination du poisson entier peut être très supérieur à celui des filets qui, parfois, sont seuls consommés.
- la présence d'isotopes du strontium demande à porter une attention particulière au poisson consommé sous forme de friture car cet élément se fixe sur les téguments et le squelette.

Cheminement de la radioactivité vers la pisciculture





Quelques accidents possibles : leurs conséquences et conduite à tenir

- 1 Echelle de gravité
- 2 Accidents sur réacteurs
- 3 Autres accidents

AVERTISSEMENT

L'objectif visé est de donner, pour un certain nombre d'accidents types, quelques informations utiles sur la conduite à tenir dès l'annonce de l'accident.

Il est évident que toutes les situations possibles n'ont pu être considérées et que, pour celles qui l'ont été, les conditions réelles ne seront pas exactement celles qui sont retenues ici.

C'est pourquoi, ce sont avant tout les informations et les consignes qui seront données par les autorités compétentes, qui devront être prises en compte et suivies.

Avant que celles-ci ne soient diffusées à la population, les conseils formulés dans cette fiche - assortis d'un peu de bon sens - devront permettre de "ne pas mal faire".

Les évaluations sont présentées pour des accidents que l'on suppose survenir à un moment où il ne pleut pas : il faut savoir que la pluie a une incidence assez faible dans un rayon de quelques kilomètres autour du site accidenté, sauf s'il s'agit d'une pluie d'orage. Par contre, à une centaine de kilomètres la pluie peut entraîner des dépôts d'éléments radioactifs dix fois plus élevés que par temps sec. Le phénomène s'amplifie encore à des distances plus grandes. On a pu constater pour Tchernobyl que les dépôts, en France, ont été directement fonction de la pluviométrie.

Dans le cas des réacteurs, les évaluations ont été faites pour la valeur supérieure de l'émission qui correspond aux degrés 5 et 6 de l'échelle de gravité des accidents présentée plus loin.(voir aussi fiche N° 10)

Interprétation des symboles

Population :

-  protection par évacuation
----- niveau de l'ordre de 0,5 Sv -----
-  protection nécessaire : confinement et autres
----- niveau de l'ordre de 0,05 Sv -----
-  protection souhaitable
----- niveau de l'ordre de 0,005 Sv -----
-  NON CONCERNÉ

Environnement :

-  Végétaux et laits non commercialisables

Echelle de gravité des incidents et accidents dans les réacteurs électronucléaires

Cette échelle définit, pour chacun des 6 niveaux qu'elle comporte, les principaux critères qui les caractérisent.



NIVEAU	DÉFINITION	CRITÈRES	EXEMPLES	Population	Environnement
6	Accidents majeurs	Rejets à l'extérieur d'une fraction significative de l'inventaire du cœur en produits de fission (équivalence en iode 131 : de quelques centaines de milliers à quelques millions de curies).	Tchernobyl, 1986	☆ ● ○ □	◇
5	Accidents présentant des risques à l'extérieur du site	Accidents conduisant à prendre des dispositions de protection extérieures au site en cas de rejets ou de menace de rejets (équivalence en iode 131 : de quelques milliers à quelques dizaines de milliers de curies).	Windscale, 1957 Three Mile Island, 1979	● ○ □	◇
4	Accidents sur l'installation	Accidents entraînant des rejets extérieurs de l'ordre de grandeur des limites annuelles autorisées, n'entraînant pas de conséquences sanitaires significatives pour les populations et/ou endommagement partiel du cœur de l'installation et/ou agents de l'installation irradiés ou contaminés radioactivement, d'une gravité justiciable de soins médicaux spécialisés.	Saint-Laurent A2, 1980	□	◇
3	Incidents affectant la sûreté	Incidents conduisant à des rejets supérieurs ou égaux au dixième des limites annuelles autorisées et/ou fuites internes significatives de radioactivité et/ou état dégradé des barrières ou des systèmes de sécurité et/ou agents de l'installation irradiés ou contaminés radioactivement à une valeur supérieure à la limite de dose annuelle autorisée.	Bugey 5, 1984	□	
2	Incidents susceptibles de développement ultérieurs	Incidents ayant potentiellement des conséquences significatives pour la sûreté et/ou entraînant des réparations ou des travaux prolongés.	Barillet de Creys-Malville, 1987	□	
1	Anomalies de fonctionnement	Dépassement du domaine autorisé par les spécifications techniques et/ou utilisation justifiée de systèmes de sécurité.	Tricastin, 1987	□	

Nota ►

Entre le moment où cette échelle a été rendue publique (1988) et celui où le présent rapport a été rédigé, les incidents qui ont pu survenir ont été classés selon leur niveau : aucun accident classé au niveau 4, 5, ou 6 n'est survenu.

Origine

Les incidents de réacteur recensés en France et ayant entraîné des rejets non prévus dans l'environnement, sont peu nombreux (quelques dizaines en 15 ans) : les activités libérées ont été très faibles et sans aucune conséquence sanitaire.

Il s'agit généralement :

- d'erreurs de gestion d'effluents gazeux conduisant au rejet par la cheminée de gaz qui auraient dû être retenus plus longtemps en vue de permettre une décroissance radioactive dans l'installation.
- de problèmes de vannes dans les circuits d'effluents liquides ayant entraîné un débordement d'une cuve avec finalement des rejets vers les égouts ou des infiltrations vers la nappe phréatique.

Les sécurités

Il existe dans l'installation de nombreuses barrières. Leur nombre diminue avec la radiotoxicité des fluides manipulés, liquides ou gazeux.

Les incidents qui impliquent un rejet dans l'environnement concernent pratiquement toujours des cuves ou enceintes de dimensions restreintes contenant des éléments de radiotoxicité faible ; ces enceintes sont destinées à permettre la décroissance de la radioactivité des effluents avant évacuation normale dans l'environnement après un dernier contrôle.

Dans le cas des cuves ou enceintes contenant une activité importante, des systèmes de récupération sont prévus pour permettre soit la reprise des effluents pour traitement, soit pour effectuer leur rejet après contrôle. La contamination est alors limitée à l'espace intérieur des bâtiments.

Les systèmes de mesure en continu de la radioactivité permettent dans la quasi-totalité des cas de limiter la durée du rejet non contrôlé de quelques secondes à quelques minutes ; ainsi, le contrôle de la plus grande partie du volume concerné, est assuré.

Les rejets gazeux non contrôlés sont évacués par la cheminée ce qui assure une dilution importante dans l'air.

Les rejets liquides sont également très dilués. Il suffit pour s'en convaincre de comparer le volume d'une cuve au débit du fleuve

Les produits radioactifs

Il s'agit :

- **pour les rejets dans l'atmosphère**
 - des gaz rares dont l'incidence sur l'environnement est quasi nulle.
 - des iodes dont la décroissance radioactive est assez rapide. Aucun rejet n'a jusqu'à maintenant nécessité quelque intervention que ce soit pour les individus ou les productions.
 - de certains produits de fission mais dont l'émission est restée extrêmement faible.
- **pour les rejets dans les eaux de surface**
 - du tritium qui est l'élément radioactif le moins radiotoxique
 - de produits d'activation qui pourraient à forte concentration présenter certains risques. Mais là encore, aucun rejet n'a été suffisamment important pour nécessiter une intervention.

Accidents sur réacteurs : Niveau 4

Emission maximale : 0,1 terabecquerel d'iode

(Voir fiche N°11)

L'émission d'éléments radioactifs atteint le niveau du rejet maximum annuel autorisé. L'accident est sérieux à l'intérieur de l'installation mais n'entraîne pas de conséquences sanitaires sur les populations.

Pour ce niveau d'accident, seuls les iodes (et principalement l'iode 131) sont à prendre en considération. Il peut également y avoir rejets de gaz rares et de produits de fission sous forme d'aérosols, mais ils restent mineurs comparés aux rejets d'iode.

Une émission aussi faible ne pose aucun problème de protection pour la population.

A très courte distance de l'installation accidentée la présence d'iode 131 dans les productions végétales (légumes-feuilles principalement) et animales (lait) sera significative, dans le secteur situé sous le vent.

Les niveaux atteints ne justifieront pas de mesure particulière. Cependant, comme la zone concernée sera très limitée, il sera sans doute préférable de ne pas consommer les productions atteintes, même si cela n'est pas justifié sur le plan sanitaire.

Accident sur réacteurs : Niveau 5 ●

Emission maximale :
quelques milliers de terabecquerels d'iode et de produits de fission

Les indications relatives à la conduite à tenir sont données pour quelques fourchettes de distance et trois situations type de vitesse de vent : elles ne peuvent donc avoir qu'un caractère indicatif. Les informations et consignes provenant des autorités, tenant compte des conditions réelles, seront plus fiables et devront être suivies.

Par rapport au lieu de l'accident vous êtes à une distance de :	Population	Environnement	Délai d'action (temps entre l'émission de produits radioactifs et l'arrivée de la masse d'air contaminée)			Ce que vous devez faire dans l'immédiat
			Vent faible	Vent modéré	Vent fort	
Quelques centaines de km	☐	☐	Quelques jours	Moins d'un jour	Quelques heures	Rien en principe. Ecoutez cependant la radio. S'il est possible que vous soyez sur la trajectoire des masses d'air contaminé et s'il risque de pleuvoir, il ne sera pas inutile de rentrer les animaux : ramenez donc les troupeaux à proximité de la ferme. C'est plus prudent.
La centaine de Km	☐	☐	Quelques dizaines d'heures	Une dizaine d'heures	Quelques heures	Vous n'avez pas à prendre de protection pour vous-même et votre famille : vous pouvez vaquer librement tout en suivant les informations données à la radio. Par contre, il faut prendre des dispositions pour pouvoir protéger les animaux (les rentrer) et éventuellement les cultures (serres...) si la situation devait mal tourner.
Quelques dizaines de Km	☐	☐	La dizaine d'heures	Quelques heures	Moins d'une heure	Vous n'avez pas à prendre de mesures de protection très strictes pour vous-même. Vous devez par contre prendre des dispositions pour protéger votre famille, tout particulièrement les jeunes enfants, par confinement dans l'habitation. Si vous en avez le temps, rentrer les animaux, fermer les serres (si vous en avez) et tous les locaux (granges...)
La dizaine de Km	●	☐	Très peu de temps le délai dépend surtout de ce qui se passe dans la centrale et la transmission des informations			Il est préférable de vous protéger et indispensable d'assurer la protection de votre famille, surtout les jeunes enfants. Ne protégez vos animaux (en les rentrant) que si cela peut être fait très vite. Ne vous occupez pas des cultures. Vous pouvez sortir brièvement mais seulement si nécessaire.
Quelques Km	☆	☐	Trop peu de temps le délai dépend surtout de ce qui se passe dans la centrale et la transmission des informations			Confiniez-vous avec votre famille, le plus efficacement possible et ne sortez pas. Ecoutez la radio. Préparez-vous à être évacué. Suivez strictement les consignes données.

Accident sur réacteurs : Niveau 6 ☆

Il s'agit d'un accident de type Tchernobyl, dont l'occurrence sur un réacteur français est jugée comme quasi impossible en raison des dispositions de sûreté qui sont prises.

Emission maximale :
quelques centaines de milliers de terabecquerels de gaz rares, iodes et produits de fission

Les indications relatives à la conduite à tenir sont données pour quelques fourchettes de distance et trois situations type de vitesse de vent : elles ne peuvent donc avoir qu'un caractère indicatif. Les informations et consignes provenant des autorités, tenant compte des conditions réelles, seront plus fiables et devront être suivies.

