

ARCHIVES

N° 1156  
ASSEMBLÉE NATIONALE  
Huitième législature

N° 179  
SÉNAT  
1987-1988

PREMIÈRE SESSION ORDINAIRE DE 1987-1988

OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

ARCHIVES

RAPPORT

SUR LES CONSÉQUENCES DE L'ACCIDENT  
DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE TCHERNOBYL  
ET SUR LA SÛRETÉ ET LA SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

Rapporteurs : MM. Jean-Marie RAUSCH et Richard POUILLE, Sénateurs  
en remplacement de M. Jacques VALADE (1)

(1) Nommé ministre le 20 janvier 1987

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale  
par M. Philippe BASSINET  
*Vice-Président de l'Office*

Annexe au procès-verbal de la séance  
du jeudi 17 décembre 1987

Déposé sur le Bureau du Sénat  
par M. Jean-Marie RAUSCH  
*Président de l'Office*

Annexe au procès-verbal de la séance  
du jeudi 17 décembre 1987

## SOMMAIRE

	Pages
<b>AVERTISSEMENT</b> .....	9
<b>Lettres de saisine</b> .....	11
<b>INTRODUCTION</b> .....	13
<b>PREMIERE PARTIE : L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL ET SES CONSÉ- QUENCES</b> .....	19
<b>I. Les aspects soviétiques</b> .....	19
1. <i>Les raisons du recours de l'URSS à l'énergie nucléaire</i> .....	20
1.1. L'URSS dispose de ressources énergétiques traditionnelles considérables.....	21
1-2. Le décalage géographique entre l'offre et la demande d'électricité.....	22
1.3. Les fluctuations du programme nucléaire soviétique.....	24
1.4. Les conséquences de l'accélération récente du programme nucléaire.....	26
1.5. L'état actuel du secteur de l'énergie nucléaire.....	28
2. <i>L'accident : des négligences et des erreurs</i> .....	30
2.1. Les caractéristiques des réacteurs RBMK.....	31
2.2. Le scénario de l'accident.....	37
2.3. Les explications données par les autorités soviétiques.....	42
3. <i>Une gestion efficace du sinistre</i> .....	43
3.1. Les premières mesures prises pour maîtriser l'accident.....	44
3.1.1. La lutte contre l'incendie.....	44
3.1.2. La couverture du cœur du réacteur.....	45
3.1.3. La protection des eaux souterraines et de surface.....	46
3.2. La protection des habitants de la région.....	47
3.2.1. L'évacuation et le relogement des populations.....	48
3.2.2. Les mesures médicales.....	50

	Pages
<b>II. Les conséquences pour la France</b> .....	56
1. <i>Les effets de l'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants</i> .....	56
1.1. L'exposition normale de l'homme aux rayonnements ionisants .....	58
1.1.1. L'irradiation naturelle .....	58
1.1.2. L'irradiation artificielle .....	59
1.2. La classification des effets pathologiques .....	60
1.2.1. Effets déterministes .....	60
1.2.2. Effets probabilistes .....	61
1.3. Les effets pathologiques des fortes doses .....	62
1.3.1. Les brûlures radiologiques .....	62
1.3.2. Les syndromes d'irradiation globale aiguë .....	64
1.3.3. Le traitement des irradiés à forte dose .....	68
1.4. Les effets pathologiques des faibles doses .....	70
1.4.1. Généralités .....	70
1.4.2. L'induction de cancers .....	72
1.4.3. Les effets génétiques .....	79
1.4.4. Conclusions générales sur les effets des faibles doses .....	81
1.5. Le bilan des accidents d'irradiation .....	82
1.6. Les principes de la radioprotection .....	84
1.6.1. Généralités .....	84
1.6.2. Les normes de radioprotection .....	85
1.6.3. La philosophie de la CIPR .....	87
1.6.4. L'existence de limites à l'amélioration de la radioprotection .....	87
2. <i>Les controverses portant sur le contrôle de la radioactivité</i> .....	89
2.1. La qualité des responsables du contrôle .....	89
2.1.1. Le SCPRI .....	90
2.1.2. Les actions de contrôle exercées sous l'égide du ministère de l'agriculture .....	90
2.1.3. Le service de la répression des fraudes .....	93
2.1.4. Autres organismes .....	93
2.2. La complexité des opérations de contrôle .....	94
2.3. Des contrôleurs contestés .....	95
3. <i>Les retombées sur la France : mythes et réalités</i> .....	96
3.1. Les retombées en France .....	96
3.2. Des retombées sans conséquences sanitaires significatives .....	104

