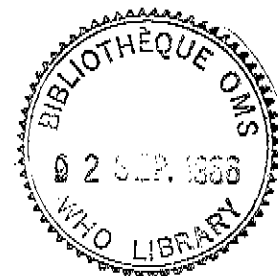


L'ACCIDENT NUCLEAIRE DE TCHERNOBYL

RAPPORT D'UNE CONSULTATION
6 mai 1986
(Provisoire)



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE
BUREAU REGIONAL DE L'EUROPE
COPENHAGUE



WORLD HEALTH ORGANIZATION
ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE
WELTGESUNDHEITSORGANISATION
ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

REGIONAL OFFICE FOR EUROPE
BUREAU REGIONAL DE L'EUROPE
REGIONALBÜRO FÜR EUROPA
ЕВРОПЕЙСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ БЮРО

Le rapport ci-joint ayant été établi et distribué dans des conditions d'extrême urgence, ses qualités de présentation et de rédaction ne répondent peut-être pas aux critères habituels de l'Organisation mondiale de la santé.

Toutes suggestions et corrections seront bienvenues.

J. N. Waddington
Directeur
Service de la salubrité
de l'environnement

the 1990s, the number of people with a mental health problem has increased in the UK (Mental Health Act 1983, 1990).

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems. The Department of Health (1999) has set out a strategy for mental health care in the UK. The strategy is based on the following principles:

- People with mental health problems should be treated as individuals, with their own needs and wishes.
- People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care and treatment.
- People with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes and communities.

The strategy also sets out a number of objectives, including the following:

- To reduce the number of people with mental health problems who are admitted to hospital.
- To improve the quality of care and treatment for people with mental health problems.
- To improve the support and services available to people with mental health problems.

The strategy is a key document in the development of mental health care in the UK. It provides a framework for the development of policies and services for people with mental health problems.

The strategy also sets out a number of key areas for action, including the following:

- Improving the quality of care and treatment for people with mental health problems.
- Improving the support and services available to people with mental health problems.
- Reducing the number of people with mental health problems who are admitted to hospital.

The strategy is a key document in the development of mental health care in the UK. It provides a framework for the development of policies and services for people with mental health problems.

The strategy also sets out a number of key areas for action, including the following:

- Improving the quality of care and treatment for people with mental health problems.
- Improving the support and services available to people with mental health problems.
- Reducing the number of people with mental health problems who are admitted to hospital.

The strategy is a key document in the development of mental health care in the UK. It provides a framework for the development of policies and services for people with mental health problems.

The strategy also sets out a number of key areas for action, including the following:

- Improving the quality of care and treatment for people with mental health problems.
- Improving the support and services available to people with mental health problems.
- Reducing the number of people with mental health problems who are admitted to hospital.

L'ACCIDENT NUCLEAIRE DE TCHERNOBYL

A la suite de l'accident d'un réacteur nucléaire à Tchernobyl (URSS), le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe a pris des mesures pour assurer la collecte et la diffusion systématiques de renseignements. Devant les complexités et les incertitudes de la situation, il a été décidé de réunir d'urgence, pour une consultation d'une journée, des experts chargés de faire le point de la situation, d'indiquer les mesures de santé publique à prendre immédiatement et de donner leur avis sur l'évolution prévisible à moyen et à long terme.

Cette réunion s'est tenue à Copenhague le 6 mai 1986 et ses conclusions et recommandations ont déjà été distribuées. On trouvera dans le présent rapport les données scientifiques plus précises sur lesquelles s'appuient à la fois les recommandations à court terme et les considérations à plus long terme, et une description des événements sur la base des informations disponibles, pendant les douze premiers jours qui ont suivi l'accident.

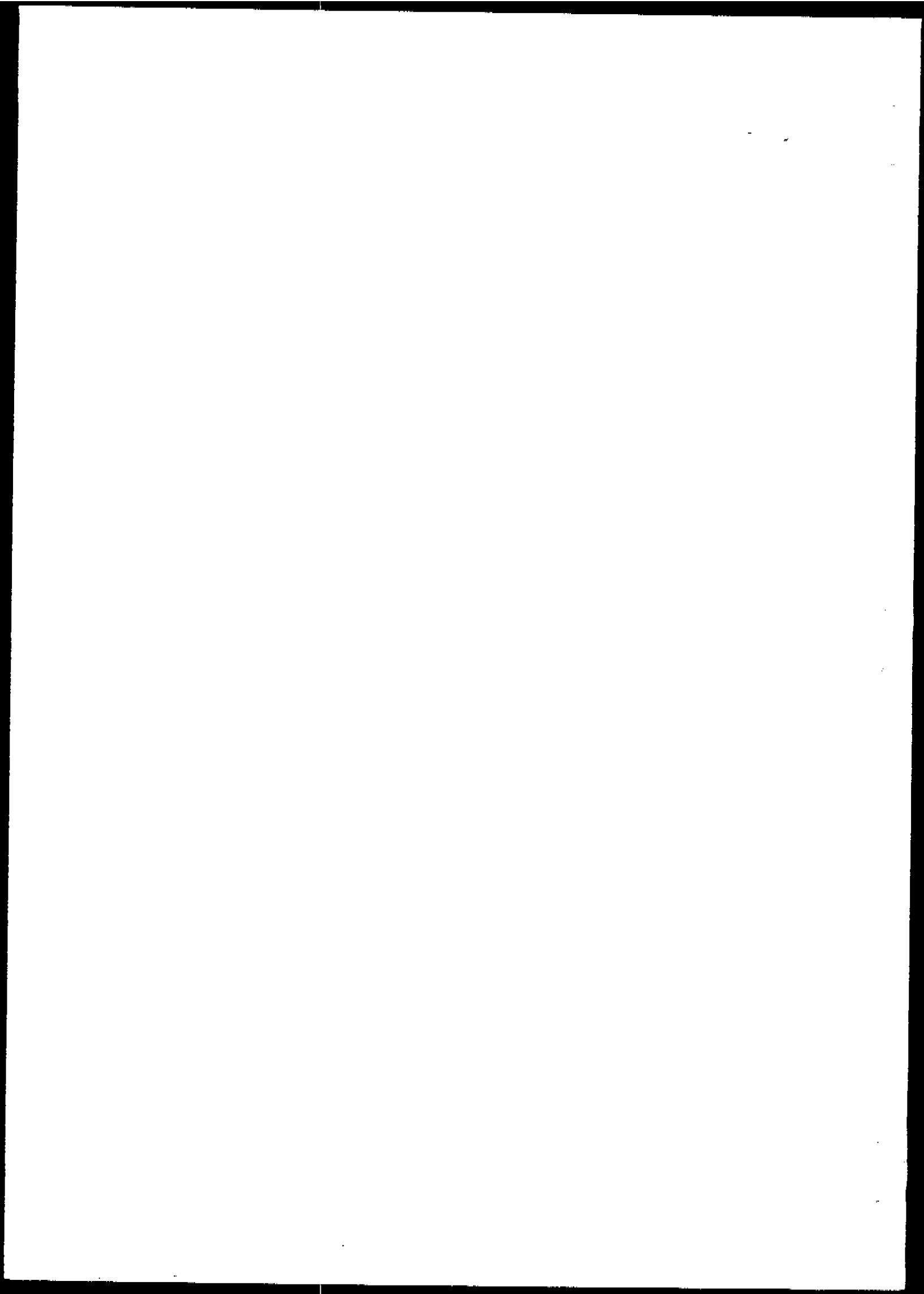
Note

Le présent document est provisoire et ne constitue pas une publication. Les vues exprimées sont celles des participants à la consultation et ne représentent pas nécessairement les décisions ou la politique officiellement adoptées par l'Organisation mondiale de la santé.

TABLE DES MATIERES

Page

PREMIERE PARTIE	LES FAITS	1
	1. Introduction	1
	2. Le réacteur de Tchernobyl et l'accident	1
	3. Transport et dispersion des matières radioactives dans l'atmosphère	3
	4. Calculs de la direction du panache	6
	5. Conséquences à l'intérieur de l'URSS	14
	6. Conséquences radiologiques hors de l'URSS Voies d'exposition	14
	Effets biologiques	16
	7. Les premières observations	20
	8. Interprétation des données de mesure	22
	9. Mesures de protection	28
	10. Le problème du césium 137	35
DEUXIEME PARTIE	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE LA CONSULTATION . .	38
TROISIEME PARTIE	LISTE DES PARTICIPANTS	41



INTRODUCTION

A la suite de l'accident nucléaire de Tchernobyl (URSS), des Etats Membres ont pris contact avec l'Organisation mondiale de la santé, tant au Bureau régional de l'Europe à Copenhague qu'au Siège à Genève, pour lui demander d'urgence son avis sur la situation, des prévisions sur les conséquences et des conseils sur les mesures à prendre au niveau national.

Le directeur général de l'OMS a confié au Bureau régional de l'Europe la tâche de donner suite à cette demande et une équipe a été réunie pour la durée de la situation d'urgence.

Après une analyse de la situation, il a été décidé de convoquer immédiatement un groupe d'experts. Ce groupe, composé de scientifiques de haut niveau connaissant les domaines de la météorologie, de la radioprotection, des effets biologiques, de la technologie des réacteurs, des plans d'urgence, de la santé publique et de la psychologie, s'est réuni à Copenhague le mardi 6 mai 1986, pour analyser le déroulement des événements et leurs conséquences.

LE REACTEUR DE TCHERNOBYL ET L'ACCIDENT

Le 26 avril 1986, aux premières heures du matin, sur le site de la centrale nucléaire de Tchernobyl, un réacteur de 1000 MW de type RBMK a pris feu "à la suite d'une explosion". Les autorités soviétiques ont annoncé officiellement que le feu avait cessé le 5 mai et que "la réaction était arrêtée". Aucune information détaillée n'a été communiquée sur les événements qui ont conduit à l'explosion et à l'incendie qui en a résulté.

* texte établi par D. Beninson et B. Londell, conseillers temporaires auprès du Bureau régional de l'OMS pour l'Europe

Le réacteur en cause est un réacteur du type à "canaux"; il fonctionne à l'uranium faiblement enrichi, est modéré au graphite et refroidi à l'eau légère. L'eau est portée à ébullition dans les canaux et la vapeur entraîne directement la turbine.

La figure 1 présente schématiquement les principaux circuits d'une centrale nucléaire à réacteur MBRK.

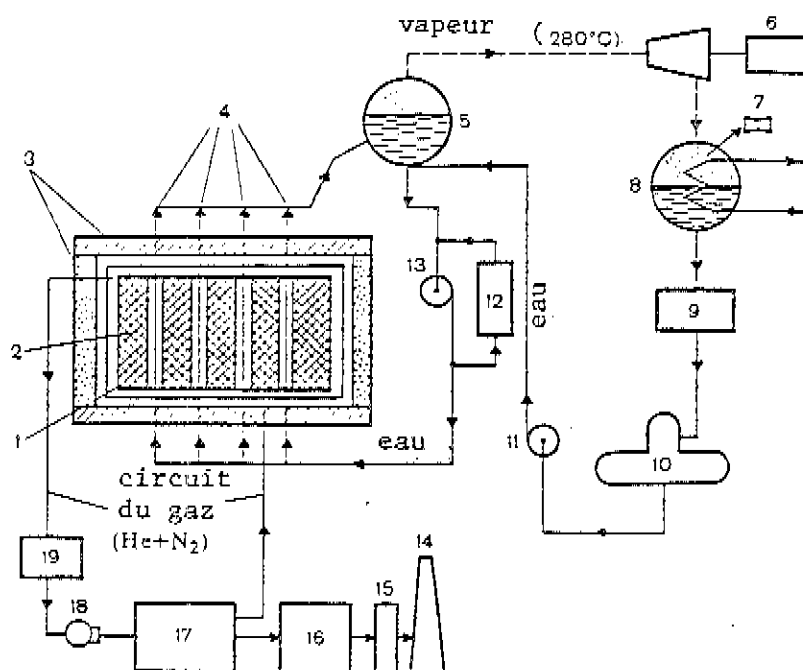


FIGURE 1

- | | |
|---|--|
| 1 = Réacteur | 11 = Pompe d'alimentation auxiliaire en eau |
| 2 = Graphite | 12 = Élimination des impuretés par échange d'ions |
| 3 = Ecran biologique | 13 = Pompe de circulation principale |
| 4 = Canaux | 14 = Cheminée de ventilation |
| 5 = Ballon (séparation vapeur/eau) | 15 = Filtre à aérosols |
| 6 = Turboalternateur | 16 = Réservoir de stockage des gaz (pour la décroissance radioactive) |
| 7 = Ejecteur (turbine) | 17 = Adsorbant de CO ₂ , CO, N ₂ , NH ₃ |
| 8 = Condenseur | 18 = Compresseur |
| 9 = Épuration du condensat (radioactivité et impuretés) | 19 = Filtres à aérosols et à iode |
| 10 = Dégazeur | |

En l'absence d'informations précises sur la séquence des événements qui ont conduit à l'explosion et à l'incendie, on en est réduit aux hypothèses. Les choses ont pu par exemple se passer comme suit : rupture du circuit primaire au niveau d'un collecteur de vapeur principal, suivie de l'arrêt de la turbine et des pompes principales, vaporisation du fluide caloporteur, puis peut-être réaction entre l'eau et le zirconium dans la gaine de combustible avec production d'hydrogène, et fusion partielle du combustible avec dégagement de matières radioactives. Il y aurait eu ensuite surchauffe des tubes de force et du graphite, avec de nouvelles réactions zirconium-eau et autres, perte de l'étanchéité du réacteur, entrée d'air et inflammation de l'hydrogène et d'autres gaz inflammables puis du graphite, avec production de températures supérieures à 2000°C. Au cours de la séquence, une explosion de gaz a pu provoquer l'endommagement du bâtiment du réacteur dont ont fait état les médias soviétiques, tandis que l'importante quantité de graphite a continué de brûler jusqu'à ce que le feu soit finalement éteint le 5 mai.