Par rapport au lieu de l'accident vous êtes à une distance de :	Population	Environnement	Délai d'action (temps entre l'émission de produits radioactifs et l'arrivée de la masse d'air contaminée)			Ce que vous devez faire dans l'immédiat
			Vent faible	Vent modéré	Vent fort	
Le millier de Km			La semaine	Quelques jours	La journée	Il n'est pas nécessaire de prendre des mesures de protection pour vous-même et votre famille : cependant, restez vigilant et écoutez la radio. Prenez vos dispositions pour pouvoir protéger les animaux (les rentrer) et éventuellement les cultures (serres...), tout spécialement si, compte tenu de la direction du vent, vous pouvez être sur la trajectoire des masses d'air contaminé.
Quelques centaines de Km			1 à 2 jours	Moins de 1 jour	Quelques heures	Des mesures de protection strictes ne sont pas vraiment indispensables mais pas vraiment inutiles non plus. Par contre, il faut prendre des dispositions pour protéger votre famille et surtout les jeunes enfants. Soyez très vigilant quant aux informations données. Il est tout à fait souhaitable de rentrer les animaux et de fermer les serres et tous les locaux où cela est possible.
La centaine de Km			Quelques dizaines d'heures	Une dizaine d'heures	Quelques heures	Il est très souhaitable de prévoir votre protection et indispensable de prévoir celle de votre famille (jeunes enfants). Ne vous séparez pas de votre radio et essayez d'évaluer vous-même la situation (direction du vent, temps disponible...). Rentrez les animaux et prenez les mesures possibles pour la protection des cultures, mais seulement si vous en avez le temps. Pensez d'abord à la protection des personnes.
Quelques dizaines de Km	☆		Moins d'une dizaine d'heures	Quelques heures	Moins d'une heure	Toutes affaires cessantes, confinez-vous le plus efficacement possible avec votre famille. Restez à l'écoute permanente de la radio. Tenez-vous prêts pour une évacuation éventuelle.

Accident usine de retraitement ◇

Incendie avec émission de produits de fission (CESIUM)

Le rejet de produits radioactifs serait probablement du niveau du rejet maximal annuel autorisé. L'accident est sérieux à l'intérieur de l'installation mais les conséquences sanitaires sur les populations ne sont pas significatives.

Pour ce niveau d'accident, seuls les césium, principalement le césium 137, sont à prendre en considération.

Un accident de ce niveau a eu lieu à La Hague en 1981 à la suite d'un incendie d'un silo d'entreposage temporaire de déchets non conditionnés sur une parcelle voisine de la centrale (bord de clôture). La contamination des herbages a dépassé le millier de becquerels par kilo. Un troupeau était présent sur cette parcelle et y est resté le temps de la pâture. La contamination du lait n'a pas dépassé 1000 becquerels par litre et a rapidement diminué après le déplacement du troupeau sur une autre parcelle. La décroissance de la radioactivité de l'herbe a également été assez rapide.

Ainsi, le vécu d'un tel accident confirme qu'il se traduit par la présence d'un niveau significatif de césium dans les productions végétales et animales en provenance de la zone avoisinant le site, à condition que cette zone ait une utilisation agricole et que l'accident survienne à la belle saison.

Les niveaux atteints ne justifient pas de mesures de protection particulières pour des raisons sanitaires, en dehors des mesures simples et évidentes comme le retrait des troupeaux hors des parcelles concernées.

Cependant, vu la faible dimension de la zone atteinte, le volume des productions qui pourrait en être issues sera faible de sorte qu'il sera préférable, pour des raisons psychologiques, de ne pas les livrer à la consommation du bétail ni à la consommation humaine.

De par la nature même de ces installations de retraitement et des produits qu'on y manipule, même s'ils sont en quantité importante, l'existence d'accidents de niveau supérieur est totalement improbable. Les spéculations intellectuelles étant toujours possibles, on pourra se référer aux accidents de centrale nucléaire de niveau 5 et 6 pour décrire ces accidents.

Accident usine de retraitement●

<i>Par rapport au lieu de l'accident vous êtes à une distance de :</i>	<i>Population</i>	<i>Environnement</i>	<i>Délai d'action (temps entre l'émission de produits radioactifs et l'arrivée des masses d'air contaminé)</i>	<i>Ce que vous devez faire dans l'immédiat</i>
Quelques dizaines de Km	☐		Le temps dépend surtout de ce qui se passe sur le site et de la transmission des informations.	Rien
La dizaine de Km	☐	◇		Vous n'avez pas à vous protéger du nuage. Ne consommez pas vos légumes verts avant l'avis des autorités. Retirez les animaux du pâturage. Protéger vos végétaux si vous apprenez que vous avez du temps.
Quelques Km	●	◇		Votre protection est utile. Prenez des dispositions pour vous confinez. Si vous sortez, protégez-vous des poussières par un mouchoir ou un masque. Retirez vos animaux du pâturage dès qu'on vous indique la fin de l'émission si vous n'avez pas pu le faire avant. En l'absence d'intervention le lait sera peu contaminé, la viande le sera plus. Des interventions comme la fauche des pâturages et l'élimination de certaines cultures pourront être demandées. Attendez les instructions qui résulteront des contrôles sur le terrain.

Perte de source radioactive

La radioactivité a aujourd'hui de nombreuses applications dans le domaine médical et le domaine industriel.

On peut citer pour des **sources de fortes activités** :

- les sources à usage médical (traitement des cancers)
- les dispositifs de gammagraphie servant à vérifier par exemple les soudures (ponts, téléphériques...)

Les sources se présentent comme des objets de petites dimensions ayant la forme de billes, de pastilles, d'aiguilles ou de petits cylindres ; elles sont placées dans un conteneur de protection qui réduit de façon très importante les radiations émises. Le conteneur et la source sont marqués d'un trèfle (☢).

La source placée dans le conteneur de protection ne présente pas de risques particuliers à moins que le conteneur ait été endommagé. La fermeture du conteneur est conçue de telle sorte que seule une personne avertie en ait l'accès.

Si une source perdue ou volée est dangereuse, la presse en fera état. Si vous trouvez alors une boîte lourde, de style coffre-fort miniature, réagissez comme si vous trouviez un engin explosif. Prévenez la gendarmerie et tenez vous à distance.

Si, comme cela est déjà arrivé, une source est perdue sans son conteneur, elle peut être dangereuse. Le symbole du trèfle (☢) vous indiquera que l'objet est radioactif. Dans ce cas, il faut immédiatement s'éloigner de l'objet de quelques mètres, interdire aux enfants d'approcher et prévenir la gendarmerie. Un contrôle médical des personnes présentes sera probablement effectué s'il s'avère que l'objet est bien la source perdue.

Il existe également des **sources de très faible activité** ; elles sont sans danger et sont également marquées d'un trèfle.

On peut citer :

- les détecteurs de fumées.
- les dispositifs d'élimination d'électricité statique.
- divers appareils de mesures contenant des sources généralement inaccessibles, comme les sondes à neutrons des agronomes pour mesurer l'humidité des sols.
- les sources étalons des installations de comptage.

Il n'y a pas lieu de s'inquiéter ; cependant, si vous vous trouvez en présence de ce genre d'appareil par une voie anormale (par exemple récupération par les enfants), il est préférable de réagir comme s'il était dangereux.



En dehors des accidents potentiels décrits ci-avant, il en existe d'autres qui :

- peuvent se produire dans des installations nucléaires avec mise en jeu d'autres radio-nucléides que ceux qui ont été envisagés.
- peuvent concerner d'autres activités.

Dans tous les cas, il s'agit d'accidents ayant des conséquences limitées et localisées, comme :

1 Les accidents entraînant une émission de tritium

(centres militaires, installation productrice ou utilisatrice de tritium ...) voir fiche N° 11.

si le tritium est sous forme de gaz :

l'accident ne peut avoir de conséquences importantes pour la population et les productions..

si le tritium est sous forme d'eau tritiée :

seul, un rejet extrêmement important et difficilement envisageable (de l'ordre de 100.000 térabecquerels) pourrait nécessiter la mise en oeuvre de mesures locales de protection des populations (confinement temporaire) et des productions agricoles (interdiction ou limitation de la consommation de denrées alimentaires, retrait des animaux des pâturages) ;

si le rejet a lieu par temps sec, l'eau tritiée qui s'est déposée sur les plantes retourne rapidement dans l'atmosphère et une faible fraction de la radioactivité persiste dans les végétaux au delà de deux - trois jours. La situation redevient normale au-delà de quelques jours ;

si le rejet a lieu par temps de pluie, l'eau tritiée qui est incorporée dans le sol participe aux échanges hydriques sol-plante : la contamination des végétaux qui est liée au mouvement général de l'eau du sol (transpiration, drainage) est donc plus durable que par temps sec. La durée de la contamination dépend de la proportion d'eau tritiée émise par le rejet et elle devra être appréciée par le contrôle des denrées.

Dans tous les cas, les conséquences d'un tel accident auront un caractère local et une durée limitée, à l'exception peut-être de l'utilisation de l'eau de nappes phréatiques locales, superficielles, de faible volume et de faible débit.

2

Les accidents entraînant une émission de plutonium

(centres militaires, usines de retraitement...)

Ce type d'accident, qui pourrait par exemple résulter d'un incendie, ne peut avoir que des conséquences locales.

Le risque provient surtout de l'inhalation lors du passage des radionucléides dans l'atmosphère.

Dans le cas d'un rejet important, les légumes à proximité du site seraient contaminés. Les mesures à prendre porteraient en priorité sur le confinement pendant le passage du nuage.

Le cheptel ne serait pas concerné dans l'immédiat, mais un déplacement du troupeau pourrait être demandé après contrôle de la radioactivité déposée.

Ultérieurement, des mesures de protection pourraient être appliquées lors de travaux agricoles générant beaucoup de poussières (récoltes, hersage...) sous le contrôle d'équipes spécialisées.

Lors de la mise à la réforme des animaux, certains abats pourraient être retirés de la vente.

3

Les chutes d'armes nucléaires aéroportées

La chute d'un avion portant une charge nucléaire peut entraîner une contamination des sols par du plutonium et de l'américium ; par contre il ne peut y avoir explosion de la charge nucléaire.

Trois accidents de ce type sont survenus dans le passé. Le plus connu est celui de Palomares (Espagne) qui a eu lieu en 1966 : 2 des 3 charges transportées se sont trouvées endommagées, entraînant la contamination d'une zone d'environ 226 hectares par des fragments et de fines poussières radioactives. Compte tenu de l'impact médiatique de l'événement et dans un souci d'exemplarité de leur capacité d'intervention, les Etats-Unis, responsables de l'accident, se sont lancés dans une vaste opération de décapage des sols et de rapatriement des sols et des végétaux contaminés.

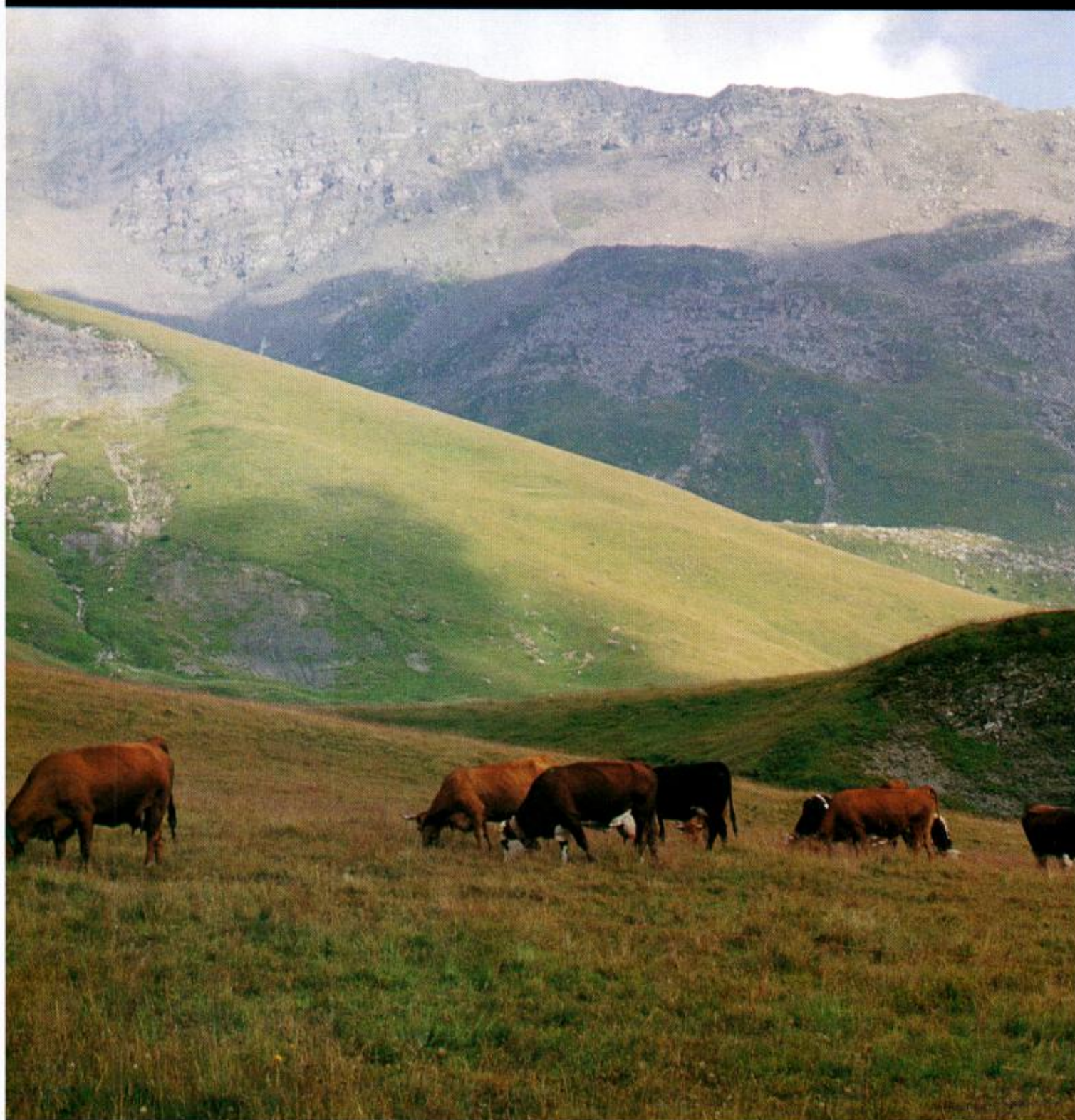
4

La chute d'un satellite

Certains satellites sont équipés d'un mini-réacteur ; leur retour dans l'atmosphère s'accompagne de leur désintégration en haute altitude et de la dispersion lente de fines poussières radioactives produites sur de vastes étendues du globe, ce qui constitue un apport de radioactivité insignifiant et inoffensif. Des fragments de taille importante, pouvant atteindre l'ordre d'un kilogramme, peuvent éventuellement parvenir au sol.