	Pages
4. <i>L'information du public : l'échec et les leçons à en tirer</i> .....	111
4.1. <i>L'information dispensée en France après l'accident</i> .....	112
4.1.1. <i>Rappel chronologique</i> .....	112
4.1.2. <i>Les maladroites des pouvoirs publics</i> .....	114
4.1.3. <i>La perception des événements par l'opinion publique</i> .....	116
4.2. <i>Un échec dont il faut analyser les causes et tenter de tirer les leçons</i> ..	117
4.2.1. <i>Des critiques excessives malgré des carences certaines</i> .....	117
4.2.2. <i>La nécessité d'une réflexion sur l'information en temps de crise</i> ..	119
<b>DEUXIEME PARTIE : LES ENSEIGNEMENTS A TIRER DE CET ACCI-</b>	
<b>DENT</b> .....	123
<b>I. La conception française de la sûreté des centrales nucléaires doit-elle être</b>	
<b>révisée ?</b> .....	123
1. <i>L'organisation administrative de la sûreté nucléaire</i> .....	123
1.1. <i>La sûreté nucléaire</i> .....	123
1.2. <i>Les principes généraux de l'organisation administrative de la sûreté</i>	
<i>nucléaire</i> .....	124
1.2.1. <i>Une définition précise des responsabilités</i> .....	125
1.2.2. <i>Une séparation entre les tâches administratives et les analyses</i>	
<i>techniques</i> .....	125
1.2.2.1. <i>Les tâches administratives</i> .....	125
1.2.2.2. <i>Les analyses techniques</i> .....	127
1.2.3. <i>Les comités consultatifs d'experts</i> .....	129
1.3. <i>Un système centralisé et efficace</i> .....	130
1.3.1. <i>Un système centralisé</i> .....	130
1.3.2. <i>Un système efficace</i> .....	132
1.4. <i>Un système susceptible de manquer de crédibilité</i> .....	132
1.4.1. <i>De rigoureuses normes de sécurité</i> .....	132
1.4.2. <i>Limites et difficultés du contrôle de l'application de la règle-</i>	
<i>mentation</i> .....	138
1.4.3. <i>La double compétence du Ministère chargé de l'Industrie</i> .....	142
1.4.4. <i>Le double rôle du Commissariat à l'énergie atomique</i> .....	143
1.5. <i>Vers la création d'une Agence nationale de la sécurité et de l'information</i>	
<i>nucléaires ?</i> .....	144
1.5.1. <i>Préserver la confiance des Français</i> .....	145
1.5.2. <i>Les expériences étrangères</i> .....	146
1.5.2.1. <i>Les Etats Unis</i> .....	146
1.5.2.2. <i>La République fédérale d'Allemagne</i> .....	147
1.5.2.3. <i>La Suisse</i> .....	148

	Pages
1.5.3. Esquisse d'une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires.....	149
1.5.3.1. Prévoir des sauvegardes .....	149
1.5.3.2. Les missions et les moyens de l'Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires .....	150
2. <i>L'organisation technique de la sûreté nucléaire</i> .....	152
2.1. Les principes .....	152
2.1.1. La méthode des barrières .....	152
2.1.2. Le principe de défense en profondeur .....	152
2.1.3. L'expérience d'exploitation.....	154
2.2. L'enceinte de confinement, rempart ultime ? .....	155
2.2.1. L'évaluation technique des enceintes des différents types de réacteurs .....	155
2.2.2.1. Les enceintes de confinement des réacteurs à uranium naturel graphite-gaz (UNGG) .....	155
2.2.2.2. Les enceintes de confinement des réacteurs à neutrons rapides (RNR) .....	158
2.2.2.3. Les enceintes de confinement des réacteurs à eau pressurisée (REP).....	161
2.3. La résistance des enceintes des REP aux explosions d'hydrogène.....	163
2.3.1. La révélation du danger à TMI.....	163
2.3.2. La production d'hydrogène lors d'un refroidissement inadéquat du cœur .....	164
2.3.2.1. La réaction métal/eau à proximité du combustible.....	164
2.3.2.2. Les autres sources d'hydrogène.....	167
2.3.3. La production d'hydrogène en cas de fusion du cœur et de formation d'un magma appelé corium.....	167
2.3.4. La combustion de l'hydrogène .....	168
2.3.5. La limite inférieure de détonabilité d'un mélange hydrogène-air ..	172
2.3.6. La répartition de l'hydrogène dans l'enceinte.....	173
2.3.7. Le comportement des enceintes des REP.....	173
2.3.8. La détection de l'hydrogène.....	174
2.3.9. La neutralisation des enceintes des réacteurs et l'élimination de l'hydrogène .....	175
2.3.9.1. La neutralisation des enceintes des réacteurs .....	175
2.3.9.2. L'élimination de l'hydrogène .....	176
3. <i>Les problèmes posés par l'interface homme/machine sont-ils suffisamment pris en compte ?</i> .....	178
3.1. La sûreté en exploitation : la prise en compte du facteur humain et les mesures post TMI.....	178
3.2. La formation et l'entraînement des exploitants .....	180