Pendant l'épisode, des quantités substantielles de matières radioactives, essentiellement des produits de fission, ont été rejetées dans l'atmosphère. De nombreux nucléides de produits de fission ont été libérés, mais si l'on juge par les résultats des mesures d'échantillons effectuées à plusieurs centaines de kilomètres de distance, il y avait surtout dans les rejets des radionucléides d'éléments volatiles.

TRANSPORT ET DISPERSION DES MATIERES RADIOACTIVES DANS L'ATMOSPHERE

Etant donné les températures élevées lors du dégagement, il y a eu une forte surélévation du panache, qui a porté les matières radioactives libérées à de grandes hauteurs allant de plusieurs centaines de mètres à plus d'un kilomètre.

Les matières libérées se sont alors sans doute dispersées par diffusion et surtout par transport par les vents dominants aux différentes altitudes.

Etant donné les variations de la vitesse de sortie, des conditions météorologiques, de la direction et de la vitesse des vents, et compte tenu d'autres facteurs tels que la durée du rejet et les changements des conditions sur de grandes distances, la configuration et la concentration du panache aux premiers moments de la dispersion fournissent peu de renseignements sur les concentrations dans l'air résultantes à plusieurs centaines de kilomètres du site de l'accident. Aux techniques de modélisation applicables pour de courtes distances, il faut alors substituer, pour de plus grandes distances, des évaluations du mouvement des masses d'air.

Comme l'indiquait un rapport intérimaire du Centre finlandais de radio-protection et de sûreté nucléaire, le temps en Europe le matin du 26 avril était dominé par une forte zone de haute pression sur les parties occidentales de l'Union soviétique et par une zone de basse pression qui s'étendait de l'Islande à l'Europe du nord-ouest. Dans la journée, un autre centre de basse pression s'est formé en Scandinavie. Il s'est déplacé rapidement vers la Mer de Norvège, laissant s'installer sur la Finlande une masse d'air très chaud venant du sud. Cet air chaud s'étendait au-dessus de la quasi-totalité du pays dans les premières heures de la journée du 27 avril.

Dans la région de Tchernobyl ($51^{\circ} 17'N$, $30^{\circ} 15'E$), le temps au moment où est survenu l'accident était caractéristique d'une situation de haute pression : les vents étaient très faibles et leur direction très variable, et une vaste zone de brouillard est apparue pendant la nuit. A plus haute altitude, le champ des vitesses du vent était mieux défini qu'à la surface. Dès 1,5 km (niveau 850 mb), les vents avaient des vitesses de 8 à 10 m/s et soufflaient du sud-est ou du sud. On peut voir sur la figure 2 un chenal de vent bien délimité allant directement des parties les plus occidentales de

l'Union soviétique à la Finlande. Il s'agit d'une carte météorologique d'altitude de niveau 850 mb de la situation à 3 heures, heure finlandaise (00 heure GMT) le 26 avril 1986. La vitesse des courants variait entre 30 et 60 km/h, ce qui signifie que le panache des émissions s'est déplacé sans être freiné pendant plus de 24 heures de la zone de l'accident vers la Finlande.

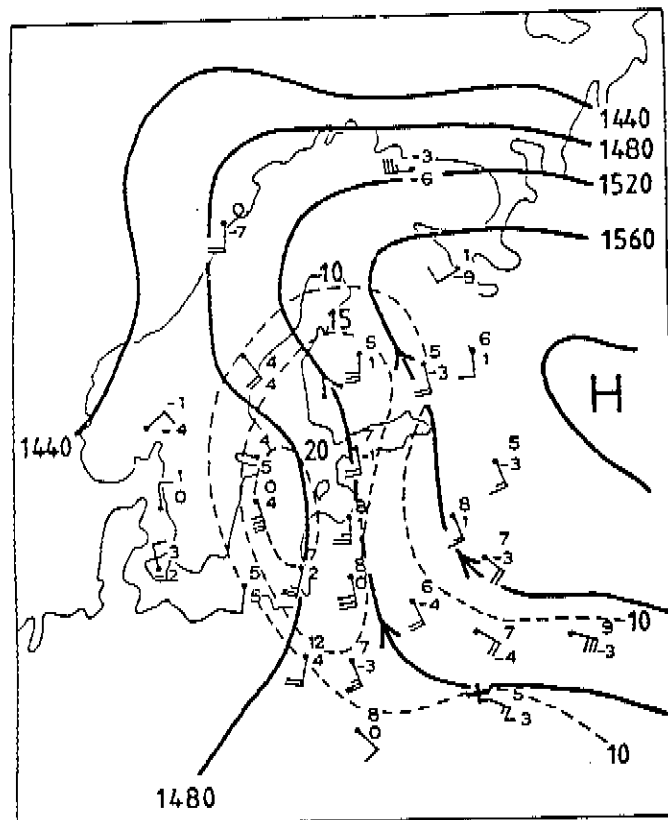


FIGURE 2

Analyse de l'altitude de niveau 850 mb le 26 avril à 3 heures, heure finlandaise (00 heure GMT). La ligne pointillée indique l'analyse des vitesses du vent (vitesses indiquées en m/s).

(D'après l'Institut météorologique finlandais.)

CALCULS DE LA DIRECTION DU PANACHE

La meilleure manière de visualiser la distribution de la contamination radioactive au-dessus de l'Europe est par des cartes montrant l'emplacement calculé du panache radioactif à différentes dates. Ces cartes (figures 3 à 7) ont été communiquées par l'Institut suédois de météorologie et d'hydrologie, qui a calculé l'emplacement des panaches émis par Tchernobyl à différentes dates et a reconstitué pour chaque date d'émission le déplacement probable du panache correspondant d'après les renseignements météorologiques, pendant cinq jours.

Comme on ne sait pas comment le rejet de matières radioactives a varié dans le temps entre le 26 avril et le 5 mai, l'emplacement du panache indique seulement la contamination radioactive potentielle, mais ainsi qu'on le verra plus loin, les mesures de la concentration de radioactivité dans l'air et au sol donnent des résultats qui concordent parfaitement avec les renseignements météorologiques.

Les calculs ont été faits pour deux altitudes, 1500 mètres et 750 mètres. Pendant la première phase de l'accident, la majeure partie des matières radioactives a, selon toute vraisemblance, été emportée dans l'atmosphère à de hautes altitudes et le choix de 1500 m est peut-être le plus judicieux. L'extension du panache à cette altitude est indiquée en gris sur les cartes. Par la suite, il était plus probable de trouver les matières radioactives à plus basse altitude, et seul est indiqué le résultat des calculs pour 750 m.

La baisse des concentrations radioactives dans l'atmosphère est due à la décroissance radioactive, au dépôt par gravité des grosses particules, à la formation d'aérosols au voisinage du sol, et aux précipitations. La vitesse à laquelle les aérosols radioactifs se déposent sur le sol dépend de la

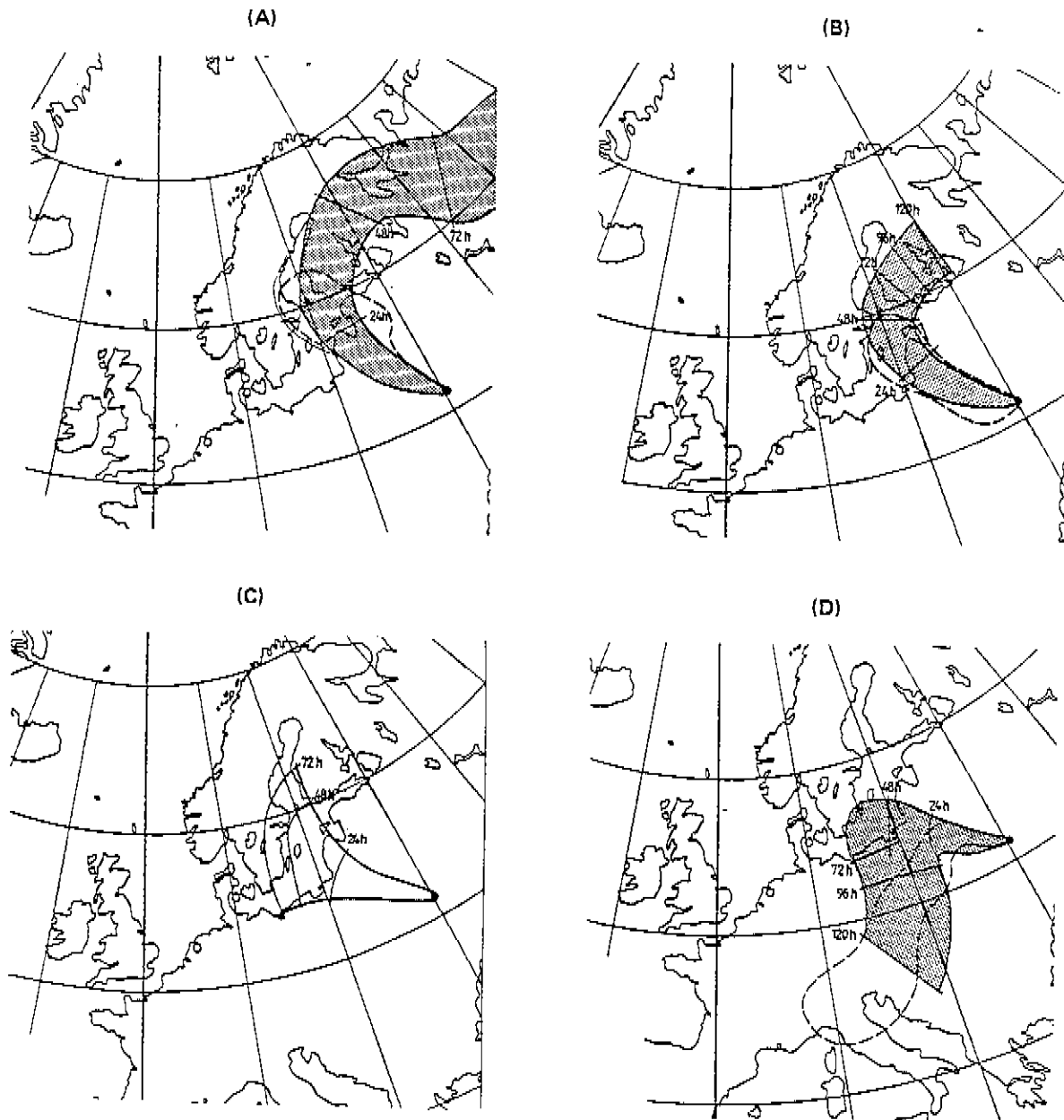
dimension des particules, les plus grosses retombant plus près du site de l'accident sous l'effet de la gravité. Les précipitations contribuent beaucoup à faire baisser les concentrations radioactives dans l'atmosphère, comme on le verra dans la discussion des mesures de la radioactivité.

Avec quelques simplifications, on peut résumer les directions prises par le panache en cinq périodes :

1. Zone : Scandinavie, Finlande, Baltique
Emission : 26 avril; arrivée : 27-30 avril
2. Zone : Est de l'Europe centrale, sud de l'Allemagne, Italie, Yougoslavie
Emission : 27 avril; arrivée : 28 avril - 2 mai
3. Zone : Ukraine et est de l'Ukraine
Emission : 28-29 avril; arrivée : 28 avril - 2 mai
4. Zone : Balkans, Roumanie, Bulgarie
Emission : 29-30 avril; arrivée : 1er-4 mai
5. Zone : mer Noire, Turquie
Emission : 1er-4 mai; arrivée : 2 mai et jours suivants.