La presse donne un large écho à ces événements. Si vous êtes dans la zone concernée et si vous trouvez un objet inhabituel dans vos champs, il conviendra de ne pas s'en approcher (risque d'irradiation) et d'alerter la gendarmerie. Des contrôles de radioactivité effectués par avion ou par hélicoptère seront entrepris, le cas échéant, pour localiser les zones suspectes, ainsi que des contrôles au sol lorsque des débris ont été trouvés.







Nucléaire et santé publique



Organisation de l'intervention
en cas d'accident nucléaire :

La mission du SCPRI ⁽¹⁾

(1) Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, ministère chargé de la Santé, ministère chargé du Travail ; Centre International de Référence de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour la radioactivité.

La mission du SCPRI

La législation et la réglementation française donnent au ministre chargé de la Santé et au ministre chargé du Travail une responsabilité déterminante dans le domaine nucléaire : celle de garantir, vis-à-vis de la population et des travailleurs, que le développement et l'exploitation de cette forme d'énergie ne puissent constituer une menace pour l'hygiène publique ou professionnelle.

*Cette mission essentielle est, notamment pour le ministre de la Santé, concrétisée par l'**avis conforme** qu'il est seul à donner pour autoriser le fonctionnement de toute installation nucléaire, ce qui lui confère un véritable **droit de veto** en la matière.*

Le SCPRI est le "bras séculier" des ministères de prévention.

Radioprotection et sûreté nucléaire : une distinction fondamentale

Ce point fort du système français confirme que le dernier mot appartient à une autorité exclusivement chargée de la protection de l'homme, *qui n'est pas juge et partie dans la promotion du nucléaire* ce qui distingue sans équivoque la responsabilité de la *radioprotection* d'une part, de celle de la *sûreté nucléaire* d'autre part :

la sûreté nucléaire

garantit la fiabilité technique de la machine, en l'occurrence des installations nucléaires (réacteur, usine de retraitement, centre de stockage, etc.). C'est une responsabilité d'ingénieurs hautement spécialisés, qui engage celle du ministre chargé de l'Industrie et en particulier de la promotion de l'énergie nucléaire : il est légitime et indispensable que les services correspondants restent placés sous son autorité ;

La protection de l'homme inclut bien entendu celle de son *environnement* et, en priorité, *la protection des productions agricoles qui assurent sa survie*.

la radioprotection

garantit la santé des individus (travailleurs et population). Elle est de la responsabilité des médecins qualifiés en radiobiologie, radiotoxicologie, radiopathologie notamment, totalement indépendants des impératifs de production nucléaire. Il est légitime et indispensable qu'elle ressortisse exclusivement à la responsabilité de ministres chargés de la protection sanitaire, aussi bien des travailleurs que de la population.

Le SCPRI, service compétent des affaires sociales

Cette responsabilité spécifique a conduit les ministères chargés de la Santé et du Travail à se doter dès l'origine de leur propre service compétent commun, indépendant des impératifs de développement industriel, le SCPRI, dont les attributions sont définies par trois lois fondamentales :

- Loi du 2 août 1961 sur la pollution atmosphérique ;

- Loi du 16 décembre 1964 sur la pollution des eaux ;

- Loi du 25 juillet 1980 sur la protection des matières nucléaires ;

et leurs textes d'application, qui le chargent du contrôle des pollutions de tous ordres causées par les substances radioactives.

La mission du SCPRI est précisée notamment par :

- le décret du 11 décembre 1963, qui institue *l'avis conforme* du seul ministre de la Santé, préalable à toute autorisation d'installation nucléaire,
- les décrets des 6 novembre et 31 décembre 1974 sur les rejets radioactifs.

qui vient d'être encore renforcée (2) :

- par le décret du 18 avril 1988, modifiant celui du 20 juin 1966, sur les principes fondamentaux de radioprotection, contresigné par le ministre de l'Agriculture ;
- par les décrets du 2 octobre 1986 et du 6 mai 1988 sur la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants, y compris dans les applications agronomiques et les installations d'irradiation agro-alimentaire, contresigné par le ministre de l'Agriculture.

1

Rôle du SCPRI en conditions normales

Outre ses missions relatives à l'hygiène publique et professionnelle (recherche en radioprotection, établissement des normes, centralisation des données, formation et information, agrément et surveillance de 50 000 installations radiologiques médicales et dentaires, surveillance de l'exposition de 120 000 travailleurs, etc.), le SCPRI assure en permanence le contrôle réglementaire des rejets des installations nucléaires et de leur environnement. En particulier, plus de 40 000 échantillons sont analysés annuellement dans ses laboratoires du Vésinet. Ces analyses systématiques, indépendamment des autres dispositions, assurent la détection d'incidents éventuels qui auraient pu échapper à l'exploitant.

La surveillance constante de la radioactivité des productions agricoles est l'une des

préoccupations essentielles du SCPRI qui contrôle régulièrement, et depuis de nombreuses années, notamment les laits des 90 départements ainsi que des coopératives régionales, les céréales des silos en liaison avec l'ONIC, les eaux de rivière et de boisson, les productions maraîchères et fruitières, les produits de la pêche, les thyroïdes de bovins pour la détection précoce de l'iode radioactif, etc.

Enfin, le SCPRI contrôle étroitement les installations d'ionisation agro-alimentaire à des fins conservatrices ou antigerminatives, ainsi que le personnel qui y travaille. Il en est de même pour les serres et les installations d'aquaculture chauffées par les eaux de refroidissement des centrales.

2

Rôle du SCPRI en cas d'accident nucléaire

C'est l'aspect essentiel qui sera développé ici, en insistant sur les préoccupations de l'agriculture qui représente l'une des principales richesses nationales de la France.

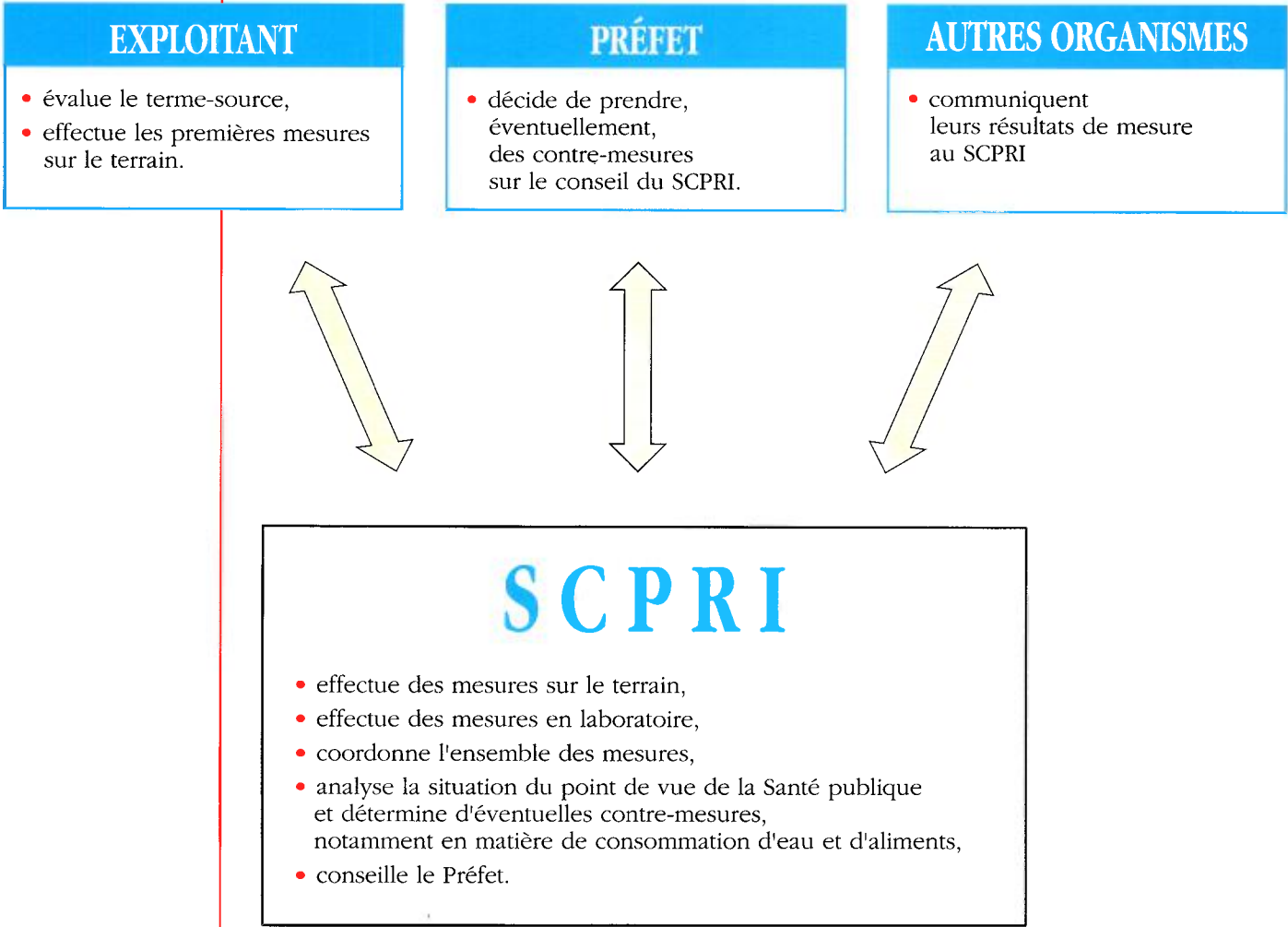
Le rôle du SCPRI, qui sera détaillé aux chapitres suivants, est primordial en cas d'accident. En résumé :

- il assure l'essentiel des mesures de radioactivité sur le terrain et des analyses fines en laboratoire, immédiatement après l'accident, puis dans les différentes phases post-accidentelles ;
- il coordonne les activités des autres organismes effectuant des mesures complémentaires sur place (exploitant, équipes du ministère de l'Intérieur, CEA...) ;
- il regroupe l'ensemble des résultats, en assure la synthèse, et détermine pour le Préfet, qu'il est chargé de conseiller, les contre-mesures qui s'imposent, à toutes les étapes, accidentelles (confinement des personnes, du bétail, consommation des denrées, etc.), puis post-accidentelles.

(2) L'ensemble de ces textes législatifs et réglementaires est regroupé dans la brochure n° 1420 du JORF - Edition 1990.

Organisation de l'intervention en cas d'accident nucléaire

Figure 1 : ▼
organigramme
de l'intervention



L'intervention du SCPRI en cas d'accident nucléaire s'insère naturellement dans la coordination interministérielle qui relève du Secrétariat Général de la Sécurité Nucléaire placé auprès du Premier ministre (SGSN). Des directives interministérielles du SGSN, à la rédaction desquelles le SCPRI a apporté une contribution essentielle, précisent le rôle des différents organismes impliqués dans la lutte contre les conséquences d'un éventuel accident nucléaire.