	Pages
3.3. Les améliorations apportées aux conditions de pilotage des centrales.....	182
3.3.1. L'amélioration de l'ergonomie de la salle de commande.....	182
3.3.2. L'utilisation des procédures de conduite post-accidentelles.....	184
3.3.3. La création du panneau de sûreté.....	184
3.4. Les ingénieurs de sûreté et de radioprotection (ISR).....	186
3.4.1. La formation des ISR.....	186
3.4.2. Les fonctions de l'ISR.....	187
3.4.2.1. Ses fonctions en période incidentelle ou accidentelle.....	187
3.4.2.2. Ses fonctions en période normale.....	187
3.5. Après Tchernobyl : promouvoir une culture de sûreté.....	188
4. <i>L'avenir : les nouvelles générations de réacteurs « intrinsèquement sûrs »</i> .....	189
4.1. Les caractéristiques de sûreté.....	189
4.1.1. Réactivité.....	189
4.1.2. Refroidissement du cœur.....	190
4.1.3. Evacuation de la chaleur résiduelle.....	190
4.2. Les réacteurs à haute température à neutrons thermiques refroidis à l'hélium.....	191
4.3. Les réacteurs à neutrons rapides refroidis à l'hélium.....	193
II. Défense civile et sécurité nucléaire.....	194
1. <i>L'efficacité de l'organisation administrative de la sécurité nucléaire n'est pas démontrée</i> .....	194
1.1. Une organisation fondée sur la coordination.....	194
1.2. Cette organisation serait-elle apte à réagir avec rapidité et efficacité à une crise nucléaire ?.....	195
2. <i>Une organisation sanitaire relativement bien adaptée</i> .....	201
2.1. Les équipements civils.....	203
2.1.1. Les équipements spécialisés.....	203
2.1.2. Les services hospitaliers non spécialisés en radio-pathologie.....	206
2.2. Les équipements militaires.....	207
2.2.1. Les postes de décontamination.....	207
2.2.2. Les hôpitaux des armées spécialement équipés.....	207
2.3. Un certain nombre de critiques peuvent cependant être formulées.....	212
2.3.1. Les structures disponibles ne sont pas conçues pour répondre à un accident nucléaire de grande ampleur.....	212
2.3.2. La coordination entre services semble insuffisante.....	212
2.3.3. La formation dispensée aux professions de santé est insuffisante.....	213

	Pages
COMPTE RENDU DE LA RÉUNION DU 9 DÉCEMBRE 1987 .....	214
RECOMMANDATIONS .....	217
ANNEXE I. Personnes entendues par les rapporteurs .....	220
ANNEXE II. Liste des expertises .....	221
ANNEXE III. Glossaire des sigles et définitions .....	222
ANNEXE IV. Unités utilisées pour mesurer la radioactivité.....	223
ANNEXE V. Liste des personnalités rencontrées en URSS par la délégation de l'Office .....	224
ANNEXE VI. Avis du Conseil scientifique.....	227
ANNEXE VII. Valeurs de radioactivité maximale admises dans les aliments dans le cadre de la C.E.E. (en becquerels par kilo) .....	230

## AVERTISSEMENT

En mai 1986, la Commission des Affaires Economiques et du Plan du Sénat et la Commission de la Production et des Echanges de l'Assemblée Nationale saisissent l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques du problème des conséquences de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl en U.R.S.S. et de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires.

**M. Jacques Valade**, alors sénateur, est désigné comme rapporteur ; il présente une étude de faisabilité, après avoir procédé à un grand nombre d'auditions et un programme de travail est adopté par l'Office parlementaire en juillet 1986.

Pendant l'été 1986, **M. Jacques Valade** assiste à la réunion d'experts dite « Post accident review meeting » à l'A.I.E.A. à Vienne et, après de longues et difficiles négociations, il parvient à effectuer une mission en U.R.S.S. avec plusieurs parlementaires membres de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques : **MM. Michel Bernard, Claude Birraux, Jean Giard, Georges Le Baill, Josy Moinet, Bernard Parmantier, Richard Pouille**. De l'avis de tous les participants, cette délégation a reçu un excellent accueil de la part des autorités soviétiques qui n'ont pas cherché à éluder les questions ; **M. Jacques Valade** a même obtenu de se rendre, en hélicoptère, au-dessus du site de la centrale, ce qui n'avait été accordé jusque là qu'à un seul étranger, le Directeur général de l'A.I.E.A.

Nommé membre du Gouvernement en janvier 1987, **M. Jacques Valade** ne peut poursuivre sa tâche de rapporteur ; **M. Jean-Marie Rausch** est alors désigné comme rapporteur du programme d'études en cours, **M. Richard Pouille** étant nommé co-rapporteur pour rendre compte de la mission en U.R.S.S.



SÉNAT

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Commission des Affaires économiques  
et du plan

Paris, le 28 mai 1986

Le Président

Monsieur le Président,

Le groupe de l'Union centriste a demandé à la commission des Affaires économiques et du Plan de bien vouloir saisir l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques des conséquences de la catastrophe de Tchernobyl.

Au cours de sa réunion d'aujourd'hui, notre commission a examiné cette demande et a décidé de lui donner une suite favorable.

C'est pourquoi, conformément à l'article 6 *ter*, V, 2° de l'ordonnance n° 58-1100 du 17 novembre 1958, relative au fonctionnement des assemblées parlementaires, j'ai l'honneur de saisir l'Office, dont vous êtes président, d'une demande tendant à l'établissement d'un rapport. L'objet de cette étude porterait notamment sur les conséquences de la catastrophe de Tchernobyl. Elle pourrait également procéder à une analyse exhaustive des moyens de prévention contre les éventuelles suites des incidents de fonctionnement des centrales nucléaires civiles en France, en Europe et dans les pays utilisant cette technologie. Elle pourrait aussi examiner la procédure de contrôle de l'ensemble des mesures de sûreté prévues ou mises en œuvre dans ces cas de pollution particulièrement dangereuse.

Naturellement, la commission des Affaires économiques et du Plan laisse à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, le soin, en fonction des éléments recueillis au cours de ses travaux, d'approfondir éventuellement ses investigations sur tel ou tel point qui lui paraîtrait particulièrement important.