Il n'est pas improbable que la plupart des rejets se soient produits au cours des deux premières périodes, de sorte que les panaches correspondants (figures 3 a-d et 4 a) sont les plus importants pour ce qui est du mouvement des matières radioactives.

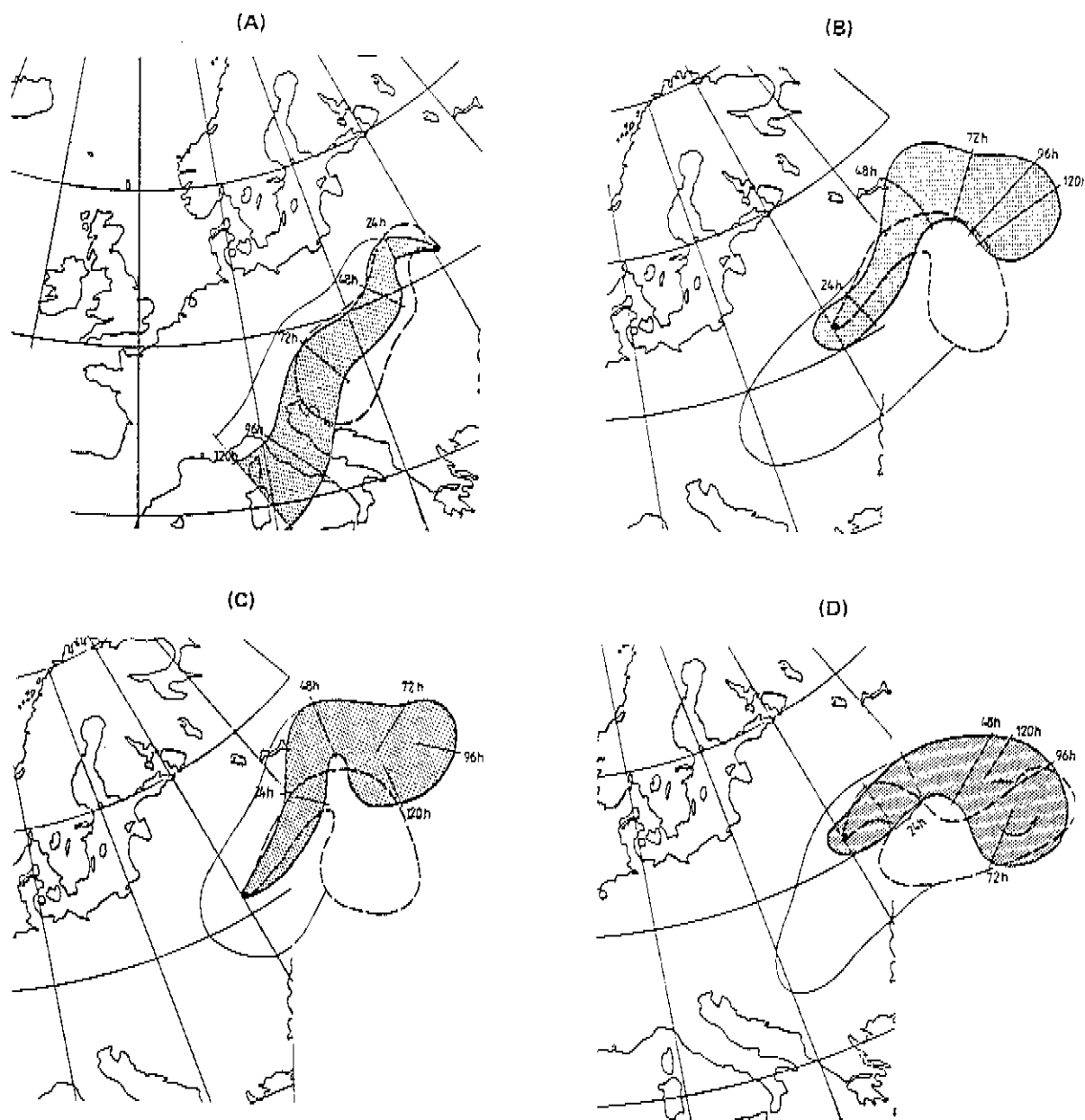
Les calculs du panache ne vont pas au-delà de 120 heures (5 jours) en raison des incertitudes des calculs pour des périodes plus longues. Les mouvements et la dispersion ultérieurs des matières radioactives dans l'atmosphère sont plus difficiles à évaluer. Toutefois, pour chaque panache apparaissant sur les cartes, il y a également un résidu d'activité dû aux panaches précédents. La figure 7 indique les directions générales des vents le soir du 5 mai, jour où, selon les rapports communiqués par l'URSS, les rejets ont cessé. Cette figure montre comment des matières émises antérieurement ont pu se déplacer vers le nord-ouest, ce qui explique pourquoi des pays tels que les pays du Bénélux, le Royaume-Uni et le Danemark ont enregistré une certaine contamination, bien qu'ils aient été épargnés par les panaches produits immédiatement.



Les figures 3 a, b, c et d illustrent le mouvement dans l'atmosphère des matières radioactives qui ont éventuellement été rejetées par le réacteur de Tchernobyl pendant les premiers jours qui ont suivi l'accident. L'emplacement approximatif des panaches émis à Tchernobyl à diverses dates a été calculé à partir des données météorologiques fournies par l'Institut suédois de météorologie et d'hydrologie. Les quatre diagrammes correspondent aux dates (présumées) suivantes de rejet à Tchernobyl :

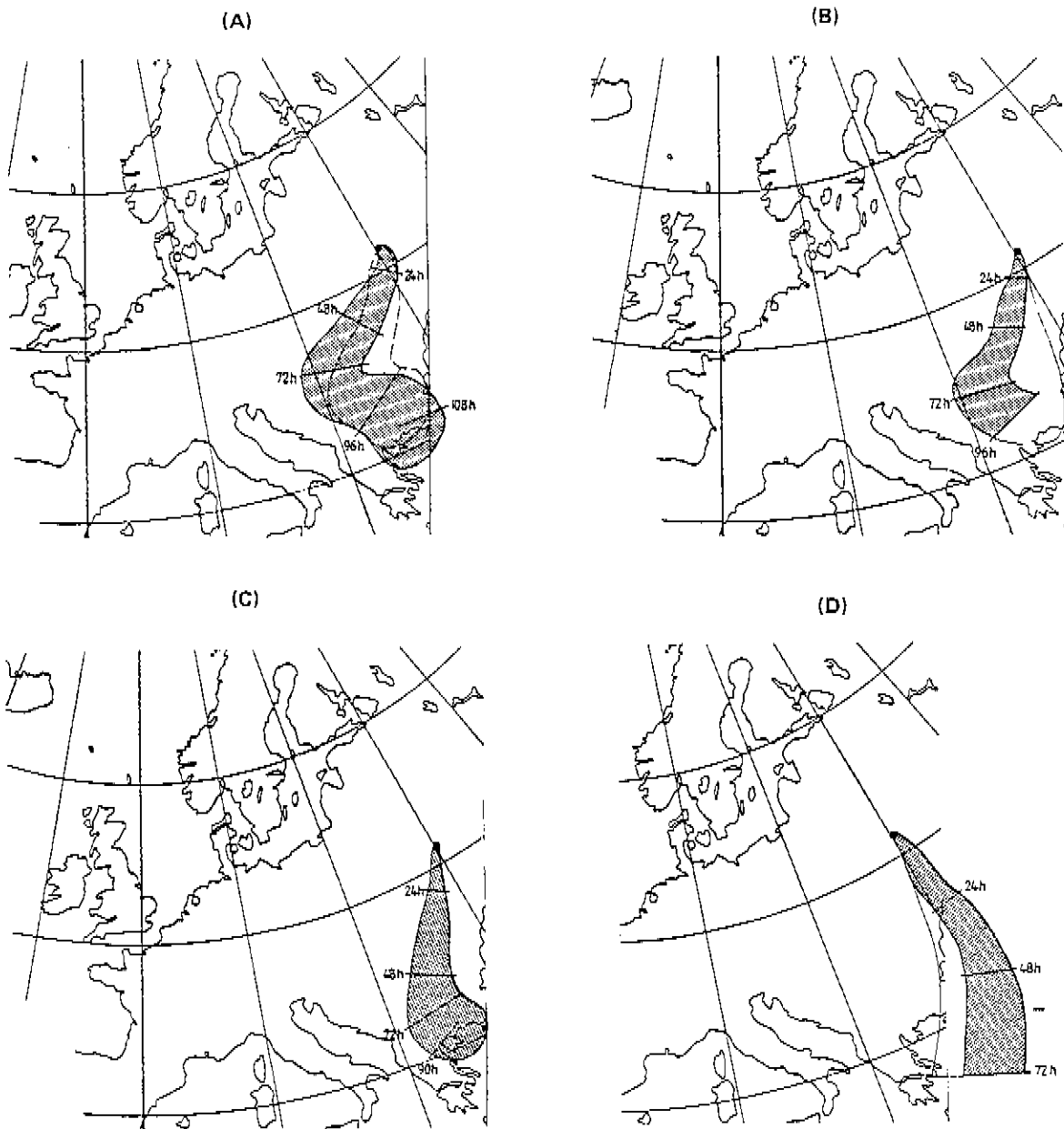
- a) samedi 26 avril : 00.00 heure GMT
- b) samedi 26 avril : 12.00 heures GMT
- c) samedi 26 avril : phase de transition 12-24 heures GMT
- d) dimanche 27 avril : 00.00 heure GMT

La ligne en trait gras indique l'altitude de 1500 m, les lignes pointillées, l'altitude de 750 m. La durée du transport est indiquée pour l'altitude de 1500 m. La ligne en trait fin sur la figure 3 a indique une zone d'incertitude due à des vents faibles et variables.



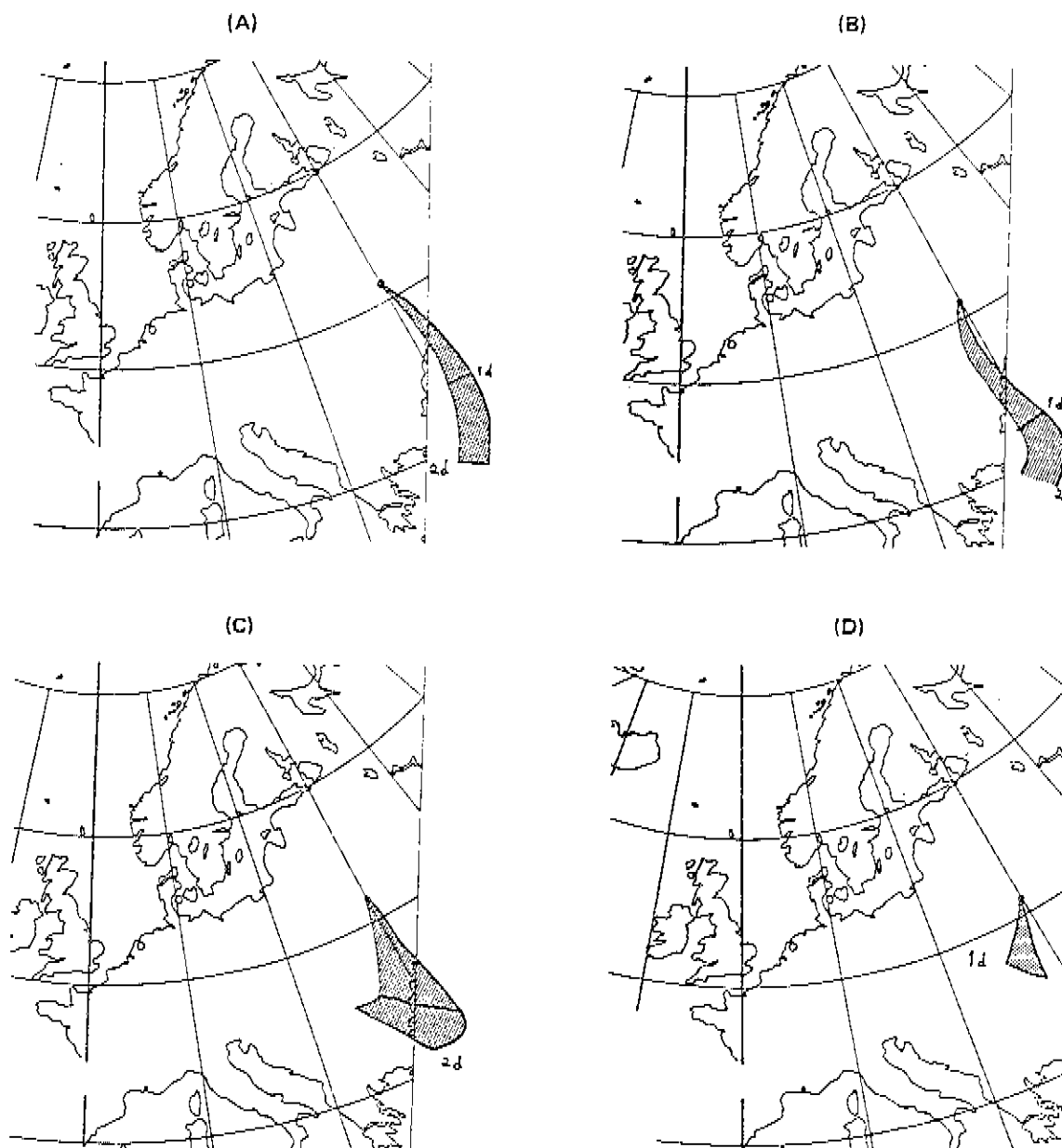
Les figures 4 a, b, c et d illustrent le mouvement dans l'atmosphère des matières radioactives qui ont éventuellement été rejetées par le réacteur de Tchernobyl du dimanche 27 avril au mardi 29 avril. Les notations sont les mêmes que dans la figure 3, les temps de transport étant donnés pour l'altitude de 1500 m. Les quatre diagrammes correspondent aux dates suivantes de rejet à Tchernobyl :