Le ministère de l'Intérieur (Direction de la Sécurité Civile et CODISC), en liaison avec le SCPRI, joue évidemment un rôle important dans ce type d'interventions par ses équipes locales des Centres de Secours et de Lutte contre l'Incendie. Les Cellules Mobiles d'Intervention Radiologique (CMIR), équipes spécialisées de la Sécurité Civile sont, en plus du matériel dont elles disposent déjà, progressivement équipées des laboratoires mobiles "Master Gemini" conçus et réalisés par le SCPRI. Leurs équipes, qui reçoivent au SCPRI une formation spécifique intensive, interviennent très précocement puisqu'elles sont sur place, aussitôt après celles de l'installation nucléaire en cause, dans le cadre des

Plans Particuliers d'Intervention (PPI). Elles s'articulent avec le SCPRI dès son arrivée sur place (dans le délai de quelques heures). Un matériel standardisé de mesures et de prélèvements est d'ailleurs déposé d'avance par le SCPRI dans toutes les préfectures voisines des installations nucléaires.

Les plans particuliers d'intervention de chaque installation nucléaire de base sont le complément opérationnel des plans ORSEC-RAD ; ils couvrent la phase initiale des 48 premières heures durant lesquelles les actions doivent essentiellement être "réflexes", c'est-à-dire suivre les instructions de fiches opérationnelles préétablies dictant son rôle à chacun des organismes concernés.

Au-delà de cette première phase, un "Plan d'action post-accidentelle" (PPA) prendra le relais.

Lors de ces deux phases, l'un des soucis prioritaires du SCPRI est la protection du patrimoine agricole dont la sauvegarde conditionne celle de la santé.

Le schéma de principe de la **figure 1** résume l'articulation de cette intervention du SCPRI.

3

Moyens du SCPRI pour les situations accidentelles : un dispositif d'une puissance unique au monde

a) Son réseau de télésurveillance du territoire :

En cas de situation anormale, les puissants moyens mobiles du SCPRI doivent intervenir le plus tôt possible et au bon endroit. Il fallait donc, en amont, les éclairer par un système de veille permanente aussi performant qu'eux-mêmes. Tel est l'objectif du réseau de télésurveillance en temps réel que le SCPRI a conçu et mis en oeuvre conformément à sa mission réglementaire (décret du 18 avril 1988 sur les Principes Généraux de Radioprotection).

Trente-deux stations (**figure 14**) sur les soixante actuellement prévues sont d'ores et déjà en service, en particulier sur les principaux aéroports français, avec l'accord de la Météorologie nationale. Elles permettent de transmettre chacune jusqu'à 16 paramètres différents (radioactivité volumique instantanée et différée de l'air, ambiance gamma, données météo, etc.).

La totalité du réseau sera achevée fin 1990.

Figure 2 ▼
Des moyens exceptionnels,
à la dimension d'un risque exceptionnel :
plus de 12000 personnes ou échantillons mesurés par 24 H.



-- S.C.P.R.I. SURVEILLANCE PERMANENTE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE --													
Station	In C	Di C	Vi	Tca	Tex	Pa	Vit	Dir	S	SC	P	Obs	
0 Ajaccio	54	1	15	1	23	+21	+22	1820	3	253	0000	S	MAS
1 Biarritz	17	1	8	1	15	+18	+17	1829	3	272	0000	S	MAS
2 Bourges	25	1	7	1	29	+20	+14	1827	2	211	0000	S	MAS
3 Brest	72	1	7	1	29	+18	+14	1816	1	269	0000	S	MAS
4 Brive	34	1	59	1	23	+20	+14	1824	1	27	0000	S	MAS
5 Cherbourg	27	1	16	1	28	+21	+13	1819	7	221	0000	S	MAS
6 La Rochelle	51	1	11	1	23	+21	+18	1817	1	280	0000	S	MAS
7 Lille	22	1	6	1	16	+20	+16	1823	1	218	0000	S	MAS
8 Lyon-Sat	67	1	18	1	19	+21	+19	1820	6	16	0000	S	MAS
9 Nice	20	1	7	1	17	+21	+20	1830	4	131	0000	S	MAS
10 Nîmes	23	1	1	1	29	+22	+16	1827	2	316	0000	S	MAS
11 Strasbourg	23	1	9	1	25	+20	+14	1829	1	347	0000	S	MAS
12 Tours	24	1	6	1	17	+20	+15	1826	1	214	0000	S	MAS
13 Verdun	30	1	10	1	21	+19	+17	1818	2	96	0000	S	MAS
14 1-Vesinet	32	1	7	1	17	+21	+15	1826	3	345	0000	S	MAS
15 2-Vesinet	17	1	10	1	15	+21	+15	1826	3	348	0000	S	MAS
16 3-Vesinet	32	1	9	1	17	+21	+15	1826	3	345	0000	S	MAS
17 4-Vesinet	33	1	10	1	16	+21	+15	1826	3	340	0000	S	MAS

Figure 3 ▲
Ecran central
de télémessure permanente de
la radioactivité sur le
territoire Français.

Un ordinateur du Vésinet interroge à distance, heure par heure, nuit et jour, chacune de ces stations et en présente les résultats sur écran vidéo (figure 3). L'interrogation peut se faire aussi à la demande. C'est le véritable "tableau de bord" de la surveillance radioactive en temps réel de notre territoire.

La grande sensibilité de ce dispositif permet de déceler toute élévation de la radioactivité artificielle bien avant qu'elle puisse présenter le moindre risque pour la santé des populations et la qualité des produits agricoles. Elle permet d'en faire l'analyse, d'identifier la nature de l'événement et, si nécessaire, de décider des mesures d'intervention. Le SCPRI peut de plus à tout instant déclencher à distance, dans chaque station de surveillance, une spectrométrie permettant, en quelques minutes, la recherche et l'évaluation des radioéléments caractéristiques de l'existence d'une situation anormale (iode et césium radioactifs) survenue au niveau d'une installation nucléaire nationale ou étrangère, et qui, en fonction de leurs niveaux, sont déterminants pour les décisions à prendre sur les plans sanitaire et agronomique.

Le SCPRI dispose par ailleurs d'un important réseau de prélèvements sur les avions long-courriers qui lui permet à l'avance de prévoir l'arrivée de nuages radioactifs sur la France. C'est ainsi que, 60 heures après l'explosion de Tchernobyl, il avait communiqué à l'AFP, dès le 29 avril 1986, la composition exacte du nuage venant d'URSS, par prélèvements sur avions au-dessus de l'Allemagne, puis signalé à la presse sa traversée de la France le 1er mai.

Les agriculteurs seraient naturellement les premiers informés par radio, presse, etc. de toute hausse de la radioactivité risquant de compromettre la vente ou l'exportation de leurs productions, et des dispositions à prendre en temps utile pour y faire face.

b) Le réseau téléphonique spécial du SCPRI

Outre ses différents moyens traditionnels ou avancés de télécommunication, le SCPRI dispose d'un central téléphonique spécial, hors lignes P et T, donc non saturable, qui lui permet, en cas d'accident, d'entrer en contact instantané et direct avec les chefs de toutes les installations nucléaires françaises, quelles que soient les circonstances.

En tout état de cause, les responsables des installations nucléaires sont tenus de signaler immédiatement au SCPRI tous leurs incidents d'exploitation. Il est intéressant de savoir qu'entre le 1er janvier 1987 et le 31 décembre 1989, 330 tels incidents, qui ont entraîné l'analyse de 1 487 prélèvements supplémentaires, ont été annoncés au SCPRI. Seulement huit d'entre-eux se sont avérés susceptibles de comporter un développement significatif, bien que sans aucune conséquence ni sanitaire, ni agronomique.

c) Le centre d'investigation radiopathologique

Rappelons que le SCPRI assure la permanence de l'accueil de personnes susceptibles d'avoir été irradiées ou contaminées (en France ou à l'étranger). A cet effet le SCPRI a, dans le cadre d'une association avec l'Institut Curie et le CEA, constitué au Vésinet le Centre d'Investigation Radiopathologique (CIR) qui peut accueillir jusqu'à 25 personnes exposées aux rayonnements ou contaminées par la radioactivité et qui, après les examens et interventions immédiates nécessaires éventuelles (décontamination, mesure de la radioactivité corporelle, etc.), peut si nécessaire les répartir, en fonction de l'urgence réelle et des lits disponibles, dans les services hospitaliers spécialisés en radiopathologie.



Figure 4 ▲
Voiture-rail spectrométrique : 32 postes de mesure.



Figure 5 ▲
Voiture-rail : 5000 personnes ou échantillons par jour

Figure 6 ▼
Semi-remorque "super-gémini":



Figure 7 ▼
Semi-remorque super-gémini :
12 postes, 1500 personnes ou prélèvements de produits par jour.





Figure 8 ▲
Masters Renault Gemini :
3200 personnes ou
échantillons par jour.

Figure 9 ▼
Postes gémini en position
de mesure sur échantillons.



d) Les moyens mobiles du SCPRI

Le SCPRI a développé, pour le contrôle, en cas d'accident nucléaire, des populations, mais aussi de l'environnement, et en tout premier lieu des produits agricoles, de puissants moyens mobiles de mesure pré-

cise de la radioactivité. Ces moyens le rendent totalement autonome dans ses interventions sur place. Outre la précocité des résultats, ils présentent entre autres l'avantage d'une très grande fiabilité, et celui de pouvoir stationner en des lieux où la contamination radioactive ne risque pas de gêner les mesures, ce qui peut ne pas être le cas pour les installations fixes, en particulier celles des installations nucléaires impliquées dans l'accident, ou des laboratoires régionaux voisins.

Le moyen lourd : il consiste en une *voiture-rail spectrométrique* (figures 4 et 5) capable de mesurer simultanément 32 échantillons de produits ou individus. Homologuée pour 200 km/heure, elle atteint tout point de l'hexagone en moins de 24 heures. L'acquisition des données s'effectue en 5 à 10 minutes. Cette voiture, complètement autonome sur le plan énergétique, permet d'effectuer jusqu'à 5 000 contrôles par jour.

Les moyens semi-lourds sont constitués par deux *semi-remorques* de 20 tonnes dont l'une en particulier (figures 6 et 7) emporte à la fois 12 postes de mesure (le tiers de la voiture-rail), un laboratoire complet de radiochimie, et un laboratoire de dosimétrie. Elle peut être très rapidement à pied d'oeuvre, et contrôler jusqu'à 1 500 personnes ou prélèvements de produits par jour.

Les moyens légers mobiles consistent en huit "Master Gemini (figures 8 et 9) équipés chacun de quatre des mêmes postes de mesure que les précédents. Leur avantage, comme celui des semi-remorques, est d'aller là où le rail ne peut aller avec une grande souplesse et la même autonomie. Ils sont particulièrement bien adaptés au milieu rural. L'un de ces "Masters" a été prêté pendant près de deux ans aux soviétiques qui l'ont utilisé notamment pour le contrôle de plusieurs dizaines de milliers de personnes de la région de Tchernobyl, mais aussi pour de nombreuses mesures en milieu agricole en Biélorussie et en Ukraine. Ce banc d'essai en vraie grandeur a permis de perfectionner encore ces laboratoires mobiles. Leur capacité est de 400 contrôles par jour et par voiture.

Tous ces véhicules sont reliés entre eux par VHF, et entièrement standardisés, ce qui renforce leur efficacité sur le terrain en cas de situation accidentelle. Ils pourraient, de même, par un simple dispositif additionnel, effectuer le contrôle systématique des viandes



Figure 10 ▲
Salle des 100 compteurs
BBF du SCPRI

directement dans les entrepôts frigorifiques (200 tonnes par jour et par "Master").

Le CEA et le Service de Santé des Armées ont, pour leur part, acquis chacun un Master spectrométrique—SCPRI. D'autres commandes ont été passées par différents organismes officiels, notamment la Sécurité civile et plusieurs pays étrangers.

En cas d'accident nucléaire, cette flotte de véhicules de mesure pourrait se répartir sur un large territoire en vue notamment d'effectuer très précocement en milieu rural des dizaines de milliers de mesures sur les produits agricoles. Ils pourraient aussi, si nécessaire, s'implanter rapidement aux passages frontaliers ou sur les ports pour faciliter directement les exportations par délivrance sur place de certificats d'exportation après des mesures immédiates effectives.