D'avance, je me réjouis de ce que, par cette saisine et par l'étude à laquelle procédera l'Office, nous puissions disposer d'un rapport qui permettra une meilleure information des membres du Parlement sur un sujet dont l'importance n'est plus à démontrer.

Je vous prie, Monsieur le Président, de croire à l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

Michel CHAUTY

Monsieur Jean-Marie RAUSCH  
Président de l'Office parlementaire  
d'évaluation des choix scientifiques et technologiques  
Palais du Luxembourg

ASSEMBLÉE NATIONALE

Commission de la Production  
et des Échanges*Le Président*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Liberté - Égalité - Fraternité

Paris, le 29 mai 1986

Monsieur le Président,

Au cours de sa réunion du 29 mai 1986, la Commission de la Production et des Échanges a décidé de saisir, en application de l'article 6 *ter*, paragraphe V, 2°, de l'ordonnance n° 58-1100 du 17 novembre 1958 relative au fonctionnement des Assemblées parlementaires, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques que vous présidez, de la question des conséquences de l'accident nucléaire survenu à Tchernobyl le 25 avril dernier et des enseignements qu'il convient d'en tirer concernant la sûreté et la sécurité nucléaires dans notre pays.

La Commission de la Production et des Échanges souhaite que l'Office établisse en premier lieu un historique incontestable et cet événement et des conséquences qu'il a pu avoir en France. A cette fin, l'Office devra déterminer quelle a été, dans notre pays, l'évolution des retombées radioactives consécutives à l'accident de Tchernobyl. Il conviendra également d'établir de quelle manière et à quel moment précis les autorités françaises compétentes, tant politiques que scientifiques, ont été informées de l'accroissement de la radioactivité constaté en France.

La Commission de la Production et des Échanges souhaite qu'à l'occasion de l'examen de ce dernier point, l'Office se penche d'une manière plus générale sur les méthodes utilisées pour mesurer l'évolution de la radioactivité, sur le rôle des différents organismes intervenant dans ces mesures, ainsi que sur les conditions dans lesquelles les informations recueillies dans ce domaine sont transmises aux autorités compétentes. A ce stade de son étude, l'Office devra naturellement comparer les méthodes et l'organisation retenues en France avec celles qui le sont dans les pays étrangers intéressés. Il devra, de même, examiner la situation et les perspectives de la coopération internationale, notamment européenne, dans ce domaine, et faire, le cas échéant, des propositions en vue d'approfondir cette coopération.

L'Office devra également étudier les conditions dans lesquelles est assurée en France l'information des populations. Il examinera donc par quels canaux l'information sur les retombées radioactives de Tchernobyl a été diffusée auprès de l'ensemble de la population, en insistant en particulier sur les rôles joués respectivement par les autorités scientifiques et politiques. A la lumière de cette expérience, l'Office pourra faire, le cas échéant, des propositions tendant à ce que soient améliorées les conditions de l'information des Français sur les conséquences des accidents nucléaires survenant en France et à l'étranger. Sur ce point encore, l'Office ne manquera pas de se référer aux règles et aux pratiques qu'on peut observer à l'étranger.

Enfin, la Commission de la Production et des Échanges souhaite que l'Office s'intéresse aux conséquences éventuelles de l'accident de Tchernobyl sur la santé publique et qu'il se prononce sur l'utilité, la validité et les conséquences économiques des mesures prises en France et dans les pays voisins, en particulier dans le domaine de la mise sur le marché de certains produits alimentaires.

Je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Jacques DOMINATI

Monsieur le Président  
de l'Office parlementaire  
d'évaluation des choix  
scientifiques et technologiques

## INTRODUCTION

Depuis l'origine des temps, les hommes ont redouté les catastrophes naturelles ; avec la révolution industrielle, ils ont très vite appris que les activités humaines pouvaient elles aussi générer des accidents aux conséquences redoutables.

Toute activité industrielle comporte des risques, risques pour les travailleurs, risques pour les populations avoisinantes, risques pour l'environnement...

Jusqu'à ces dernières années après chaque catastrophe, une fois l'émotion immédiate passée, les populations reprenaient confiance ou tout du moins finissaient par considérer, avec un certain fatalisme, que les accidents industriels étaient en quelque sorte une contrepartie inévitable du développement économique.

La production d'énergie a été tout particulièrement fertile en catastrophes : coups de grisou dans les mines de charbon, incendies de puits et de raffineries de pétrole, effondrement de barrages... pourtant personne ne remettait sérieusement en question la nécessité de continuer à faire fonctionner ces installations.

L'évolution de la perception du risque dans le secteur de l'énergie nucléaire a en revanche été très particulière. Après une première période où l'utilisation civile de l'atome a été très bien acceptée et où l'on voyait même en ce mode de production d'énergie une solution miraculeuse aux problèmes des pays dépourvus de sources traditionnelles d'énergie, la confiance en cette industrie s'est peu à peu dégradée. Certains en sont venus à la considérer comme le danger absolu contre lequel il fallait lutter de toutes ses forces.

Pour quelles raisons l'utilisation civile du nucléaire qui avait jusqu'ici causé infiniment moins d'accidents sérieux que la plupart des autres branches industrielles inspire-t-elle dans une partie notable de la population une crainte aussi vive ?