- a) dimanche 27 avril : 12.00 heures GMT
- b) lundi 28 avril : 00.00 heure GMT
- c) lundi 28 avril : 12.00 heures GMT
- d) mardi 29 avril : 00.00 heure GMT



Les figures 5 a, b, c et d illustrent le mouvement dans l'atmosphère des matières radioactives qui ont éventuellement été rejetées par le réacteur de Tchernobyl du mardi 29 avril au jeudi 1er mai. En b, c et d, les courbes se rapportent à l'altitude de 750 m, car il est peu probable que beaucoup de matières radioactives aient pu, au cours de cette période, atteindre des altitudes plus élevées. Les quatre diagrammes correspondent aux dates suivantes de rejet à Tchernobyl :

- a) mardi 29 avril : 12.00 heures GMT
- b) mercredi 30 avril : 00.00 heure GMT
- c) mercredi 30 avril : 12.00 heures GMT
- d) jeudi 1er mai : 00.00 heure GMT



Les figures 6 a, b, c et d illustrent le mouvement dans l'atmosphère des matières radioactives qui ont éventuellement été rejetées par le réacteur de Tchernobyl du vendredi 2 mai au lundi 5 mai. Les courbes se rapportent à une altitude de 750 m. Les quatre diagrammes correspondent aux dates suivantes de rejet à Tchernobyl :

- a) vendredi 2 mai : 00.00 heure GMT
- b) samedi 3 mai : 00.00 heure GMT
- c) dimanche 4 mai : 00.00 heure GMT
- d) lundi 5 mai : 00.00 heure GMT

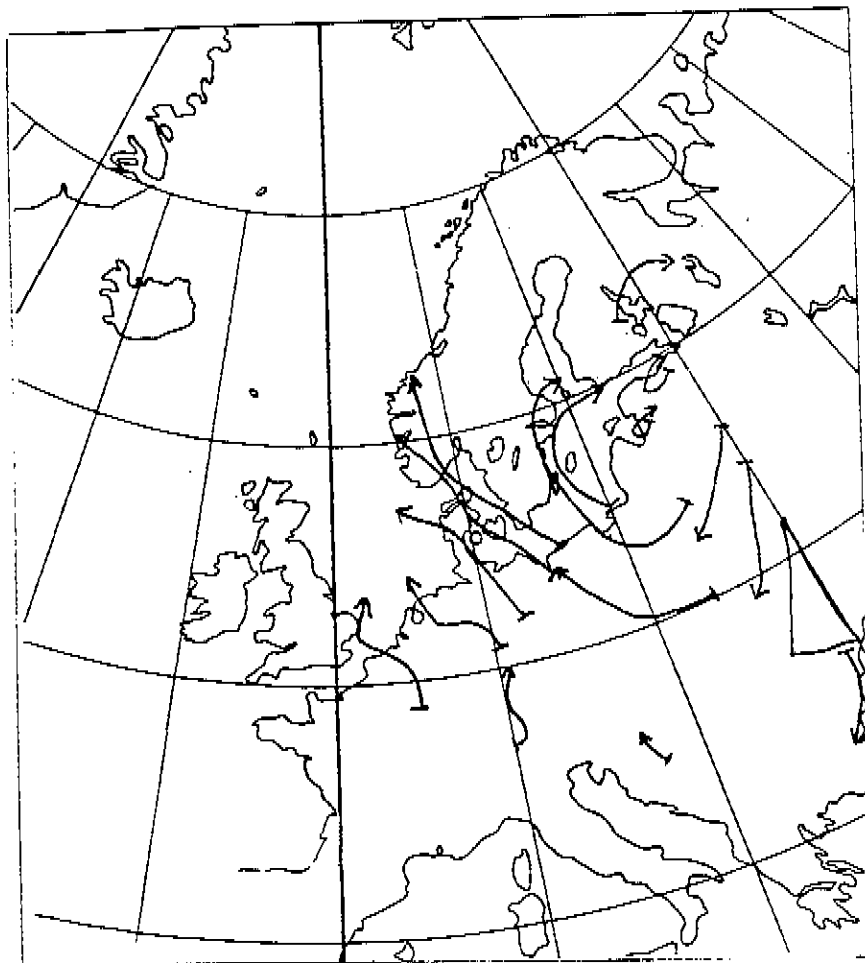


Figure 7 : Représentation des mouvements des masses d'air en Europe le 5 mai à 18.00 heures GMT. Certaines matières radioactives provenant de rejets antérieurs se déplacent vers le nord-est.

CONSEQUENCES A L'INTERIEUR DE L'URSS

D'après la Commission d'enquête soviétique, deux travailleurs sont morts immédiatement des suites de l'accident, mais non pas à cause de radiolésions. Le premier est mort des suites de brûlures graves, le deuxième a été tué par l'effondrement d'une partie du bâtiment du réacteur. Environ deux cents travailleurs ont été hospitalisés et, d'après les communiqués, dix-huit d'entre eux ont été exposés à des doses si élevées qu'ils sont dans un état grave. Les autorités soviétiques ont indiqué que l'évacuation de la région de Tchernobyl avait commencé le dimanche 27 avril à 14 heures (l'accident serait survenu le samedi 26 avril à 01 h 23). Selon d'autres rapports soviétiques, il y a eu environ 40 000 personnes évacuées à ce moment-là et 40 000 autres plusieurs jours plus tard. On ne dispose pas encore d'assez de données pour évaluer les conséquences radiologiques à court terme des rayonnements au voisinage de la centrale ou dans le centre de l'Ukraine.

Dans les scénarios d'accident retenus par divers pays pour l'établissement de plans d'urgence, le principal effet à long terme est dû au dépôt de césium 137 (dont la période est d'environ 30 ans) sur de vastes zones agricoles, ce qui provoque une contamination de divers produits agricoles, mais aussi une irradiation externe provenant du sol. Les résultats d'études sur les retombées radioactives à l'échelle mondiale des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère donnent des renseignements utiles sur les voies et facteurs de transfert critiques le long des diverses chaînes alimentaires.

CONSEQUENCES RADIOLOGIQUES HORS DE L'URSS

Voies d'exposition

L'irradiation de l'homme à la suite d'une contamination de l'atmosphère par des substances radioactives s'effectue par un certain nombre de voies, dont les plus importantes sont :

- l'irradiation externe provenant du nuage radioactif;
- l'irradiation interne provenant de substances radioactives inhalées lors du passage du nuage;
- l'irradiation externe provenant de substances radioactives déposées sur le sol;
- l'irradiation interne provenant de substances radioactives absorbées par ingestion d'aliments contaminés (et plus rarement d'eau).

A l'exception des gaz nobles, qui ne sont pas à l'origine des rayonnements gamma et bêta provenant du nuage et contribuent peu à la dose totale, les principaux responsables de l'irradiation sont les radionucléides qui se déposent. Les principaux nucléides trouvés dans l'air et déposés sur le sol après l'accident sont les suivants :

Zr-95	période	65 jours
Nb-95		35 jours
Mo-99		2,8
Tc-99m		0,38
Ru-103		40
Te-132		3,3
I-132		0,1
I-131		8,05
I-133		0,88
Cs-134		767
Cs-136		13
Cs-137		11 000
Ba-140		12,8
La-140		1,7
Ce-141		32,5
Ce-144		285
Np-239		2,4

La plupart de ces nucléides sont des isotopes d'éléments relativement volatiles. Dans la plupart des retombées radioactives immédiates résultant d'essais d'armes nucléaires, Zr-95/Nb-95, qui ne sont pas considérés comme volatiles, contribuaient de façon plus importante à la dose d'irradiation gamma externe totale que dans le cas de l'accident de Tchernobyl, où ces nucléides sont, proportionnellement, moins abondants. A côté de l'iode 131, on a trouvé principalement, dans les retombées immédiates, Te-132/I-132 et Ba-140/La-140. L'isotope à longue période Cs-137 était présent dans des proportions relativement élevées avec des activités représentant entre 1 et 10% des activités de l'iode 131 pendant les premiers jours.

Pour l'irradiation interne à court terme, les isotopes de l'iode sont les plus importants, avec en tête l'iode 131. La contamination se fait par l'intermédiaire du lait mais aussi par inhalation. L'iode est absorbé par la thyroïde et ce sont les nourrissons consommant du lait frais qui reçoivent les doses les plus élevées, principalement parce que l'iode est retenu dans une thyroïde plus petite que chez les adultes, ce qui entraîne une concentration plus élevée et une dose d'irradiation plus forte. On notera que la dose d'irradiation est la quantité d'énergie absorbée par masse unitaire de tissu irradié.

Effets biologiques

En dehors de l'URSS, les niveaux de rayonnements mesurés après l'accident sont trop faibles pour avoir des effets radiologiques aigus. Les effets biologiques éventuels à prendre en considération sont donc les effets tardifs, à savoir les cancers, les effets génétiques et les effets tératogènes. La présence d'iode dans la thyroïde augmente la probabilité d'apparition de nodules thyroïdiens et de cancers de la thyroïde. L'hypothèse actuelle est qu'il n'y a pas de dose seuil au-dessous de laquelle le risque d'effets tardifs soit nul, autrement dit : n'importe quelle dose faible a une probabilité proportionnellement faible d'induire certains effets. Pour ce qui

est des cancers, rien n'arrivera avant une période de latence de plusieurs dizaines d'années. Les effets tératogènes se manifesteront après la naissance et les effets génétiques peuvent apparaître dans une ou plusieurs générations de descendants des individus exposés. La fréquence normale des divers effets tardifs est la résultante de plusieurs influences causales; l'irradiation n'est que l'une d'entre elles. La probabilité supplémentaire de subir un effet tardif imputable à une augmentation de la dose de rayonnement n'est donc pas facile à calculer à partir des comparaisons avec le fond naturel de rayonnement.

L'accident de Tchernobyl a entraîné des dépôts inégaux de matières radioactives dans les pays qui ont été atteints par les panaches radioactifs et qui ont tous enregistré des taux largement supérieurs aux valeurs moyennes. La question est de savoir si l'on peut attendre d'études épidémiologiques qu'elles fassent apparaître des fréquences accrues d'effets tardifs. En partant de l'hypothèse que le cancer et les effets génétiques apparaissent de façon aléatoire avec une probabilité qui est proportionnelle à l'équivalent de dose effectif (quantité utilisée en radioprotection pour pouvoir comparer des situations d'irradiation différentes), le nombre de cas prévisible serait proportionnel au produit du nombre d'individus exposés par leur équivalent de dose effectif moyen. L'équivalent de dose effectif est exprimé en sievert (Sv) ou millisievert (mSv). Le facteur de risque de décès par cancer radioinduit est de l'ordre de 10^{-5} par mSv.