L'ensemble de ces moyens et des équipes mixtes (SCPRI, Sécurité Civile, CEA, Armées), qui les servent, n'a pas d'équivalent au monde, et permettrait de garantir le contrôle sur place de plus de 12 000 prélèvements par jour. Ils sont aussi, bien entendu, prêts à intervenir dans n'importe quel pays qui en ferait la demande, à commencer par ceux de la Communauté européenne.

e) Les laboratoires centraux et régionaux du SCPRI

En cas d'accident, outre ces moyens mobiles, naturellement toutes les installations

d'analyse du SCPRI au Vésinet, qui travaillent habituellement sur les prélèvements de routine, sont mobilisées pour les analyses d'urgence. Rappelons qu'il s'agit, pour ne citer que certaines des plus importantes, de :

- une salle de 100 compteurs bêta à très faible mouvement propre, associée au Département de Radiochimie, ayant une capacité de mesure en urgence de 5 000 échantillons par jour (**figures 10 et 11**) ;
- 15 unités de spectrométrie gamma à semi-conducteurs, au Département de Radiophysique, équipées de passeurs automatiques d'échantillons, soit 300 échantillons à la fois ; 10 spectromètres gamma à semi-conducteurs pour mesures individuelles : 30 grandes chambres à sondes d'iodure de sodium (particulièrement adaptées aux mesures rapides). En tout, plus de 1 000 analyses spectrométriques fines par jour (**figures 12 et 13**).

Bien entendu, le laboratoire de dosimétrie individuelle du SCPRI, qui traite habituellement plus de 100 000 dosimètres photographiques et thermoluminescents par mois est, de son côté, également utilisé en tant que de besoin pour le traitement d'urgence des dosimètres d'ambiance, ou de tous autres dosimètres supplémentaires mis en oeuvre à la suite de l'accident (personnel d'intervention, personnel agricole, etc.).

Enfin, le SCPRI dispose de trois divisions régionales à Bordeaux, Avignon et Angers au niveau desquelles certaines mesures en série peuvent être aussi effectuées. Une quatrième division régionale est à l'étude dans l'est de la France.

Figure 11 ▼
Séparation du strontium 90
au laboratoire de radiochimie.

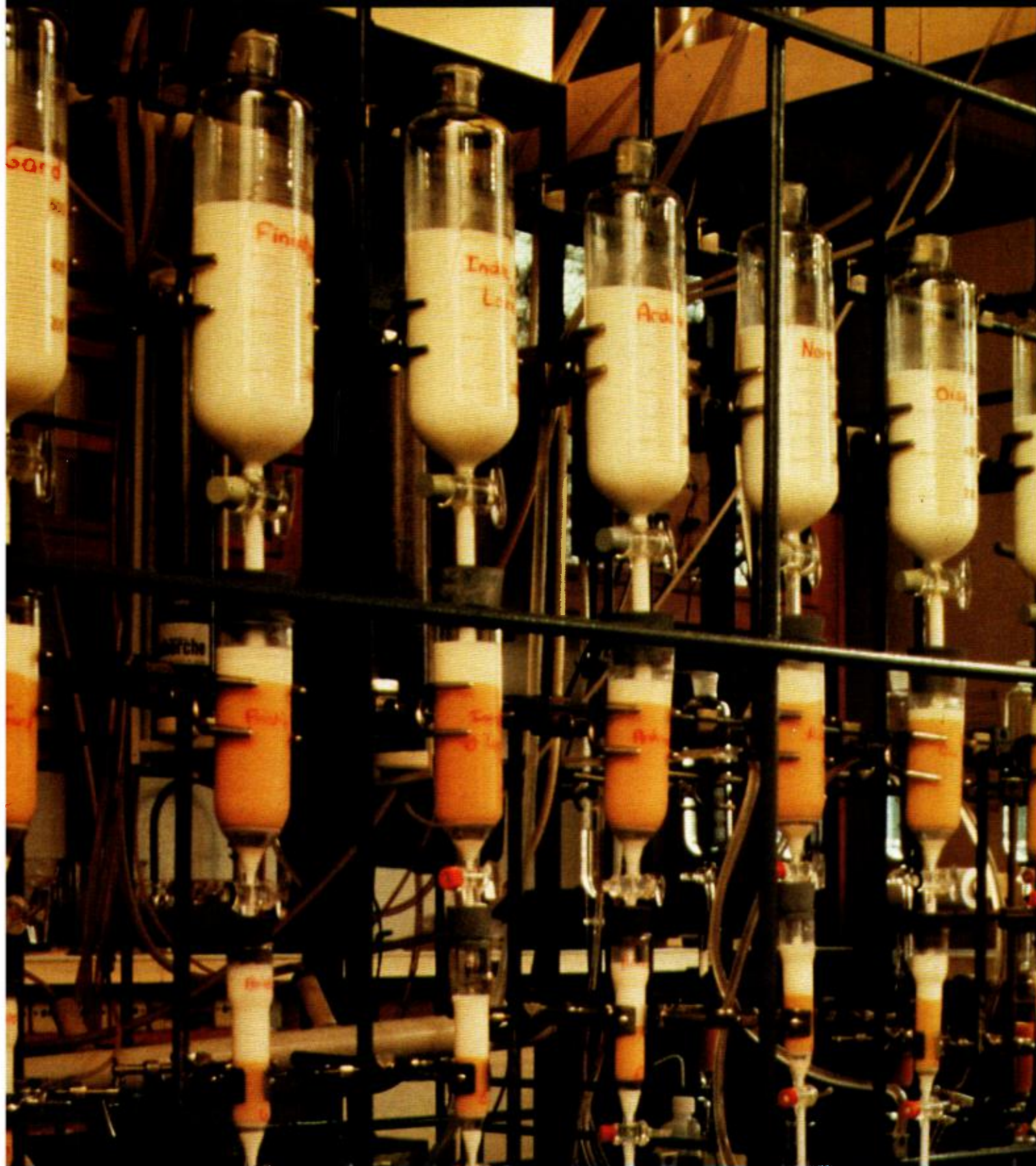


Figure 12 ▼
Salle des passeurs spectrométriques Gamma.

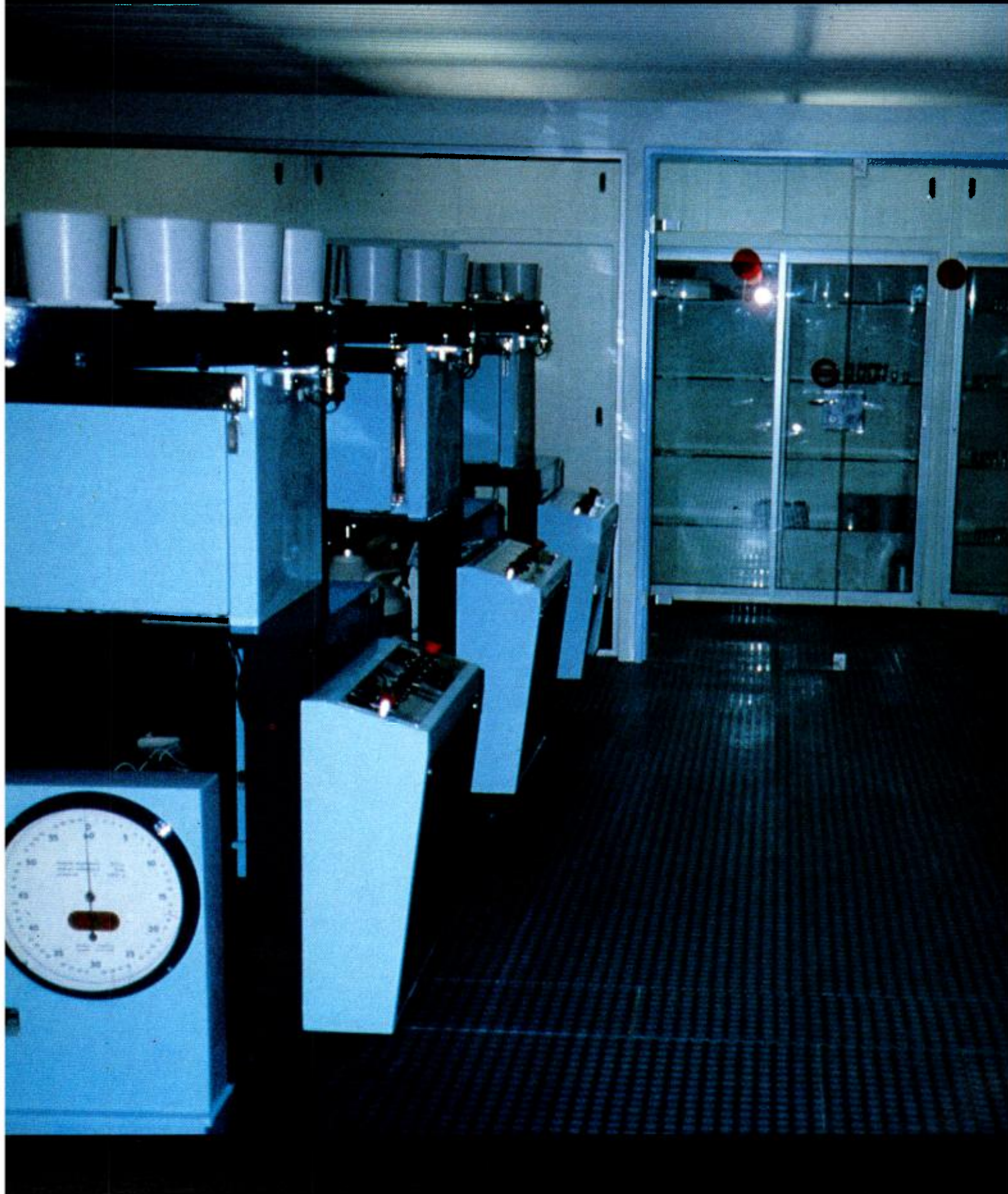


Figure 13 ▼
Batterie de spectromètres Gamma
à bas bruit de fond.