Plusieurs explications ont été avancées : l'assimilation avec le nucléaire militaire, la gravité et surtout l'irréversibilité des dommages potentiels, le manque d'information crédible, l'invisibilité du danger, la trop grande centralisation et l'absence de démocratie dans la gestion des centrales... en fait, aucune des thèses ainsi proposées n'est en soi suffisante pour expliquer cette peur bien spécifique de l'atome.

Les Français avaient cependant gardé jusqu'ici une attitude relativement sereine face à ce problème, qui contrastait d'ailleurs avec les débats agités qui secouaient la vie politique de beaucoup de pays occidentaux.

La catastrophe de Tchernobyl, si l'on en croit les sondages effectués depuis, est venue quelque peu bouleverser cet équilibre précaire et beaucoup de Français, hier relativement indifférents, avouent aujourd'hui leurs craintes.

Il faut bien admettre à leur décharge, que l'accident inimaginable, que l'accident qui ne pouvait pas arriver, selon tous les experts, a bel et bien eu lieu.

Un sondage réalisé au mois d'Août 1986 par la Société Gallup pour le journal l'Express semblerait montrer que l'opinion publique a basculé et qu'une majorité de français estiment désormais qu'il ne faut plus continuer à construire des centrales nucléaires et que les dangers que présente cette forme d'énergie sont inacceptables. Dans le même temps, les experts consultés par le Ministre de l'industrie concluent qu'en l'an 2000, l'énergie nucléaire prendra la première place dans le bilan énergétique français (39 % à 42 % contre 28,5 % aujourd'hui) et cela pour tous les scénarios retenus.

Face à ce qui risque de constituer un divorce profond et durable entre une majorité de la population et les responsables de la politique énergétique du pays, le Parlement ne pouvait rester indifférent. C'est dans ce contexte que deux commissions permanentes ont saisi l'Office parlementaire des conséquences de l'accident de Tchernobyl et plus généralement des problèmes que posent la sûreté et la sécurité nucléaires. Ces saisines ont donné lieu à un programme d'études.

Le premier chapitre du présent rapport, présenté par M. Richard Pouille, en suivant les indications laissées par M. Jacques Valade, tentera d'exposer ce qu'ont pu être les réactions d'hommes politiques

français face aux explications fournies par les autorités soviétiques. De nombreux experts français et étrangers ont commenté la relation de l'accident fournie par les soviétiques, mais les appréciations portées par des parlementaires, qui ne sont pas, sauf pour deux d'entre eux, des scientifiques, apporte un éclairage nouveau et parfois quelque peu divergent sur les circonstances et sur les suites de l'accident.

Cette première partie comporte également un chapitre traitant des conséquences que cet accident a eu en France, en particulier du point de vue sanitaire.

Toutefois, les deux saisines adressées à l'Office ne se limitaient pas aux seules conséquences directes de l'accident de Tchernobyl. L'Office devait en effet donner également un avis sur l'ensemble des problèmes que posent actuellement la sûreté et la sécurité des installations nucléaires.

Ne s'agissait-il pas d'un programme trop ambitieux pour un organisme qui, il faut le rappeler, n'avait alors que deux ans d'existence réelle ?

Reprenant le rapport, après la nomination de M. Jacques Valade comme membre du Gouvernement, votre rapporteur a rapidement constaté que la mise en œuvre du programme d'études allait se heurter à un certain nombre d'obstacles.

L'ampleur du sujet tout d'abord. La sûreté et la sécurité des installations nucléaires constituent des domaines complexes qui ont fait l'objet d'une multitude de travaux. Aucune industrie en effet, à l'exception peut-être de la construction aéronautique et spatiale, ne consacre autant de temps et d'argent pour prévenir les accidents et même les simples incidents. Analyser tous les aspects de la sécurité et de la sûreté nucléaires aurait exigé des moyens tout à fait disproportionnés par rapport au budget dont peut disposer l'Office. Une estimation préalable a par exemple montré qu'une seule expertise, sur un point pourtant bien délimité, aurait représenté le total de la dotation annuelle accordée à l'Office !

D'autre part, de telles études auraient demandé des délais extrêmement longs qui n'auraient pas correspondu aux habitudes de travail du Parlement.

Votre rapporteur a donc décidé de centrer cette étude sur les quelques questions que l'on peut considérer comme étant en étroite relation avec l'accident de Tchernobyl : la résistance des enceintes, les effets à long terme des faibles doses de radioactivité, l'interface homme/machine, l'information en cas d'accident...

Mais même ces sujets, pourtant limités, ont posé des problèmes particuliers que l'on ne rencontrerait certainement pas dans d'autres études. Dans notre pays en effet, l'organisation centralisée du secteur de l'énergie nucléaire fait qu'il est pratiquement impossible de trouver un expert qui ne travaille pas ou qui n'ait pas travaillé pour l'EDF ou pour le CEA.

Il n'est bien entendu pas question de mettre en doute ni la compétence ni l'honnêteté intellectuelle des personnes qui travaillent dans ces organismes, mais dans le contexte actuel, pouvait-on demander à ceux qui ont la responsabilité des installations nucléaires de porter un jugement sur la sûreté de leur fonctionnement sans que les opposants au nucléaire y voient aussitôt une preuve de la collusion entre l'Office et ce qu'ils appellent le « lobby nucléaire » ?