Le doublement du fond naturel de rayonnement en une année entraînerait une augmentation de l'équivalent de dose effectif de 1 mSv, et l'on pourrait s'attendre à l'apparition d'une centaine de décès par cancer sur une période de plusieurs décennies dans une population de 10 millions. Même si l'on retenait un facteur de risque beaucoup plus élevé, il serait difficile de détecter l'accroissement attendu de l'incidence annuelle du cancer. Si des nourrissons consomment du lait au niveau d'intervention de 2000 Bq/l pour l'iode ¹³¹ (valeur retenue dans un certain nombre de pays), leur équivalent de

dose effectif accumulé au cours de la période de contamination serait de quelques mSv. Etant donné la distribution irrégulière du dépôt d'iodé, on peut penser que le nombre de nourrissons exposés à une dose voisine du niveau d'intervention dans l'un quelconque des pays touchés est de quelques centaines ou d'un millier au maximum. Cela signifie que le nombre de cancers mortels prévisibles serait inférieur à 1, autrement dit, il est plus que probable que l'on n'en enregistrera aucun cas dans le sous-groupe le plus exposé, encore que l'on ne puisse exclure l'éventualité d'apparition de cas de cancer de la thyroïde ou de nodules thyroïdiens.

Dans la première semaine qui a suivi l'accident, on a effectué un certain nombre de mesures des concentrations de la radioactivité dans le lait et des débits d'exposition à l'air libre. Les résultats de ces mesures ne sont liés que de façon indirecte à des effets de santé. On considère par hypothèse que la probabilité d'apparition de cancers et d'effets génétiques est proportionnelle à la dose totale d'irradiation engagée par l'événement, autrement dit, elle serait proportionnelle à l'intégrale par rapport au temps des concentrations et des débits d'exposition. C'est ce qu'illustre schématiquement la figure 8.

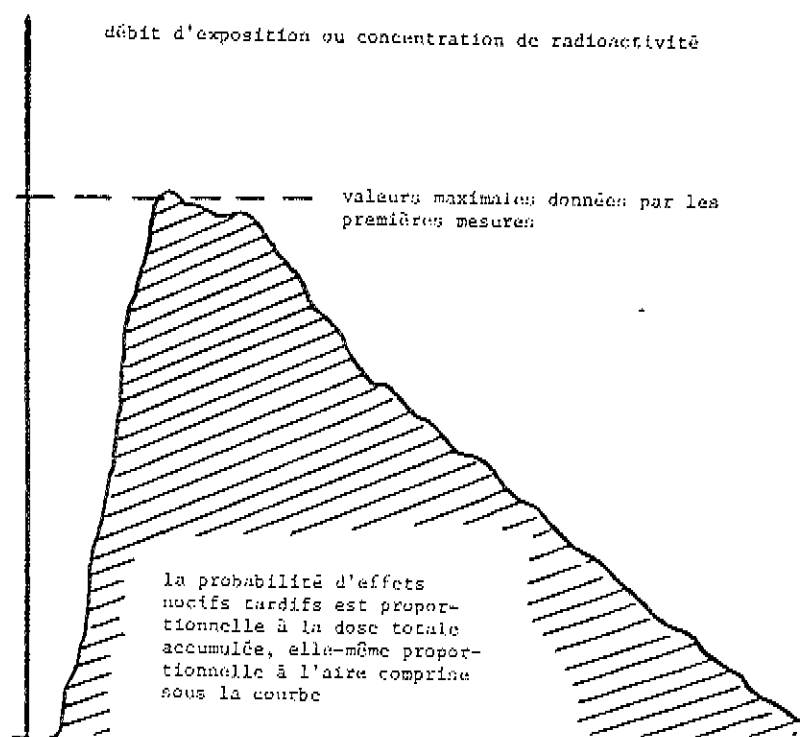


FIGURE 8 : Illustration de la relation entre les débits d'exposition ou les concentrations radioactives et la dose accumulée totale.

Pour pouvoir évaluer la quantité intégrée, supposée proportionnelle à la probabilité d'effets nocifs, il faut connaître la forme de la courbe montrant la variation en fonction du temps. Pour l'irradiation provenant du sol, on peut déterminer cette forme si l'on connaît la composition des radionucléides émetteurs gamma et leur période. Les premiers dépôts de radioactivité en Finlande et en Suède contenaient une forte proportion de radionucléides à vie courte : Mo-99, Tc-99m, I-133 et Np-239 ont des périodes inférieures à trois jours et, parmi les nucléides plus importants, seuls Sr-90, Cs-134, Cs-137 et Ce-144 ont des périodes supérieures à trois mois. On peut donc s'attendre qu'une fraction seulement du débit de dose initial subsiste pendant une longue durée.

De la même façon, il est nécessaire de trouver la relation entre l'apport intégré d'iode 131 auquel on peut s'attendre et le pic de concentration du nucléide dans le lait. La période de l'iode n'est que l'un des facteurs qui entre en jeu, car il faut tenir compte des conditions locales.

On ne peut établir de relation entre le troisième type d'effets tardifs (les effets tératogènes) et la dose totale accumulée, en raison de l'importance de la durée de l'exposition.

Pour l'irradiation in utero, il n'y a aucun indice d'effets tératogènes pendant les premières semaines de la gestation pour des doses foetales inférieures à 100 millisievert (mSv). Toutefois, des données récentes donnent à penser que le risque d'induction aléatoire d'une arriération mentale sévère est de 0,04% par millisievert de dose foetale pendant les 8 à 15 semaines environ qui suivent la conception, et qu'il n'y a pas de dose seuil. Le risque semble nettement plus faible après 15 semaines, et il se peut qu'il ait alors un seuil. Aucun risque de cette nature n'a été décelé avant 8 semaines.

Les considérations ci-dessus sont particulièrement utiles pour les irradiations externes par les rayons gamma provenant de radionucléides déposés. Etant donné la décroissance radioactive de ces derniers, le temps passé à l'intérieur des locaux et la protection offerte par les maisons, et compte tenu de la relation entre les expositions à l'air libre et la dose foetale, il apparaît que la présence continue de femmes enceintes dans une zone de dépôt radioactif au sol, pendant la période de 8 à 15 semaines consécutive à la conception, n'augmente pas de manière significative le risque normal d'arriération mentale, si les débits d'exposition maximaux dans l'atmosphère ne dépassent pas quelques centaines de microrentgen par heure. Autrement dit, dans les zones où les débits d'exposition sont inférieurs à cette valeur, aucune précaution particulière n'est nécessaire.

LES PREMIERES OBSERVATIONS

Selon les rapports reçus, la première observation des retombées a été faite à la station de surveillance radiologique de Kajaani en Finlande, où l'on a mesuré des débits d'exposition externe se situant entre 70 et 100 $\mu\text{R/h}$ le soir du 27 avril 1986. Cela correspond à un rejet à Tchernobyl survenu dans la nuit du vendredi 25 au samedi 26 avril (voir la figure 3 a). Les retombées ont été provoquées par une forte chute de pluie.

On a pensé que le rayonnement était peut-être dû à un pic du radon, comme ceux qui avaient été détectés les années précédentes à la fonte des neiges au printemps. Toutefois, le lundi 28 avril, le département des interventions d'urgence du Ministère de l'intérieur a demandé des chiffres à ses propres stations de surveillance. On s'est aperçu alors que certaines stations avaient enregistré des valeurs qui étaient 1,2 à 2,5 fois supérieures à la normale.

En Suède, c'est sur le site de la centrale nucléaire de Forsmark, située sur la côte baltique, à une centaine de kilomètres au nord de Stockholm, que l'on a détecté, le matin, un dépôt radioactif. Aucune cause de contamination n'a été trouvée dans la centrale et l'Institut suédois de radioprotection a été alerté.

On s'est rapidement aperçu que le spectre gamma de l'activité atmosphérique, qui a également pu être mesuré en un certain nombre d'autres endroits le long de la côte orientale de la Suède, indiquait des proportions de césium 134 et césium 137 qui pouvaient très difficilement être attribuées à une explosion nucléaire. On a donc conclu qu'il y avait sans doute un dégagement anormal provenant d'un réacteur situé au sud-est de la Suède et de la Finlande. Les trajectoires météorologiques ont conduit dans la direction de la mer Noire, mais on a d'abord pensé que la source était une grande centrale nucléaire située en Lettonie. Cependant, le lundi 28 avril à 21 heures, les médias soviétiques reconnaissaient qu'un accident s'était produit à la centrale nucléaire de Tchernobyl.

Entre 12 heures GMT le samedi 26 avril et 00 heure GMT le dimanche 27 avril, la direction des masses d'air venant de Tchernobyl a changé (voir la figure 3 c), et les matières radioactives rejetées du site de l'accident le dimanche 27 avril se sont déplacées d'abord vers l'ouest puis vers le sud, au-dessus de la République démocratique allemande, de la Pologne, de la Tchécoslovaquie, de la Hongrie, de l'Autriche, du sud de la République fédérale d'Allemagne, de la Suisse et du nord de l'Italie (figures 3 d et 4 a).

Dans le sud de l'Allemagne, de fortes pluies ont entraîné un dépôt localisé de radioactivité dans la région de Munich l'après-midi du mercredi 30 avril. Cela correspond à un rejet le lundi 27 avril (voir la figure 4 a), c'est-à-dire plus d'un jour après l'accident. En quelques heures, le débit d'exposition est passé de la valeur normale de 8 uR/h à environ 110 uR/h. Les nucléides déposés étaient principalement Te-132/I-132

et I-131, mais il y avait aussi du césium 137, dont l'activité était environ du quart de l'activité de l'iode 131. Cela correspond à un dépôt de césium 137 d'environ 40 kBq/m², ce qui est tout à fait remarquable, si l'on considère que le dépôt total de césium 137 accumulé du fait des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère était d'environ 5 kBq/m² dans la bande 40 à 50° de latitude (d'après le rapport de 1982 de l'UNSCEAR*).

La contamination de la Scandinavie et de la Finlande et la contamination de l'Europe centrale et orientale dominant la situation radiologique de l'Europe après l'accident. Les substances radioactives qui ont pu être rejetées de Tchernobyl après le dimanche 30 avril se sont déplacées vers l'est ou vers le sud au-dessus de l'Ukraine, des Balkans, de la Roumanie, de la Bulgarie, de la Turquie et de la région de la mer Noire. La contamination observée dans d'autres pays a pour l'essentiel été secondaire et a résulté des mouvements des masses d'air contenant des matières radioactives émises depuis plus de cinq jours.

INTERPRETATION DES DONNEES DE MESURE

De nombreuses données de mesure ont été communiquées à l'OMS par 22 pays. L'OMS a aussi demandé à un certain nombre de laboratoires et d'autorités de santé publique de fournir des données spécifiques qui puissent être utilisées pour l'évaluation des conséquences de santé. Les informations sur les dépôts des divers radionucléides, notamment de l'iode 131 et du césium 137, présentent un intérêt particulier, car c'est sur elles que l'on s'appuie pour faire une évaluation générale de la situation.

*UNSCEAR : Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants.

A cet égard, les données sur l'irradiation externe, pour autant qu'elles soient complétées par des renseignements sur la composition des dépôts en radionucléides, sont également utiles.

Les informations sur la contamination du lait ont présenté un intérêt immédiat pour les autorités de santé publique. Il faut distinguer ici entre le lait de certaines fermes isolées et le lait de laiterie mélangé, dans lequel les concentrations ne seront pas aussi élevées, à la fois parce que les concentrations maximales sont atténuées par le mélange de laits d'origines diverses et parce que le délai entre production et consommation est plus long, ce qui permet une certaine décroissance de la plupart des radionucléides à vie courte provenant des retombées immédiates.

Si le lait constitue un important maillon de la chaîne alimentaire, en ce qui concerne non seulement l'iode 131 , mais aussi un certain nombre d'autres radionucléides, c'est que le bétail mis en pâture concentre très efficacement les dépôts radioactifs étalés sur de grandes surfaces. Il en est de même chez les caprins et les ovins, dont le lait présente normalement des concentrations radioactives encore plus fortes que le lait de vache. La relation entre l'importance du dépôt et la concentration dans le lait est fonction de la superficie "couverte" par l'animal en pâture.

Des chutes de pluie locales ont causé de fortes variations de l'activité des dépôts; dans certains endroits, elle peut atteindre cinquante fois la valeur moyenne, même dans une région balayée par le même panache. Dans certains pays, on enregistre d'amples variations du fait qu'ils ont seulement été touchés en partie par un panache. Les données ne permettent donc pas encore de faire une évaluation fiable des valeurs moyennes. On ne doit cependant pas perdre de vue que les valeurs extrêmes touchent habituellement des zones limitées et des fractions réduites de la population totale.