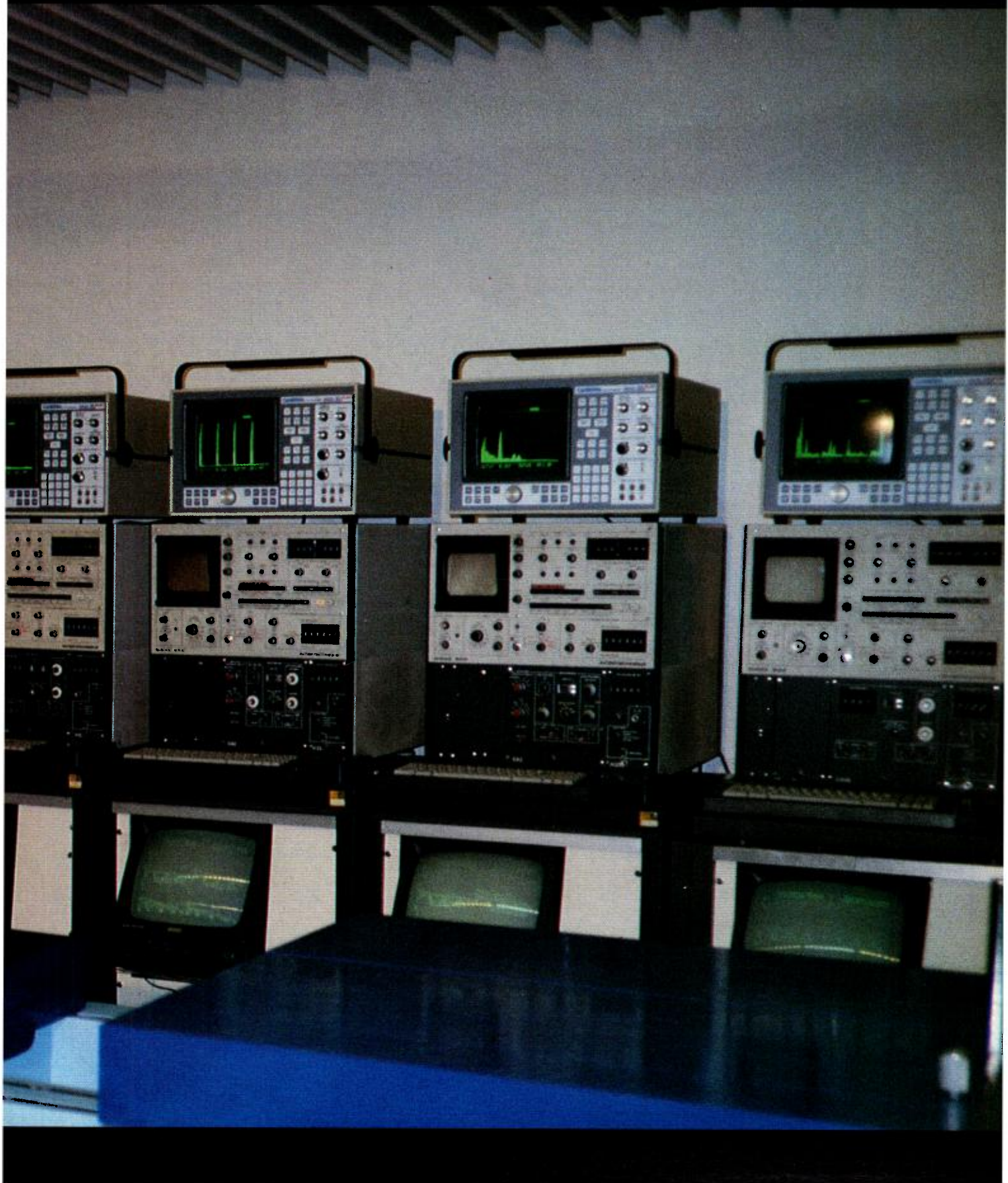
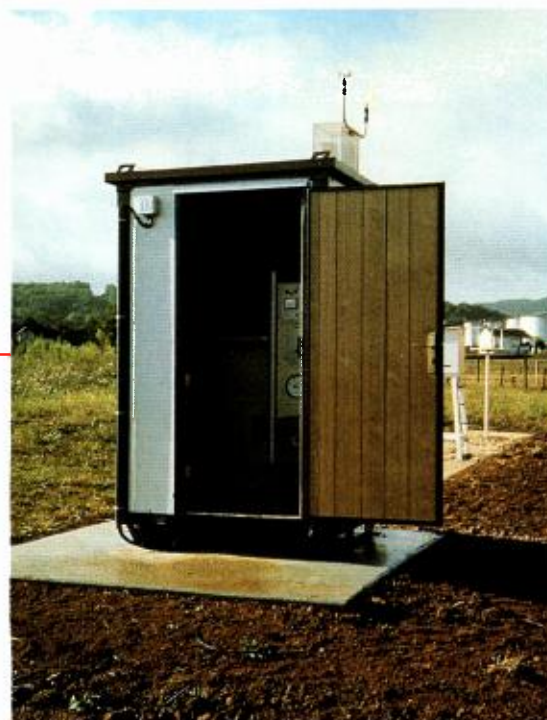


Figure 14 ►
Cabine de télémesure :
16 paramètres radiophysiques
et météorologiques surveillés en permanence



Action du SCPRI en cas d'accident nucléaire

Le SCPRI a donc une double responsabilité réglementaire : l'intervention que nous venons de décrire, mais aussi la coordination :

a) La coordination technique proprement dite

Cette mission du SCPRI est, nous l'avons vu, définie par instructions interministérielles du SGSN. Elle consiste à :

- coordonner, dès l'alerte, les diverses équipes effectuant sur place les premiers prélèvements et la détection, avant qu'il n'intervienne lui-même sur le terrain avec ses moyens propres de mesures ;
- vérifier sur place, en masse, la radioactivité corporelle des personnes susceptibles d'être contaminées, aussi bien que la radioactivité des prélèvements ;
- rassembler toutes ces informations et dresser les cartes réelles de l'exposition ambiante, de la contamination de l'atmosphère, du sol et de la chaîne alimentaire en vue d'évaluer la situation sanitaire et de définir les éventuelles contre-mesures en série qu'il va réglementairement conseiller au préfet (voir paragraphe b).

Cette coordination impose une chronologie et une standardisation rigoureuses des prélèvements et des mesures :

1) Les premières mesures visent les débits de dose gamma. Elles concernent l'exposition à un panache éventuel contre laquelle on peut se prémunir par un confinement précoce. A cet effet, l'exploitant est tenu de fournir au SCPRI, dans les 30 minutes au plus, une évaluation précise du "terme-source" et, dans les 60 minutes au plus, un relevé des débits de dose à l'extérieur immédiat du site. En effet, si une évaluation sur modèle peut rendre quelques services tant qu'on ne dispose pas encore de résultats concrets, elle s'efface dès que sont établies les cartes des mesures réelles sur le

terrain, qui sont déterminantes en situation accidentelle, notamment pour décider de l'application ou non d'éventuelles contre-mesures qui ne sont pas toujours elles-mêmes sans risques. C'est pour atteindre cet objectif qu'un certain nombre de dispositions ont été prises à la demande du SCPRI :

- des **chambres d'ionisation** pour la mesure de la radioactivité ont été installées dans les cheminées de rejet (à l'initiative du SCPRI, les gammes de mesure de ces appareils ont d'ailleurs été modifiées pour permettre l'évaluation correcte du rejet quelles que soient les activités susceptibles d'apparaître en cas d'accident)
- des **équipements fixes** de surveillance ont été répartis dans l'environnement des centrales nucléaires : quatre radiamètres enregistreurs aux limites du site (ils sont reliés en permanence au réseau de télémesure du SCPRI, précédemment décrit), et quatre autres dans un rayon de 5 kilomètres autour du site (**figure 14**). D'autre part, plusieurs dizaines de dosimètres intégrateurs répartis sur la clôture et dans l'environnement de chaque installation nucléaire par le SCPRI constituent l'indiscutable référence en cas d'accident ;
- des **équipements mobiles** sont imposés à chaque installation nucléaire de base qui doit disposer en permanence de deux véhicules équipés notamment de radiamètres et de dispositifs de prélèvement avec le personnel nécessaire, à la disposition du SCPRI.

2) La collecte d'échantillons et leur mesure sont d'abord effectuées par l'exploitant, le premier à pouvoir intervenir sur place grâce :

- aux **équipements fixes de surveillance des aérosols** : cinq stations de prélèvements sur filtres fixes ont été disposées par le SCPRI dans un rayon d'un kilomètre des installations ;

- aux **dispositifs de prélèvements d'aérosols** portables sur ses véhicules.

Les plans particuliers d'intervention précisent les circuits à effectuer, repérés à l'avance sur des cartes.

Les Cellules Mobiles d'Intervention Radiologique (CMIR), puis le SCPRI dont l'équipe locale, dépêchée auprès du Préfet, dispose très rapidement sur place de ses propres moyens d'intervention, prennent le relais de ces premières mesures, en les étendant notamment aux sols, végétaux et produits alimentaires. Parmi ces dernières, au stade du Plan Particulier d'Intervention (PPI), ce sont essentiellement les produits maraîchers et les fruits, dont la consommation sans précautions pourrait, à partir de certains niveaux, être contre-indiquée, qui font l'objet d'analyses dans les moyens mobiles du SCPRI.

Les laboratoires mobiles du SCPRI s'attachent donc en particulier à des mesures spécifiques sur les produits agricoles : prélèvements de végétaux, d'eaux, de sols, d'aliments (lait, viandes, etc.). Pour ce qui concerne l'alimentation, notamment les fruits et salades de production locale et le lait, la mise

en oeuvre de mesures coordonnées exige la connaissance des circuits locaux de production et de consommation. Ce travail est réalisé par l'équipe du SCPRI présente sur place, en liaison avec les responsables locaux de la Santé et de l'Agriculture. Mais il convient, pour que ce contrôle soit efficace, qu'une étude préalable de ces circuits de consommation courts ait été réalisée à l'avance par les services de l'agriculture.

Toutes ces mesures seront par la suite systématiquement affinées dans les laboratoires du Vésinet.

3) Lorsque le Plan Post-Accidentel (PPA) prend le relais du Plan Particulier d'Intervention (PPI), soit sous 24 à 48 heures (c'est-à-dire lorsque la phase aiguë de l'accident est passée) et que l'on doit faire face à ses conséquences à plus long terme, le contrôle de l'alimentation s'intensifie et se diversifie : lait, récoltes sur pied, etc.

Dans cette phase, ce sont encore les moyens mobiles du SCPRI, complétés par ses analyses en laboratoire, qui jouent un rôle prépondérant pour éclairer l'agriculture sur la situation réelle.

b) Les contre-mesures : le SCPRI conseiller du Préfet

La responsabilité de l'application des contre-mesures de radioprotection incombe au Préfet, dont le conseiller est le SCPRI, conformément à la réglementation et aux directives interministérielles relatives à l'application des plans de secours (Le SCPRI peut, s'il le juge utile, s'appuyer lui-même sur le Comité National d'Experts Médicaux en Cas d'Accident Radiologique, qu'il réunit à son initiative).

Les contre-mesures possibles sont les suivantes :

- **L'évacuation** : en France, compte tenu du type des réacteurs (eau pressurisée) et du niveau de leur sûreté (bâtiment de confinement du réacteur, filtres à sable, etc.), il est peu probable que cette mesure extrême devienne nécessaire. Tout au plus pourrait-elle être très temporairement décidée pour un

groupe limité, au maximum quelques centaines de personnes, pour quelques heures, aux abords mêmes de l'installation nucléaire (cf. fiche N° 13).

- **Le confinement des personnes** : en revanche le confinement temporaire à domicile, portes et fenêtres fermées, conduits d'aérations obturés, est la contre-mesure la plus probable et la plus adaptée en cas d'accident nucléaire. Elle serait efficace à la fois contre l'exposition externe et contre la contamination, et permettrait de réduire la dose totale d'un facteur de 5 à 20 selon le type d'habitation (cf. fiche N° 13).

Le confinement limité serait notamment mis en oeuvre sous le vent de l'installation au cas où la décompression filtrée du bâtiment-réacteur (filtres à sable), dont les centrales ont été équipées à la demande insis-

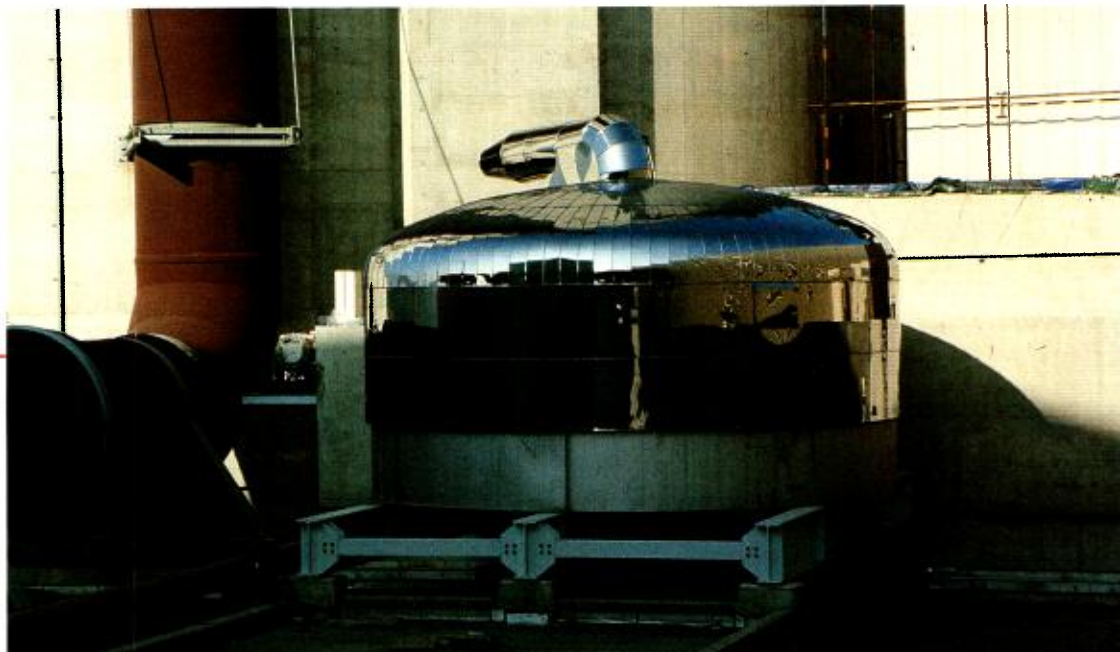


Figure 15 ▲
Le "filtre à sable"
imposé par le SCPRI sur tous les réacteurs Français.

tante du SCPRI (**figure n° 15**), était décidée. Il ne durerait que quelques heures. Le marquage visible du panache demandé par le SCPRI, facile à réaliser, est d'ailleurs de nature à simplifier cette opération en réduisant le confinement aux seules zones réellement situées sous le vent.