Votre rapporteur a donc demandé au Professeur Luc Gillon, Professeur de génie nucléaire et de technologie des réacteurs à l'Université belge de Louvain, administrateur du centre d'études nucléaires de Mol et ancien conseiller de la Délégation belge auprès de l'AIEA de donner son avis sur un certain nombre de points et en particulier sur le problème de la résistance des enceintes de confinement.

Les questions médicales ne posaient pas le même type de problème : aussi a-t-on pu demander à un médecin français, le docteur Gongora, spécialiste de médecine nucléaire à l'institut Curie de faire une analyse critique des connaissances sur les effets à long terme des faibles doses de radioactivité, sujet éminemment controversé.

Le présent rapport ne doit donc être considéré que comme une approche partielle d'un sujet particulièrement complexe. Il faut souhaiter que d'autres études, elles aussi totalement indépendantes, viennent compléter ce travail.

L'industrie nucléaire dans le monde entier, est aujourd'hui confrontée à une grave crise de confiance. Cette confiance ne pourra être restaurée que si les populations, justement inquiètes, sont à même de trouver une information accessible et impartiale.

L'accident de Tchernobyl a montré que la technique la plus sophistiquée peut être faillible, mais il a surtout montré que le fossé entre les détenteurs du savoir scientifique et le commun des mortels reste large, malgré de très notables efforts de communication d'E.D.F. et du C.E.A.

On ne pourra pourtant continuer à progresser dans le domaine nucléaire comme dans bien d'autres d'ailleurs, que si l'on réussit à réconcilier les citoyens avec des techniques, faites en principe pour eux, mais dont ils ne comprennent plus toujours très bien ni le fonctionnement ni les finalités.

## PREMIÈRE PARTIE

# L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL ET SES CONSÉQUENCES

### I. — LES ASPECTS SOVIÉTIQUES

A 7 heures le lundi 28 avril 1986 la centrale nucléaire de Forsmark, à 120 km au nord de Stockholm a été mise en état d'alerte.

Un contrôle de routine venait en effet de montrer que les semelles des chaussures d'un des employés présentaient un taux anormalement élevé de radioactivité.

Les responsables de la centrale déclenchèrent immédiatement les procédures de sécurité prévues pour de telles circonstances et entreprirent de rechercher la source de cette contamination mais sans résultat, aucune fuite de radioactivité n'ayant pu être décelée sur les installations de la centrale.

La poursuite des contrôles devait cependant révéler un phénomène étonnant : le taux de radioactivité à l'extérieur de la centrale était plus élevé qu'à l'intérieur et de dix fois supérieur à la normale.

L'institut suédois de radioprotection aussitôt alerté demandait alors à d'autres centres de surveillance de mesurer la radioactivité ambiante : partout les taux étaient identiques à celui qui avait été relevé à Forsmark.

Des analyses plus fines permirent très rapidement de montrer que les isotopes ainsi décelés provenaient d'un réacteur en exploitation et qu'il ne pouvait en aucun cas s'agir d'une explosion nucléaire militaire.



Cependant aucun pays européen n'avait encore signalé d'accident sur ses centrales. Les vents soufflant d'Est en Ouest, les responsables suédois pensèrent très rapidement que cet accident avait dû se produire en URSS.

L'attaché scientifique de l'ambassade de Suède à Moscou demanda aussitôt aux autorités soviétiques s'il y avait eu effectivement un accident : la réponse fut négative. Dans l'après-midi du lundi 28, les contrôles effectués en Suède et dans les autres pays nordiques confirmèrent les hypothèses de départ et la nouvelle d'abord donnée par la radio suédoise fut reprise immédiatement par les média du monde entier.

La présence de particules de graphite dans l'air prélevé en Scandinavie fit bientôt penser qu'il y avait eu un violent incendie en même temps que la fusion du cœur d'un réacteur.

Ce n'est qu'en fin d'après-midi qu'un communiqué de la télévision soviétique apprenait enfin qu'un grave accident s'était produit dans la nuit de vendredi à samedi dans un des réacteurs de la centrale de Tchernobyl située à une centaine de kilomètres au Nord de Kiev à la limite de l'Ukraine et de la Biélorussie.

Il aura donc fallu attendre plus de 60 heures pour que les autorités soviétiques se décident à révéler un accident aussi grave et dont les conséquences concernaient pourtant aussi l'ensemble des pays européens. Ces pays n'avaient été avertis des dangers qu'ils couraient que grâce au sérieux et à la méticulosité des contrôles effectués en Suède !

Il restait alors à essayer de comprendre comment un accident aussi grave, un accident impensable pour la plupart des spécialistes, avait pu se produire.

### **1. Les raisons du recours de l'URSS à l'énergie nucléaire**

L'URSS n'est pas un pays novice en matière d'énergie nucléaire. En 1986, il y avait 32 ans que la première centrale nucléaire du monde y était entrée en service et l'ensemble des centrales nucléaires produisaient à cette date 170 000 KW/h.

Comment un accident d'une telle ampleur avait-il pu se produire justement dans le pays qui avait en cette matière l'expérience la plus longue ?