La complexité du problème est illustrée par le phénomène suivant : les concentrations dans le lait des vaches mises en pâture peuvent soit augmenter après des précipitations, soit au contraire baisser, selon que l'eau bue par le bétail sera plus contaminée du fait de la pluie, ou au contraire que la pluie aura lavé l'air des produits radioactifs qui auraient été inhalés par le bétail.

Les mesures sur les concentrations radioactives dans l'air au niveau du sol répondaient à deux objets. Certaines mesures telles que celles de l'activité totale des rayonnements bêta dans l'air donnent des indications sur la position du panache et l'instant de contamination maximale lorsqu'il n'y a pas de précipitations. Les résultats sont par contre difficiles à interpréter en cas, par exemple, de chute de pluie qui lave l'atmosphère. D'autres mesures de la radioactivité de l'air ont donné des informations sur la composition en radionucléides.

Quelques pays ont jusqu'ici signalé une contamination insignifiante ou nulle : Espagne, France, Islande et Portugal par exemple; il s'agit des pays où, compte tenu des informations météorologiques, il n'y a pas à attendre de contamination notable.

Le tableau I résume provisoirement certaines des données communiquées sur le débit d'exposition externe, le dépôt d'iode 131 et la concentration d'iode 131 dans le lait. Cette information se rapporte à des moments différents de la période des dix premiers jours ayant suivi l'accident. Compte tenu de la décroissance de certaines matières au cours de cette période, les chiffres ne sont pas directement comparables entre eux, mais donnent cependant une image cohérente de la situation en ce qui concerne la contamination, qui cadre parfaitement avec les informations météorologiques données dans les figures 3 à 7.

Ce tableau devrait cependant être interprété avec réserve. Lorsque le rapport a été établi, on n'a pas eu assez de temps pour évaluer pleinement toutes les informations qui avaient été reçues; il y a donc probablement des lacunes importantes et il se peut que certains chiffres ne soient pas rigoureusement exacts. Il n'est pas encore possible d'évaluer les valeurs moyennes à partir de distributions asymétriques, et le lecteur devra s'abstenir de tirer des conclusions fermes à partir de valeurs extrêmes entachées d'incertitude et représentant le plus souvent une situation très localisée.

Il n'existe pas de bonne corrélation entre les valeurs extrêmes pour les diverses grandeurs signalées, tout simplement parce que les extrêmes peuvent ne pas se rapporter au même endroit ni au même instant. Le débit d'exposition externe maximum indique peut-être le mieux la distribution de la contamination, en partie parce qu'il a été facile à mesurer. Ces valeurs sont aussi portées, dans la figure 9, sur une carte qui indique les panaches de propagation à partir du réacteur. On ne doit pas oublier que les valeurs de pointe ne se maintiendront pas après décroissance des radionucléides à courte période. Les débits d'exposition élevés provenant de retombées immédiates sont donc moins significatifs que les fortes valeurs observées plus tard, alors que le césium 137, par exemple, contribue pour une large part au débit d'exposition.

TABLEAU 1 Tableau synoptique des données communiquées (Note : vu le peu de temps disponible pour la rédaction du rapport, ce tableau risque d'être incomplet et devrait être interprété avec réserve)

Pays	Débit d'exposition externe au-dessus du fond naturel de rayonnement (uR/h)	Dépôt d'iode 131 (kBq/m ²)	Concentration d'iode 131 dans le lait (Bq/l)	
			Lait de laiterie (mélangé)	Valeurs maximales, généralement lait de ferme frais
Allemagne, Rép. féd.	- 250			1 200*
Autriche	2 - 230			1 500*
Danemark	1 - 2	3	0 -	30
Finlande	0 - 370	0,6 - 120	20 - 40	
Hongrie	24 - 43	80 - 150	50 - 200	2 600*
Islande	0		0	
Israël	1 - 2		0 - 7	
Luxembourg	7			
Malte		1		
Norvège	6 - 22	20 - 80	15 - 57	
Pays-Bas	1 - 12	0,5 - 3		175
Pologne	10 - 440	0,1 - 200	0 - 600	1 700*
Portugal	0	0	0	
Royaume-Uni	1 - 50	0,7 - 3	2 - 15	190
Suède	2 - 500	0,1 - 170	2 - 56	2 900*
Suisse	5 - 130	1,6 - 7	7 - 110	440
Tchécoslovaquie	20 - 200		- 500	1 000*
Yougoslavie	- 150		50 - 150	

* Ces valeurs maximales sont localisées et s'appliquent seulement à de petits groupes de population

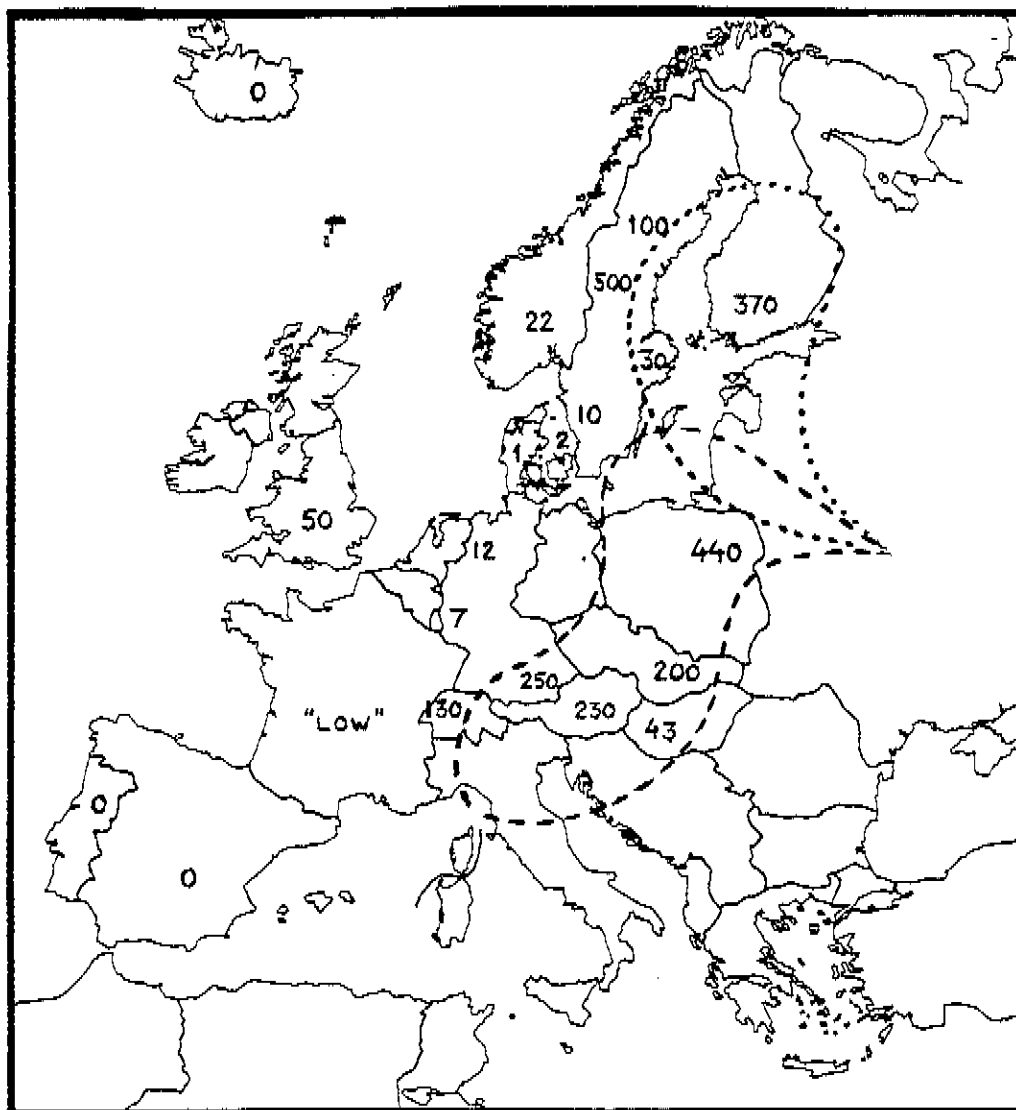


Figure 9 Répartition géographique des valeurs maximales signalées du débit d'exposition externe (uR/h).

Note : Les deux tracés de panaches dominants sont seulement schématiques, les limites effectives étant mal définies et affectées par les conditions locales de vent et de pluie. Les dépôts locaux, responsables des débits d'exposition maximaux à partir du sol, dépendent dans une large mesure des précipitations.

MESURES DE PROTECTION

La contamination radioactive causée en Europe par l'accident du réacteur a suscité de vives préoccupations; les autorités nationales ont été sollicitées sur les mesures à prendre en fonction des conditions locales. A leur tour, les pays ont demandé à l'OMS ce qu'il fallait faire à cet égard.

Pour bien comprendre la nécessité et la justification des mesures de protection, il faut connaître la nature du risque biologique. Les doses de rayonnements aux niveaux de contamination qui ont été signalés en dehors de l'URSS ne peuvent pas causer d'effets aigus. Les cas où il a fallu intervenir rapidement pour éviter ou pour réduire le risque de dommages radiologiques aigus se limitent à la zone directement sinistrée, qui pour les accidents catastrophiques de réacteurs est comprise, d'après les estimations normales, dans un rayon de 30 à 50 km par rapport à la source. Selon le type d'accident et les conditions météorologiques, il peut être nécessaire d'intervenir rapidement à de plus grandes distances sous le vent. Le problème bien connu d'une telle intervention (qui peut prendre divers degrés, depuis des consignes à la population de rester à l'intérieur des locaux jusqu'à l'évacuation immédiate) est qu'elle doit être programmée à l'avance et, lors d'un accident, commencer avant même que les résultats des mesures de rayonnements soient connus ou qu'ils donnent des indications fiables. En d'autres termes, ces actions doivent être lancées à priori sur la base d'informations techniques quant au risque de rejet important, et non pas après confirmation par des mesures que ces rejets ont bien eu lieu.

Dans le cas présent, une telle situation ne se présente pas en dehors de l'URSS même. Les effets à prendre en compte sont donc exclusivement les effets considérés comme étant de nature stochastique et pour lesquels il n'existe pas de dose seuil : c'est le cas des effets cancérogènes et génétiques. Par prudence, on évalue aussi le risque de retard mental après exposition du foetus en partant du principe qu'il n'y a pas d'effets de

seuil. Pour les effets stochastiques, la probabilité d'apparition d'un effet chez un individu donné est considérée comme proportionnelle à la dose cumulée résultant de l'accident. Même si selon cette hypothèse, toute dose de rayonnement, aussi faible soit-elle, entraînerait une probabilité corrélative d'apparition d'effets, les mesures destinées à éviter ou à réduire une dose ne se justifient que si elles n'engendrent pas elle-mêmes un risque supérieur au risque évité. Le principe fondamental est donc de réduire toutes les doses autant qu'il est raisonnablement possible par des mesures de protection dont on attend un bénéfice net positif pour les individus exposés.

Cela signifie qu'il peut être indiqué de prendre certaines précautions très simples, même si la dose évitée est très faible. On peut par exemple s'abstenir de boire de l'eau de pluie si l'on a d'autres sources d'eau (l'eau de pluie peut avoir des concentrations notablement plus fortes de radionucléides que l'eau d'autres sources), laver et éviter de consommer temporairement des légumes frais cultivés en surface et sur lesquels des poussières radioactives (invisibles) ont pu se déposer.

D'autres mesures, qui peuvent elles-mêmes susciter des problèmes, ne se justifient que si les doses en cause sont plus fortes. Il s'agit notamment des restrictions concernant le lait donné aux nouveau-nés. Les mesures effectives de protection peuvent varier : envoi de tout le lait frais aux laiteries pour qu'il soit mélangé à du lait moins contaminé, mise au rebut du lait frais, utilisation du lait contaminé pour la production de fromage ou de lait en poudre (ce qui permet la décroissance de l'iode 131 et des autres radionucléides à courte période), interdiction temporaire de mettre en pâture les bêtes laitières. Le choix des mesures dépendra de ce qui est judicieux dans une situation donnée et peut varier suivant les conditions locales ainsi que la période de l'année. Dans un certain nombre de pays, les autorités ont fixé des "niveaux d'intervention" c'est-à-dire des niveaux de contamination à partir desquels on peut envisager d'intervenir. Il importe de comprendre que, conformément au principe de limitation des risques "au minimum raisonnablement

possible", les niveaux d'intervention devraient toujours être accompagnés de l'indication du type de mesures auxquelles ils s'appliquent. Dans le cas des mesures précitées par exemple, qui visent à réduire la dose absorbée par la thyroïde chez les nourrissons en limitant la contamination du lait, divers niveaux d'intervention ont été fixés par les autorités nationales. Ils semblent peut-être présenter des différences, mais celles-ci peuvent simplement correspondre à différentes manières d'appliquer ces limites. Ainsi dans certains pays, le niveau d'intervention pour la concentration d'iode 131 dans le lait est de 2000 Bq/l (ce qui correspond à un équivalent de dose effectif d'environ 0,4 mSv par litre de lait ingéré par un enfant). Dans d'autres, le niveau retenu est plus bas, à savoir 500 Bq/l, mais il s'applique au lait de laiterie mélangé dans lequel les concentrations maximales sont moins fortes que dans le lait de fermes individuelles. Le premier niveau vise à prévenir un risque pour les nouveau-nés les plus exposés, alors que le second est destiné à éviter qu'un risque plus faible devienne le risque moyen dans une population plus nombreuse.