- **La prise d'iode stable** : elle ne se justifierait, à titre préventif, que si l'on pouvait craindre pour les habitants des doses à la thyroïde supérieures à 0,5 gray, ce qui est très peu probable et, en tout état de cause, limité dans l'espace et le temps. Encore cette absorption n'est-elle pas sans inconvénient et ne doit-elle être entreprise que sous contrôle médical (note d'information DGS-SCPRI-1561 du 16/10/89 du ministre de la Santé aux Préfets). De toutes façons, le SCPRI dispose dès à présent de stocks de pastilles d'iodure de potassium pour d'éventuelles contre-mesures immédiates justifiées. Mais il faut savoir que l'iode stable peut être absorbé sous bien d'autres formes faciles d'accès (solution de Lugol, teinture d'iode en gouttes ou en application cutanée, etc. (cf. fiche N° 13).

- **Le confinement des animaux** : à partir

d'un niveau significatif des retombées, dont les agriculteurs seraient, en cas d'accident, avisés largement à temps par le SCPRI, rentrer le bétail et l'alimenter temporairement avec du fourrage en stock pourrait limiter considérablement la radioactivité incorporée aussi bien dans le lait que les viandes (cf. fiche N° 14-5).

- **Les restrictions de consommation** : l'interdiction de consommer certaines denrées alimentaires pourrait s'imposer temporairement pour certaines productions maraîchères et fruitières locales (circuit court) dans l'attente des contrôles. Pour les autres denrées, d'éventuelles interdictions seraient fonction des résultats des mesures. Pour l'eau de boisson du robinet, une telle interdiction de consommation a priori ne serait généralement pas justifiée, compte tenu de la protection de fait dont bénéficie tout réseau de distribution d'eau potable;

En revanche, les eaux de citerne, encore fréquentes dans certaines régions, doivent avoir été recensées à l'avance, car certaines pourraient être, si nécessaire, interdites en temps opportun (cf. fiche N° 13). (Dans les régions où les citernes sont nombreuses, le SCPRI effectuerait naturellement des tournées de mesures à la demande, à l'aide de ses véhicules laboratoires).

5

Trois actions essentielles d'information sont assurées par le SCPRI :

- chaque semaine, le système **d'information par Minitel** mis en place fin 1986 (36 14 code MAGNUC) est approvisionné par le SCPRI en données sur les niveaux de radioactivité de l'environnement général et de l'environnement des sites nucléaires ;
- une **cellule d'information téléphonique**,

L'information par le SCPRI

sur les problèmes de radioprotection au ministère chargé de la Santé, tél. (1) 39 76 78 18, fonctionne 24 heures sur 24, également depuis 1986 ;

- enfin une information sur **répondeur téléphonique du SCPRI** traite de problèmes d'actualité scientifique dans le domaine de la radioprotection, de la radioactivité et de l'énergie nucléaire, au tél. (1) 39 76 38 38

Ce qu'il faut savoir des limites de commercialisation en matière de radioactivité des denrées

L'équivoque est trop fréquemment entretenue dans ce domaine par la confusion de deux notions fondamentalement différentes :

1) D'une part, la limite sanitaire réglementaire, reprise de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et des Directives d'Euratom, limite qui s'exprime en quantité maximale de radioactivité ingérable annuellement par une personne du public. Cette limite annuelle d'incorporation (LAI) est de 400 000 becquerels pour le césium 137. (Si l'on considère, par exemple, des champignons d'une activité très exceptionnelle de 4 000 becquerels de césium 137 par kilogramme frais, il en faudrait, pour une personne de la population, consommer 100 kg dans l'année avant d'atteindre cette limite elle-même très prudente puisque, pour un travailleur, elle est de 4 millions de becquerels par an parce qu'il est soumis à une surveillance médicale particulière au titre de la Médecine du Travail).

2) D'autre part, la limite de commercialisation, imposée pour la première fois après l'accident de Tchernobyl à l'importation à partir de pays tiers vers ceux de la Communauté (600 Bq/kg), par le Règlement CEE n° 1707/86. Il ne s'agit que de limites d'application commerciale et douanière, visant simplement à obliger les exportateurs vers la CEE à n'introduire sur le marché européen que des denrées de radioactivité par kilogramme "a priori" suffisamment basse pour permettre ensuite le respect et le contrôle faciles, dans le réseau de distribution, des limites sanitaires d'incorporation "annuelles" précitées.

La Commission européenne précise en effet au JOCE du 6 juillet 1987 : "Les

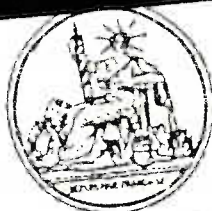
Etats-membres de la CEE ne sont pas tenus d'imposer ces limites aux denrées alimentaires produites et vendues sur leur propre territoire, mais ils se sont tous engagés à ne pas appliquer aux importations originaires d'autres Etats-membres (de la CEE) des limites plus strictes que celles qu'ils appliquent au niveau national".

La Commission précise par ailleurs (Règlement du Conseil du 22.12.87) que "le niveau applicable aux produits concentrés ou séchés est calculé sur la base du produit reconstitué prêt à la consommation". (En conséquence, donner la radioactivité spécifique d'un aliment en poids sec n'a pas de sens : à titre d'exemple, la radioactivité réelle, pour le consommateur de champignons ayant une activité spécifique de 3 500 becquerels par kilogramme de poids sec, n'est pas supérieure à 350 Bq par kilogramme prêt à la consommation car la reprise en eau pour les champignons secs est d'un facteur de l'ordre de 10).

La limite de commercialisation de 600 Bq/kg n'a été fixée que pour les suites de Tchernobyl, dans des conditions d'urgence et d'extrême prudence compte tenu du fait qu'il n'y avait jamais eu l'expérience d'une situation de cette nature. Depuis, les différentes commissions internationales compétentes ont considérablement travaillé sur ces données et, pour ce qui concerne les pays de la CEE, le Règlement n° 3954 du 22 décembre 1987 retient, en cas de nouvel accident de ce type, des limites de commercialisation plus adaptées (cf. fiche N° 7.2).

Sur le plan mondial, le consensus est acquis, dans le cadre des travaux de la FAO et du Codex Alimentarius, pour une limite globale à 1 000 becquerels par kilogramme en radiocésium.

RÉPUBLIQUE



FRANÇAISE

CERTIFICAT DE NON-RADIOACTIVITÉ (SUR ANALYSE)
RADIATION CERTIFICATE (AFTER ANALYSIS)

MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES
SERVICE CENTRAL DE PROTECTION
CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS
CENTRE INTERNATIONAL DE RÉFÉRENCE DE L'OMS
pour les mesures de radioactivité
International Reference Center for radioactivity
measurements of the World Health Organization

ATS n°

Expéditeur/Shipper :

Destinataire/Notify Party :

Description des marchandises/Description of goods :

RÉSULTATS
(Bq/kg ou Bq/l)

NATURE

Expédition/Shipment :

Les marchandises décrites sur ce certificat, qui ont fait l'objet de mesures sur prélèvements concernant le Césium 134 et 137 :

- ne contiennent pas de radioactivité (1) (2)

- contenant Becquerels/kg ou litre (2)

The goods stated on this certificate which were measured on samples as far as the Cesium 134 & 137 are concerned :

- do not contain any radioactivity (1) (2)

- contain Becquerels/kg or liter (2)

ACKNOWLEDGMENT : All the measurements carried out in order to establish the present certificate are calibrated on WHO-IRC standards including quality controls, and realized in the following conditions :

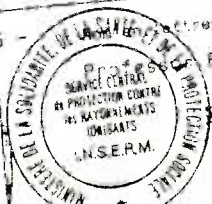
- for gamma activity: advanced gamma spectrometers equipped with Sodium-Iodide crystals, and/or intrinsic Germanium probes.
- for beta activity: very low background flow-counters associated with advanced radiochemical separations.
- for alpha activity: Argon-methan grid chambers with automatic sample changers, preceded by electro-depositions.

Fait à/Done at : F-78110 LE VESINET - BP 35 -

Le/The :

Cachet/Stamp

WORLD HEALTH ORGANIZATION
International Reference Center
for Radioactivity
SCPRI
B.P. n° 35 - 78110 LE VESINET (France)



P.A.J. PELLERIN - MD, Director of IRC

Signature :

(1) Moins de 50 Bq/kg ou litre/Less than 50 Bq/kg or liter. (2) Rayer la mention inutile/Delete as appropriate.

Figure 16 ▲
Fac - simili du certificat de non-radioactivité du SCPRI

CONCLUSION

Un effort exceptionnel a été consenti par l'industrie nucléaire française pour porter la sécurité de ses soixante réacteurs à un niveau exemplaire (le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants y a, pour sa part, apporté une contribution déterminante). Il en résulte qu'en cas de défaillance grave du réacteur, les dispositions constructives existantes garantissent le confinement de la radioactivité ou, dans les hypothèses les plus excessives, au pire une décompression sous filtrage, limitée dans le temps.

Cette situation très sûre ne pouvait cependant d'aucune façon dispenser les autorités de prévention, et en premier lieu la Santé Publique, de mettre au point les dispositions et les matériels permettant une intervention puissante, efficace et concrète en cas d'accident nucléaire, circonstance qui commande le réalisme et exclut le raffinement intellectuel ou les tergiversations.

L'expérience acquise par le SCPRI en URSS après Tchernobyl le confirme sans équivoque, et montre en particulier que les résultats d'analyses effectuées sur le terrain prévalent alors sur les modèles mathématiques prévisionnels (qui n'ont pas permis de prédire notamment la contamination en "tâches de léopard" relevée en Ukraine et en Biélorussie, et ne le permettront d'ailleurs jamais). Elle confirme également que les efforts doivent se concentrer sur la mesure de l'iode, puis surtout du césium radioactifs. Ceux-ci sont responsables de l'essentiel de l'exposition des personnes, mais c'est surtout le césium 137 qui constitue la préoccupation essentielle de l'agriculture, par les contaminations à très long terme (plusieurs dizaines d'années) qu'il entraîne et qui risquent de compromettre gravement la vente et l'exportation des produits agricoles (3)

Les moyens de mesure fiables, précis et puissants, servis sur le terrain par un personnel entraîné, représentent la seule réplique adaptée à de telles situations. Tous les efforts du SCPRI ont été concentrés vers cet objectif.

Les agriculteurs français savent qu'ils peuvent compter sur le SCPRI : pendant les trois ans qui ont suivi l'explosion de Tchernobyl, ce service a délivré des milliers de certificats d'exportation (**figure 16**) fondés sur des milliers de mesures fines, effectuées cas par cas, avec les moyens les plus avancés, qui ont permis et permettent toujours l'exportation des denrées françaises dans les pays du monde entier (même les plus sévères tels que le Japon), en prouvant que, contrairement aux rumeurs lancées par des campagnes alarmistes, elles respectaient effectivement, et très largement, les limites de commercialisation fixées par le règlement CEE 1707/86.

En effet, une campagne de désinformation avait, à l'époque, jeté le discrédit sur certains produits agricoles français en diffusant des chiffres de radioactivité erronés assortis d'interprétations inexactes. On trouvera sur la **figure 17** le tableau du rapport 86 (607) des Communautés européennes qui confirme que les doses résultant de Tchernobyl en France sont restées parmi les plus faibles de l'Europe occidentale.

Mais cela, seule la mesure scientifique permet de le prouver. Rappelons à cet égard que le SCPRI est aussi le Réseau d'Alerte (GERMON) et le Centre International de Référence de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les mesures de radioactivité. A ce titre, il coordonne les intercomparaisons des services de radioprotection de plus de 30 pays dans le monde, dont les Etats-Unis, le Japon et l'URSS, en particulier dans le domaine de la radioactivité alimentaire, ce qui représente une caution exceptionnelle sur le plan mondial pour l'agriculture française.

Les agriculteurs peuvent, en cas de nécessité, s'adresser au SCPRI pour lui demander aide, notamment sur le plan de l'exportation :

par téléphone : au n° (1) 39.76.04.32

par télex : au n° 696257

par télécopie : au n° (1) 39.76.08.96

Ils sont assurés d'y recevoir toujours l'accueil le plus attentif.