### 1-1. *L'URSS dispose de ressources énergétiques traditionnelles considérables*

L'énergie et plus particulièrement l'énergie électrique a toujours été considérée en URSS comme un élément déterminant du développement économique et social. Lénine déclarait dès les premières années de la Révolution : « Le communisme, c'est le pouvoir des soviets plus l'électrification de tout le pays ».

Aussi bien sous Lénine que sous Staline la priorité absolue a constamment été donnée aux investissements susceptibles d'accélérer la production d'électricité. Ils considéraient en effet, l'un comme l'autre, que l'électrification du pays conditionnait la mise en place des bases matérielles et techniques du socialisme.

Dès 1920, sous la direction et sous le contrôle de Lénine lui-même, le plan GOELRO, premier plan d'état d'électrification de l'URSS, fut mis en place. Ce plan prévoyait la construction de 30 centrales électriques ce qui constituait, compte tenu des conditions économiques de l'époque, un investissement considérable.

Toutes les réalisations souvent prestigieuses effectuées dans le cadre de ce plan et des plans suivants portèrent leurs fruits puisqu'en 40 ans l'URSS réussit à multiplier par 8,8 sa production d'électricité.

L'électrification était devenue à cette époque un thème quasi-mythique dont on retrouve de nombreuses traces dans la littérature de l'époque stalinienne et qui influe d'ailleurs toujours à l'heure actuelle sur le comportement des dirigeants soviétiques.

Aujourd'hui l'URSS est le seul pays industrialisé qui pourrait assurer la poursuite de son développement économique sans recourir à des ressources énergétiques extérieures. Les importations de produits énergétiques ne représentent en effet que 6 % du total des importations, alors que les exportations de pétrole et de gaz naturel représentent par contre 42 % du total des exportations.

Persuadés que la production d'énergie déterminait en grande partie l'évolution économique, sociale et même politique des populations, les responsables de l'économie soviétique ont consacré une grande partie des investissements disponibles à l'exploitation des sources traditionnelles d'énergie : charbon, pétrole, gaz naturel...

A l'heure actuelle, un travailleur sur huit du secteur primaire est encore affecté à la production d'énergie et 40 % des investissements industriels sont consacrés à cette branche, si bien que l'URSS est certainement le pays le mieux pourvu en combustible, d'origine nationale.

L'URSS est le premier producteur mondial de pétrole, bien que les chiffres de l'extraction (620 millions de tonnes en 1985) marquent un certain tassement depuis quelques années.

Les réserves de pétrole, en particulier en Sibérie, sont considérables, mais parfois assez difficilement exploitables.

Aujourd'hui l'URSS est devenue le premier producteur mondial de gaz naturel avec 600 milliards de m<sup>3</sup> extraits chaque année, ce qui représente 35 % du total de la production mondiale. La Sibérie occidentale recèle des réserves de gaz naturel étonnantes, 25 billions de m<sup>3</sup> pour les réserves connues, mais les experts soviétiques estiment qu'une exploration plus poussée permettrait facilement de multiplier cette estimation au moins par 3.

Les réserves en charbon sont elles aussi impressionnantes : plus de 100 milliards de tonnes, ce qui représente près du quart du total des réserves mondiales.

Un cinquième de la production électrique est assurée par les centrales hydro-électriques. Certaines d'entre elles sont des centrales géantes d'une puissance atteignant jusqu'à 6 millions de KW. Dans la partie européenne de l'URSS, il est actuellement prévu de construire cinq centrales d'une puissance totale de 11 millions de KW, mais c'est désormais surtout en Sibérie que seront concentrés les efforts, car il reste de nombreux fleuves susceptibles d'être équipés.

Grâce à l'ensemble de ces ressources, l'URSS est aujourd'hui à même de produire 1 500 milliards de KWh. Malgré cela, ce pays connaît de sérieuses difficultés pour faire face à une demande croissante d'électricité et les responsables soviétiques estiment eux-mêmes que la situation du secteur énergétique reste préoccupante.

#### *1-2. Le décalage géographique entre l'offre et la demande d'électricité*

Si l'URSS est certainement le pays industrialisé qui possède les plus importantes ressources énergétiques sur son territoire national, la très grande étendue de ce territoire fait qu'il n'y a pas concordance géographique entre l'offre et la demande.

En effet, 90 % des ressources en énergies fossiles et 80 % des possibilités d'aménagements hydro-électriques sont situés en dehors de la partie européenne, alors que 75 % de la population y habite et que 80 % de l'énergie y est consommée.

Cette inadéquation géographique entre l'offre et la demande oblige à des transports sur de très longues distances ce qui entraîne, bien entendu, des pertes d'énergie considérables.

Les chiffres globaux du Plan pourraient laisser penser qu'il y a bien adaptation entre la fourniture et la consommation d'électricité, mais en fait des difficultés pour approvisionner tous les demandeurs à tous les instants subsistent.

Régulièrement, la presse soviétique rappelle les inconvénients des pannes et des délestages pour les utilisateurs qu'ils soient industriels, paysans ou simples particuliers. Certaines régions rurales semblent particulièrement exposées aux coupures de courant et la Pravda constatait en avril 1986 que le plan d'électrification des campagnes n'avait pas été exécuté correctement.