Les niveaux d'intervention sont parfois comparés à d'autres limites recommandées, notamment aux doses limites recommandées internationalement pour des éléments de la population, et l'on peut alors parfois constater qu'ils sont plus élevés. La raison en est que les doses limites normales sont fixées pour des opérations normales impliquant une radioexposition prévue et s'appliquent à des doses qui peuvent être reçues pendant des années. Les niveaux d'intervention, en revanche, s'appliquent à des situations exceptionnelles (il est peu probable alors que des individus qui reçoivent les plus fortes doses lors d'un accident soient à nouveau exposés à des doses trop élevées lors d'un autre accident).

Comme le montre le tableau 1, les données communiquées indiquent que la contamination par l'iode 131 du lait de laiterie a approché certains niveaux d'intervention nationaux et que, dans quelques cas, les niveaux à partir desquels le lait de ferme ne peut plus être directement consommé ont même été

dépassés. C'est ce qui explique les diverses mesures qui ont été prises en ce qui concerne l'interdiction de mise en pâture du bétail et les restrictions à la consommation directe d'une certaine partie du lait. Dans l'ensemble, cependant, ces fortes concentrations constituent des exceptions, et les valeurs moyennes sont manifestement inférieures aux niveaux d'intervention. S'il ne se produit plus de rejet d'iode 131 , on peut s'attendre à une baisse rapide des valeurs maximales, ce qui dispensera de toute mesure nouvelle ou complémentaire. L'iode 131 n'est toutefois pas le seul radionucléide présent dans le lait, bien qu'il soit prédominant. Si plusieurs radionucléides sont présents, le niveau d'intervention pour chaque radionucléide pris séparément doit être plus faible que s'il était seul présent.

Certaines autres mesures, incontestablement, n'étaient pas justifiées compte tenu de la relation entre la dose évitée et les inconvénients de la mesure elle-même. Il n'était pas justifié par exemple de mettre en garde contre la consommation d'eau potable autre que l'eau de pluie, étant donné que les eaux souterraines et eaux de surface provenant de grands réservoirs sont peu susceptibles d'être contaminées; de même pour ce qui est de l'allaitement des nourrissons au sein ou des séjours prolongés en plein air.

En ce qui concerne la consommation de comprimés d'iode, il s'agit d'une mesure de protection très particulière. L'iode ainsi ingéré bloque l'absorption d'iode radioactif par la thyroïde si les comprimés ont été pris avant l'exposition par inhalation ou par ingestion. Comme l'ingestion d'iode radioactif peut elle-même être contrôlée par les mesures prévenant la consommation de lait contaminé, le seul mode de contamination à retenir est l'inhalation. Dans de nombreux plans d'intervention d'urgence, il est prévu de distribuer des comprimés d'iode aux personnes résidant dans le voisinage immédiat du réacteur, pour le cas où elles risqueraient d'inhaler de l'iode radioactif provenant du panache. Comme il a déjà été dit, des mesures de ce type doivent être prises si tôt que l'on ne dispose pas alors d'informations directes sur le degré de contamination de l'air. C'est pourquoi on a utilisé

les comprimés d'iode en certains endroits de la Pologne, à un stade où l'on n'avait que très peu de renseignements sur l'accident. Après coup, cependant, il apparaît que de telles mesures n'avaient pas de raison d'être en dehors de l'URSS. Une fois connus les résultats de mesures, un certain nombre d'autorités nationales ont même expressément mis en garde contre la consommation de comprimés d'iode, car la dose pouvant être évitée par leur emploi ne semblait pas justifier les risques, pour faibles qu'ils soient, de l'usage à grande échelle de ces comprimés.

Le problème des restrictions aux voyages vers les pays exposés aux panaches radioactifs, ainsi qu'en URSS même, a suscité de nombreuses questions. Il en a été de même en ce qui concerne la consommation et les importations d'aliments.

Le tableau 1 et la figure 9 donnent des renseignements permettant de répondre à ces questions. En ce qui concerne les voyages, il faut prendre en considération les voies possibles d'exposition mentionnées à la page 15. Les deux premières peuvent maintenant être exclues, sauf recrudescence de l'accident; restent seulement l'irradiation externe provenant du sol et la contamination interne par des aliments.

Il ressort clairement du tableau 1 et de la figure 9 que l'irradiation externe n'est plus une cause de préoccupation en dehors de l'URSS. En URSS même, il est probable qu'elle reste préoccupante dans la zone proche (s'inscrivant dans un rayon de 30 à 50 km) et même plus loin du centre de l'accident dans le sens de déplacement de panache.

Quant à la contamination interne liée à l'ingestion d'aliments, elle proviendra du lait contaminé et des légumes frais cultivés en surface dans des zones situées sous le panache. Les niveaux de contamination signalés ne sont pas inquiétants dans les zones situées à l'extérieur de l'URSS, si l'on fait abstraction peut-être du lait de ferme frais. Le lait de laiterie présente en

général de faibles concentrations. La mesure simple consistant à laver les légumes frais est un conseil relevant du bon sens. La situation en dehors de l'URSS ne semble donc pas justifier de restrictions aux déplacements. Cependant, il n'a pas encore été reçu de données de la Roumanie et de la Bulgarie, pays qui ont pu être exposés à des matières radioactives échappées de Tchernobyl après le mardi 29 avril.

En ce qui concerne les risques de santé liés aux aliments exportés par l'URSS et par les pays européens exposés au panache radioactif, les denrées critiques sont une fois encore le lait et les légumes frais cultivés en surface. Des informations reçues, il apparaît que le lait de laiterie mélangé ne présente pas de contamination dépassant les niveaux d'intervention, et qu'en outre, la contamination liée à l'iode 131 est seulement un problème temporaire. Les autres denrées alimentaires ne semblent pas être une cause de préoccupation immédiate, à l'exception peut-être de la thyroïde d'animaux nourris en pâture. A long terme, on trouvera peut-être du césium 137 dans la viande et le grain, et il est recommandé d'étudier de plus près la situation en ce qui concerne ce radionucléide.

La figure 10 récapitule les informations qui ont été reçues sur les diverses mesures de protection prises dans différents pays. Vu les conditions d'urgence dans lesquelles ce rapport a été rédigé, il est possible que les données présentées soient incomplètes, mais le tableau fournit certains renseignements sur les types de mesures envisagées. Il devrait aussi être étudié en liaison avec le tableau 1 qui indique les niveaux de contamination auxquels ont dû faire face les diverses autorités des pays.

Figure 10 : Mesures de protection prises dans les divers pays.

	Allemagne, Rép. féd.	Autriche	Belgique	Danemark	Espagne	Finlande	France	Hongrie	Irlande	Israël	Italie	Japon	Luxembourg	Monaco	Norvège	Pays-Bas	Pologne	Royaume-Uni	Saint-Marin	Suède	Suisse	Yougoslavie	
Recommandation expresse : "ne prendre aucune mesure"					✓		✓		✓	✓			✓	✓	✓								
Conseil de rester à l'intérieur des locaux ou d'éviter les séjours prolongés en plein air		(✓)																		NO			
Recommandation de porter un masque lors du changement des filtres à air dans les installations industrielles à grand débit																				(✓)			
Recommandation de ne pas laisser les enfants jouer dans le sable		✓																					
Recommandation de se protéger contre les poussières lors des travaux de jardinage ou d'agriculture																					NO		
Restrictions à la consom- mation de lait		NO				NO										(✓)	NO	(✓)	✓	✓	(✓)		
Interdiction de mettre en pâturage les bêtes laitières	✓		✓					✓								✓			✓	✓	✓		
Mise en garde contre l'allai- tement au sein des nourrissons	NO																			NO			
Précautions s'appliquant aux femmes enceintes																				NO			
Recommandation de ne pas boire l'eau de pluie		✓				✓						✓			✓		(✓)			✓	✓	✓	
Recommandation de ne pas utiliser l'eau de pluie pour abreuver les vaches						✓																	✓
Précautions quant à la consom- mation d'eau autre que l'eau de pluie pour l'alimentation		NO																		NO			
Recommandation de ne pas manger de légumes frais cultivés en surface		✓																NO	✓	✓			
Conseil de laver les légumes frais avant de les consommer	✓	✓	✓					✓				✓				✓					✓	✓	
Restrictions à la vente de thyroïdes d'animaux															✓								
Conseil de prendre des comprimés d'iode																							
Recommandation de ne pas prendre des comprimés d'iode	✓																					✓	✓
Restrictions aux importations d'aliments en provenance d'URSS				✓							✓								(✓)	✓			
Restrictions aux importations d'ali- ments en provenance d'autres pays			✓							✓									(✓)	(✓)			
Recommandation aux touristes de ne pas se rendre dans certaines zones						✓																✓	
Contrôle radiologique des touristes venant de certaines zones						✓			✓									(✓)					✓
Déclaration/confirmation des niveaux d'intervention						✓												✓		✓			✓

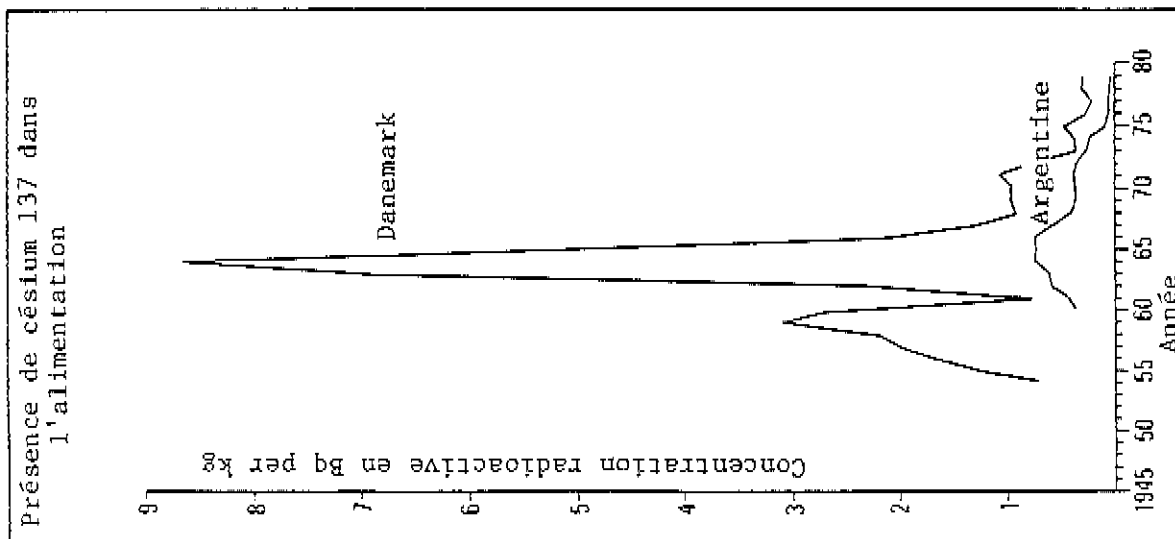
Les parenthèses indiquent une action limitée ou restreinte; le symbole "NO" indique que les autorités ont mis en garde contre une mesure.