(3) C'est pour supprimer ce risque majeur pour l'agriculture que depuis 1987, le SCPRI demande que soit étudiée d'urgence une modification du combustible des centrales nucléaires REP permettant le blocage réfractaire du césium en cas de fusion du cœur, ceci pour garantir en toutes circonstances la rétention du césium 137 dans le réacteur.

**1 Exposition globale
de la population d'Europe Occidentale
(300 millions d'habitants)
à la suite de l'accident de Tchernobyl**

SOURCE D'EXPOSITION	DOSE-VIE (sur 50 ans) (MICROSIEVERT)
Naturelle	70 000 à 140 000
Médicale	21 000 à 35 000
TCHERNOBYL	0,3 à 610

**2 Exposition détaillée pour chacun
des 12 pays-membres de la CEE**

PAYS	DOSE SUR 50 ANS (MICROSIEVERT)
GRECE	610
R F A	410
ITALIE	370
IRLANDE	210
PAYS-BAS	110
LUXEMBOURG	100
DANEMARK	100
BELGIQUE	92
<u>FRANCE</u>	<u>88</u>
ROYAUME-UNI	49
ESPAGNE	1,2
PORTUGAL	0,3

**3 Rapport à la CEE du National
Radiological Protection Board (NRPB)
de Grande-bretagne**

Prédiction théorique de cancers (dont 2 % de leucémies) supplémentaires, après Tchernobyl pour l'ensemble de la population d'Europe Occidentale (sur 300 millions d'habitants).

- Entre 0 (au minimum) et 1000 (au maximum) cas de cancers supplémentaires potentiels dus à l'accident de Tchernobyl sur les 70 prochaines années.
- Pour la même période, la prévision du nombre de cancers mortels, toutes causes confondues, est de 60 millions de cancers pour la population d'Europe Occidentale (dont 10 millions par le tabac et 10 millions par l'alcool).

**Comparaison
des doses reçues
après Tchernobyl**

ZONES GÉOGRAPHIQUES	DOSES	
	EN MREMS	EN RELATIF
France et Europe de l'Ouest	5	1
Europe Centrale (Pologne)	50	10
Russie d'Europe	500	100
A 30 Km du site	5000	1000
A 5 Km du site	50 000	10 000
Au point 0	500 000	100 000

A

Abreuvement (eau d') :	14.3	Allaitement :	14.5-15.5
Accident (installations) :	10	Alpha (émetteurs) :	11.10-11.11-11.12
(gravité d'un) :	12-16.1	Amendements :	14.2
(exemples et conséquences) :	16	Americium :	11.10
Activation : (produits d')	11-11.8-11.9	Annecy :	10.5
Activité (radio-) :	2	Animaux (évacuation des éleveurs)	13.2
Activités nucléaires :	10	(cheptel)	14.5
Air (contamination) :	12.2-14.1	(viandes)	15.5
Alimentaires (normes) :	7 (tableau 1)	(familiers)	13.1
Alimentation : (de l'homme)	13.4-13.5	Armes (accidents par chute d') :	16.3
(de l'animal)	14.5-15.2	Atmosphère (contamination de) :	14.1
		Atome :	1

B

Bâtiments (contamination des) :	14.7	Bessines :	10.2
Becquerel (Bq) :	2		

C

Cadarache :	10.5-10.10-10.11	Combustible (cycle du) :	10
Cancer :	5	(fabrication du) :	10.5
Céréales (contamination des) :	15.6	(retraitement du) :	10.7
Centrale EDF :	10.6	Confinement :	7-13.1
(localisation fonctionnement) :	10.6	Contamination (de l'air) :	14.1
(accidents sur) :	16.2	(du sol) :	14.2
Centre d'études nucléaires :	10.10	(des eaux) :	14.3
Césium (Cs) :	11.4	(des végétaux) :	14.4
Champignons (contamination des) :	14.6	Criticité :	11.10
Cheptel (contamination et protection du) :	14.5	Curie (Ci) :	2
Cobalt (Co) :	11.9		

D

Dagneux :	10.13	Dépôt :	14.2-14.7
Décontamination (des sols) :	14.2	Dose absorbée :	2
(des végétaux)	13.5	(échelle de) :	9
Décroissance de la radioactivité :	3	(létale) :	5
Demi-vie (syn. période radioactive) :	3		

E

Eaux (contamination des) :	14.3	Enrichissement (usines d') :	10.4
Escarpière :	10.2	Équivalent de dose :	2
Effets sur la santé :	5	Escargots (contamination des) :	14.6
Électron :	1	Évacuation (des populations) :	7-13.2
Élimination des cultures :	14.4	(des éleveurs) :	13.2
Emballages (de transport) :	10.14	Exposition :	1-4

F

Fer :	11.9	Fruits (contamination des) :	15.1
Filiation (produits de) :	11	Fourrages (contamination des) :	15.2
Fission (produits de) :	11-11.1 à 11.7-10.6	Fontenay-aux-roses :	10.10
Forêts (contamination des) :	14.6		

G

Gaz rares :	11.1	Gravité (d'un accident) :	12
Gammagraphie :	16.2	Gray (Gy) :	2
Génétiques (effets) :	5	Grenoble :	10.10-10.11
Gibier (contamination du) :	14.6		

I

Installations		Ion :	1
(localisation fonctionnement) :	10	Ionisateur :	10.13
(l'accident dans les) :	12.1	Ionisants (rayonnements) :	1
Intervention (niveau d') :	7	(atteintes par) :	4
(mesures d') :	13	(effets) :	5
(organisation de) :	8	Irrigation :	14.3
Iode :	11.2	Isotope :	1.1
(administration d'Iode stable) :	13.3	Irradiation (exposition) :	1

J

Jachère (contamination d'une) :	14.6
---------------------------------	------

K

Krypton :	11.1
-----------	------

L

Labour :	14.2	Laiterie :	15.4
La Hague :	10.7 10.8	Langogne :	10.2
L.A.I.		Légumes (contamination des) :	15.1
(Limite Annuelle d'Incorporation) :	7	Limeil :	10.12
Lait (contamination du) :	15.3	Lodève :	10.2

M

Mailhac :	10.2	Miel (contamination du) :	14.6
Malvesi :	10.3	Milieux naturels non exploités	
Manganèse :	11.9	(contamination et protection) :	14.6
Marcoule :	10.7	Mine (minéral) :	10.1
Marseille :	10.13	Mutation :	5-14.5-14.4
Matériels (contamination des) :	14.7		
Mesures (de la radioactivité) :	2		
(d'intervention) :	13		

N

Nappe phréatique (contamination de) :	14.3	Noyau :	1
Neutron :	1	Nuisances (effets sur la santé) :	5
Nombre de masse :	1	Numéro atomique :	1
Normes :	7		

O

Orsay :	10.13	Organisation (de l'intervention) :	8
---------------	-------	--	---

P

Parades :	13	Pouzaugue :	10.13
Période radioactivité :	1-3	Productions végétales :	
Période effective :	4	(contamination et protection des) :	14.4
Période biologique :	4	Produits de fission :	11-11.1 à 11.7-10.6
Pisciculture :	15.8	Produits d'activation :	11-11.8-11.9-10.6
Pierrelatte :	10.3-10.5	Produits de filiation :	11
Plutonium :	11.10	Protection (des individus) :	13
Poissons (contamination des) :	14.6-15.8	(des milieux) : ("Comment s'en protéger" ?).....	14 à 14.7
Pollution (critères) :	7	(des protections) : ("Comment s'en protéger" ?).....	15 à 15.7
(milieux) :	14 à 14.7	Proton :	1
(productions agricoles) :	15.1 à 15.8		
(exemples) :	16		

R

Radioactivité (définition) :	1	Réacteur nucléaire :	
(unités de) :	2	(localisation, fonctionnement) :	10.6-10.11
(sources naturelles et artificielles) :	6.1-6.2	(incidents et accidents sur) :	16.2
Radionucléide (définition) :	1	Réglementation Française :	7
(exemples de) :	3	Rem :	2
(principaux groupes) :	11	Retraitement :	
Radiothérapie :	6.2	(localisation, fonctionnement) :	10.6
Radium :	11.12	(accidents d'usine de) :	16.2
Radon :	11.10	Risques (d'accident) :	10-12
Rayonnement :	1	(pour la santé) :	5
(atteintes par) :	4	(pour les animaux) :	14.5
(effets des) :	5	(pour les végétaux) :	14.4
(terrestre et cosmique) :	6.1	Romans :	10.5
		Ruthénium (rhodium) :	11.6

S

Saclay :	10.10-10.11	Sources (scellées radioactives) :	16.2
Santé (effets sur la) :	5	(de radioactivité) :	6
Satellite (accident par chute de) :	16.3	Soulaines :	10.8
Sécurité :	12.1	Stérilité :	5-14.5
Seuil (effets à) :	5	Stockage (des déchets) :	10.8
Sievert (Sv) :	2	Strasbourg :	10.11
Sol (contamination du) :	14.2	Strontium :	11.5

T

Thyroïde :	11.2	Transport :	10.14
Thym (contamination du) :	14.6	Transferts de radioactivité : ("Comment se produisent les")	12-14 à 15.8
Toxicité :	11	Tritium :	11.8
Traitement du minerai :	10.2	(émission accidentelle de) :	16.2
Transformation (usine de) :	10.3		

U

Unité (de mesure) :	2	Uranium :	11.11
		(mines d'uranium) :	10.1
		(transformation de) :	10.3

V

Valduc :	10.12	Veurey :	10.5
Vannes :	10.13	Vie : (abus de langage pour période radioactive) :	1-3
Végétaux (contamination des) :	14.4	Viandes (contamination des) :	15.5
Vêtement (contamination des) :	13.1	Vignes (contamination des) :	15.7

X

Xénon :	11.1
---------------	------

Z

Zones exposées :	13-16
------------------------	-------

ADRESSES UTILES

ANDA ASSOCIATION NATIONALE POUR LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE
25-27, avenue de Villiers
75017 PARIS ☎ (1) 47.66.55.50

CDSN CENTRE DE DOCUMENTATION SUR LA SECURITE NUCLEAIRE
B.P. 6
92265 FONTENAY-AUX-ROSES CEDEX ☎ (1) 46.54.70.80

CEA COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
29-33, rue de la Fédération
75015 PARIS ☎ (1) 40.56.10.00

CNIEL CENTRE NATIONAL INTERPROFESSIONNEL DE L'ECONOMIE LAITIERE
27, rue de la Procession
75015 PARIS ☎ (1) 47.34.45.45

DSC DIRECTION DE LA SECURITE CIVILE
MINISTERE DE L'INTERIEUR
Place Beauveau
75008 PARIS ☎ (1) 49.27.49.27

FNSEA FEDERATION NATIONALE DES SYNDICATS D'EXPLOITANTS AGRICOLES
11, rue de La Baume
75008 PARIS ☎ (1) 45.63.11.77

IPSN INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
B.P. 6
92265 FONTENAY-AUX-ROSES CEDEX ☎ (1) 46.54.70.80

SCSIN SERVICE CENTRAL DE SURETE DE INSTALLATIONS NUCLEAIRES
99, rue de Grenelle
75700 PARIS ☎ (1) 45.56.36.36

SCPRI SERVICE CENTRAL DE PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS
31, rue de l'Ecluse B.P. 35
78110 LE VESINET ☎ (1) 39.76.04.32

Saisie informatique du texte
par CEA - IPSN et DPS

Conception graphique : Atelier MINE D'OR • Pierre GAU - SERPEX • Studio LM

Photo de couverture : "Centrale Nucléaire de CATTENOM"
SODEL Photothèque EDF - M. BRIGAUD

Sources iconographiques :

BIBACOLOR • M. BRUNIAU • S. BRUNIAU
CEA • J. BIAUGEAUD • CNIEL - M. ROTEREAU • P. COLOMBERT • L. DELABY
• Fédération Nationale Porcine • FNSEA • P. GAU • P. GUETAT • IPSN • R. LOYAU
• C. MADELMONT • R. MAXIMILIEN • O.D.F. • RENAULT Agriculture • SCPRI
• SODEL Photothèque EDF - M. BRIGAUD • SOPEXA - CIDIL • D.M. VENIERE Agri-photo



Compogravé, imprimé et relié en France
par l'Imprimerie ARTÉSIENNE
Zone industrielle - 62800 LIÉVIN ☎ 21.29.84.84 +