LE PROBLEME DU CESIUM 137

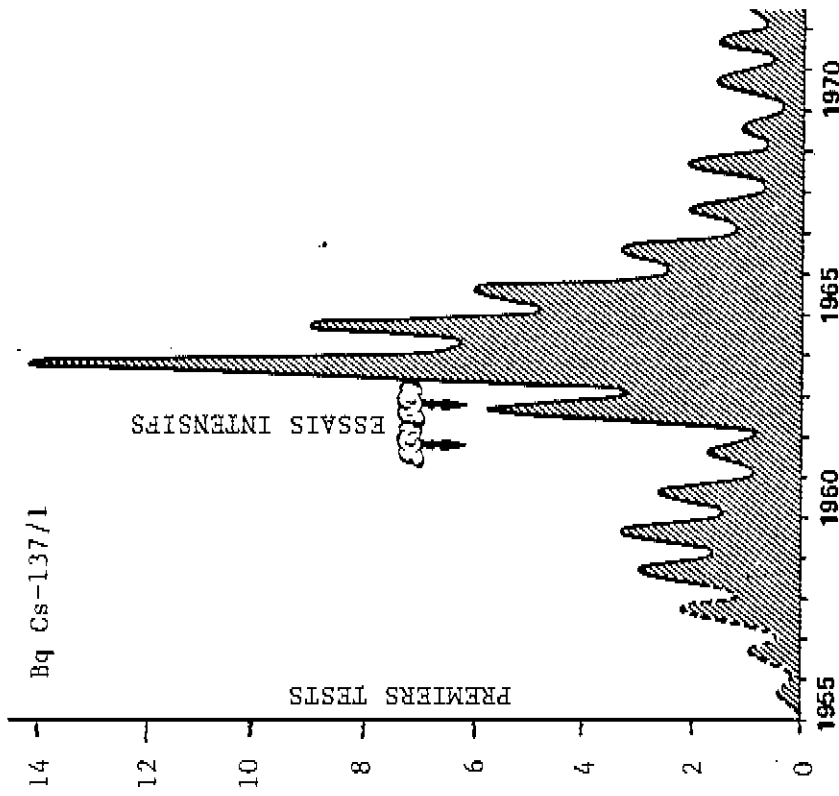
La contamination à l'échelle mondiale par des produits de fission, après les explosions d'armes nucléaires dans l'atmosphère, principalement pendant la période 1956-1962, a été étudiée de manière approfondie. Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) a publié un certain nombre de rapports où les doses de rayonnement résultantes ont été évaluées. La plus forte contribution à l'exposition de la population provenant de cette source est celle du césium 137, qui a une longue période (30 ans environ), est facilement transporté le long de diverses chaînes alimentaires et est pour l'homme à la fois une cause d'irradiation externe à partir de dépôts au sol et de contamination interne après l'ingestion d'aliments. Il a été constaté que le césium 137 contaminait la plupart des denrées alimentaires courantes comme le lait, la viande et les céréales.

La figure 11 indique la variation en fonction du temps des concentrations de césium 137 dans l'alimentation et dans le lait dans certains pays. A la suite de l'accident de Tchernobyl, des concentrations beaucoup plus fortes que prévues de césium 137 ont été mesurées dans l'air et dans les matières déposées au sol, ce qui signifiait qu'il s'en était échappé de grandes quantités du réacteur en même temps que l'iode. Dans certains endroits où il y avait eu de forts dépôts d'iode 131, on a aussi mesuré des dépôts importants de césium 137, qui atteignaient 40 kBq/m^2 dans la région de Munich et 1 à 4 kBq/m^2 dans certaines parties de l'Ecosse. Dans les zones où les précipitations étaient plus faibles, les valeurs sont beaucoup plus basses, et plus encore là où il n'y a pas eu d'exposition directe aux panaches émis initialement (valeur de l'ordre de $0,01 - 0,02 \text{ kBq/m}^2$). La principale différence actuellement est que le dépôt de césium est beaucoup plus inégalement réparti.

Si l'on se fonde sur les évaluations faites par l'UNSCEAR des conséquences des retombées nucléaires, il n'apparaît pas que la contamination par le césium en dehors de l'URSS soit susceptible de causer de problèmes sérieux. Cependant, étant donné que le césium 137 joue un rôle prépondérant dans l'exposition à long terme, on ne pourra évaluer l'impact global de la contamination si l'on ne connaît pas mieux la répartition de ce radio-élément. Il faudrait aussi étudier certaines chaînes alimentaires mal connues, telles que la chaîne lichen/renne, pour s'assurer qu'elles ne donnent pas lieu à des concentrations de radioactivité inquiétantes.



(a)



(b)

Figure 11 : a) concentration de césium 137 dans l'alimentation pendant et après la période d'essais intenses d'armes nucléaires dans l'atmosphère; b) concentration moyenne de césium 137 dans le lait de laiterie en Suède pendant et après les essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère. Les courbes montrent qu'il s'est produit une baisse relativement rapide de la teneur du lait en césium 137 lorsque l'effet additionnel de la nouvelle campagne d'essais atmosphériques de 1962 a cessé.

(Source : a) Brochure du PNUE sur l'UNSCEAR et b) Livre suédois sur l'énergie nucléaire et le rayonnement de B. Lindell et S. Löfveberg).

DEUXIEME PARTIE - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Copenhague, 6 mai 1986

A la suite de l'accident nucléaire de Tchernobyl (URSS), des Etats Membres ont pris contact avec l'Organisation mondiale de la santé, tant au Bureau Régional de l'Europe à Copenhague qu'au siège de Genève, pour lui demander d'urgence un avis sur la situation, des prévisions sur les conséquences et des conseils sur les mesures à prendre au niveau national.

Le directeur général de l'OMS a confié au Bureau régional de l'Europe la tâche de donner suite à cette demande et une équipe a été réunie pour la durée de la situation d'urgence.

Après une analyse de la situation, il a été décidé de convoquer, dans les plus brefs délais, un groupe d'experts hautement qualifiés. Ce groupe, composé de scientifiques de haut niveau dans les domaines de la météorologie, de la radioprotection, des effets biologiques, de la technologie des réacteurs, des plans d'urgence, de la santé publique et de la psychologie, s'est réuni à Copenhague le mardi 6 mai pour analyser le déroulement des événements et leurs conséquences.

Les experts, partant de l'hypothèse qu'il n'y aurait pas de nouvelle émission importante de rayonnement, ont recommandé à l'OMS les actions de santé publique nécessaires dans la situation actuelle. Les substances radioactives présentes dans l'atmosphère au-dessus de l'Europe ont maintenant été diluées dans les masses d'air, et les radionucléides ayant la période la plus courte ont déjà perdu leur activité. Certaines des mesures qui étaient recommandées par plusieurs pays, peu de temps après l'accident, n'ont donc plus de raison d'être et il est improbable qu'il apparaisse une nouvelle situation justifiant de telles mesures en dehors de la zone directement sinistrée en URSS.

Les experts sont convenus que les actions ci-après ne se justifiaient pas actuellement : recommandation au public de rester à l'intérieur des locaux, précautions pour éviter d'inhaler des poussières dans les travaux agricoles ou de jardinage, mise en garde contre la consommation d'eaux de surface et d'eaux souterraines pour la boisson. Quant à l'usage de comprimés d'iode, il n'est plus conseillé.

Toutes les mesures de protection prises à distance d'un accident visent à réduire les doses de rayonnement au minimum raisonnablement possible. De manière générale, la consommation de lait de vache, même par les nouveau-nés et les femmes enceintes, et l'allaitement au sein ne risquent pas d'exposer les enfants à des doses notables. Cependant, comme il y a eu dans certains endroits de fortes chutes de pluie coïncidant avec le passage du nuage radioactif, les dépôts d'iode 131 ainsi formés pourront se retrouver en concentration plus élevée dans le lait frais de certaines fermes. Des restrictions quant à la consommation immédiate de ce lait pourront donc demeurer justifiées, compte tenu des valeurs nationalement fixées comme seuil d'intervention, par exemple celle de 2000 Bq adoptée dans un certain nombre de pays. Le lavage des légumes frais et la non-consommation d'eau de pluie sont dans la plupart des cas des mesures faciles à appliquer, qui peuvent demeurer recommandées pour prévenir toute exposition évitable.

Le groupe a jugé qu'il n'y avait pas de raison d'adopter de restrictions aux voyages entre pays, excepté bien entendu en ce qui concerne le voisinage immédiat du lieu de l'accident.

Le problème des importations de denrées alimentaires a soulevé un certain nombre de questions; plusieurs pays ont adopté des mesures restrictives. Il n'existe pas d'argument de santé publique justifiant de telles mesures, si l'on excepte les produits venant de la zone contaminée proche du lieu de l'accident et éventuellement de zones limitées, dans certains pays, où la contamination a été renforcée par des chutes de pluie

pendant le passage du nuage. Cependant, le manque d'information sur le niveau de la contamination et l'étendue contaminée en URSS, ainsi que la difficulté d'identifier sans erreur l'origine précise des produits, risquent d'inciter certaines autorités à prendre des mesures administratives. Celles-ci devraient cependant de préférence être fondées sur des mesures de la contamination effective. Le dépôt direct d'aérosols radioactifs sur la peau, les vêtements, les véhicules ou d'autres objets n'est pas un facteur notable, sauf dans le cas d'exposition à des processus ayant pour effet de concentrer les poussières atmosphériques, comme dans le cas de l'utilisation d'appareils à fort débit d'air. Pour pouvoir évaluer sérieusement l'impact à long terme de l'accident, il faudra disposer d'informations plus précises sur les dépôts de césium 137. Il est recommandé d'étudier l'importance et la distribution géographique de ces dépôts.

Il est nécessaire d'instaurer un système international pour rassembler et interpréter les informations sur les accidents de grande ampleur se produisant éventuellement à l'avenir. Ce système devrait être basé sur les systèmes nationaux et réseaux internationaux existants, et devrait prévoir l'échange précoce d'informations à l'intérieur de chaque pays et entre pays.

Il est également nécessaire de disposer de systèmes, au niveau national et au niveau local, comprenant des centres bien définis, qui fourniront informations et conseils au public.

Des principes directeurs ont été publiés par un certain nombre d'organisations internationales sur les plans de réponse aux situations d'urgence. Il faudrait tirer pleinement parti de l'expérience acquise en liaison avec cet accident pour examiner et améliorer ces instructions.

TROISIEME PARTIE - LISTE DES PARTICIPANTS

Conseillers temporaires

- Dr Dan BENINSON, président de la Commission internationale de radioprotection, et directeur du service de contrôle des installations nucléaires de la Commission nationale de l'énergie nucléaire, Buenos Aires (Argentine) (rapporteur)
- Dr Luciano CARRINO, membre du Groupe OMS/EURO d'évaluateurs en matière de préparation et de gestion pour les situations de catastrophe, et expert à la section de la santé, département de la coopération internationale du Ministère des affaires étrangères, Rome (Italie)
- Dr Jean CHANTEUR, professeur à la Faculté de médecine, et directeur adjoint au Service central de protection contre les rayonnements ionisants, Paris (France)
- Dr Harriet DIGE-PETERSEN, membre du secrétariat international de la Direction nationale de la santé, et médecin-chef au département de physiologie et de médecine nucléaire de l'Hôpital de Glostrup, Glostrup (Danemark)
- Dr Wolfgang JACOBI, professeur et directeur de la Société de recherche sur les rayonnements et l'environnement, Neuherberg (République fédérale d'Allemagne)
- Dr Emil KUNZ, chef du département d'hygiène radiologique, Institut d'hygiène et d'épidémiologie, Prague (Tchécoslovaquie)
- Dr Julian LINIECKI, professeur au département de médecine nucléaire, Académie de médecine de Lodz, Lodz (Pologne)
- Dr Jean-Claude NENOT, chef des services d'hygiène radiologique, département de la protection de la santé de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, Commissariat à l'énergie atomique, Fontenay-aux-Roses (France)
- Dr Christer PERSSON, météorologue en chef à l'Institut météorologique et hydrologique suédois, Norrköping (Suède)
- Dr Laszlo B. SZTANYIK, directeur général à l'Institut national de recherche en radiobiologie et en hygiène radiologique, Budapest (Hongrie)
- Dr Anthony D. WRIXON, administrateur scientifique principal, département des évaluations du Conseil national de radioprotection, Chilton, Didcot (Royaume-Uni)
- M. Victor V. ZONOV, attaché scientifique et technique à l'Ambassade d'URSS, Copenhague (Danemark)

REPRESENTANTS D'AUTRES ORGANISATIONS

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

M. Bruce W. Emmerson, spécialiste des actions d'urgence, Division de la sûreté nucléaire, Vienne, Autriche

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

Bureau régional de l'Europe

Dr Jean-Paul JARDEL, directeur, Gestion des programmes (président)

Dr Bo LINDELL, consultant de l'OMS en radioprotection, président élu du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (rapporteur)

M. Michael J. Suess, fonctionnaire régional pour les risques liés à l'environnement (secrétaire)

M. J. Ian WADDINGTON, directeur, Service de la salubrité de l'environnement (secrétaire)

Siège

Dr Peter J. WAIGHT, expert scientifique (rayonnements), prévention de la pollution de l'environnement, Division de l'hygiène du milieu