D'autres régions, apparemment mieux desservies, souffrent par contre de chutes de tension à répétition qui usent prématurément le matériel. Toujours selon la Pravda (29 avril 1986), pendant 60 à 70 % du temps annuel, la fréquence du courant ne correspond plus aux normes.

Actuellement, pour faire face à ces difficultés, les autorités tentent d'imposer aux utilisateurs le respect de plans de consommation, mais avec beaucoup de difficultés car les économies d'énergie n'ont pas été pendant longtemps un objectif essentiel des planificateurs. Il faut également remarquer que l'obsolescence d'une grande partie du matériel utilisé conduit à des surconsommations de courant et que la mauvaise qualité du réseau de distribution entraîne des pertes de charge tout à fait excessives.

Comme le notait récemment M. Hervé Gicquiau dans le Courrier des pays de l'est (n° 307 juin 1986) : « A défaut de pouvoir réduire les pertes de toute nature et dans une moindre mesure maintenir la consommation dans des limites strictes c'est-à-dire réaliser un développement « intensif » de l'énergie électrique, les planificateurs doivent continuer à procéder par développement « extensif ».

### Évolution de la production d'électricité

Plans	Objectifs
1966-1970	+ 46,1 %
1971-1975	+ 30,9 %
1976-1980	+ 22,6 %
1981-1985	+ 18,4 %

Pour fournir toujours plus d'électricité, sans jamais d'ailleurs réaliser les objectifs des plans quinquennaux, les soviétiques ont été condamnés à multiplier les installations. Dans la seconde moitié des années 70, il est apparu clairement qu'il serait rapidement impossible de continuer à satisfaire la croissance de la demande avec les seuls combustibles traditionnels. Si les réserves sont en effet considérables, le coût d'extraction et surtout les frais de transport, car il fallait aller les chercher toujours plus loin, n'étaient plus compatibles avec les contraintes économiques.

#### 1-3. *Les fluctuations du programme nucléaire soviétique*

En 1950, les autorités soviétiques ont pris la décision de construire ce qui allait être la première centrale nucléaire du monde. Cette centrale d'une très petite taille (6 MW) qui était cependant capable d'alimenter en électricité une agglomération, fut mise en service le 27 juin 1954, à Obninsk. Les soviétiques montraient ainsi qu'ils avaient une équipe de scientifiques et de techniciens de haut niveau capable de maîtriser l'utilisation civile de l'atome, alors que l'URSS venait à peine de faire exploser sa première bombe atomique.

Ce ne sont pas à l'évidence, des considérations économiques qui ont alors poussé l'URSS à s'engager dans un tel programme qui ne présentait pas un intérêt immédiat, étant donnée l'importance des ressources énergétiques traditionnelles de ce pays. Si l'URSS s'était décidée à investir massivement dans cette nouvelle technologie, c'était avant tout pour ne pas rester à l'écart de la compétition technologique qui s'engageait alors entre les pays industrialisés. L'utilisation pacifique de l'atome devenait un motif de fierté et un moyen nouveau de répondre au grand dessein fixé par Lénine.

La filière choisie, les réacteurs RBMK à eau bouillante modérés au graphite, montre que ce programme nucléaire civil avait été aussi conçu pour répondre aux besoins des militaires en plutonium.

Ce type d'installation permet en effet de décharger le combustible usé et de recharger le combustible neuf, sans arrêter le réacteur. On peut donc ainsi extraire, en continu, du plutonium 239 destiné à la fabrication des armes nucléaires. Lorsque le combustible nucléaire ne reste que peu de temps dans un réacteur, le plutonium formé est essentiellement constitué de 239 Pu, mais si le combustible reste plus longtemps, le pourcentage de plutonium non fissile et donc impropre aux usages militaires (240 Pu et 242 Pu) augmente de façon très sensible jusqu'à atteindre 25 % du total.

Les responsables successifs du programme nucléaire, prirent alors une importance politique considérable et furent placés pendant toute l'époque stalinienne, directement sous les ordres de Beria.

L'élaboration du plan quinquennal 1956-1960, marqua l'apogée de cette première étape de l'histoire nucléaire de l'URSS. On prévoyait alors d'atteindre à la fin du plan, une production de 2 500 MW d'origine nucléaire. Le plan ne fut pas réalisé et on estime que seulement 400 MW supplémentaires furent obtenus.

Vers 1959, brusquement, toutes ces prévisions furent révisées à la baisse et l'on peut dire que l'expansion de l'énergie nucléaire cessa tout à coup de constituer une véritable priorité. Il est encore aujourd'hui difficile de savoir exactement ce qui s'est passé et de trouver l'explication logique de ce revirement.

Pour certains, cette révision des objectifs aurait été due à la déception des responsables politiques constatant que cette technologie nouvelle coûtait très cher pour des résultats en définitive fort modestes, les techniciens de l'atome ayant, dans la présentation de leur programme, largement surestimé leurs capacités.

Mais si l'on en croit certains scientifiques passés depuis à l'Ouest, de graves incidents dus au manque de précautions ont aussi contribué à faire douter de l'intérêt de cette nouvelle technique. Il ne s'agit que d'hypothèses, les autorités soviétiques s'étant toujours refusées à fournir des renseignements sur les accidents qui auraient pu survenir à cette époque, et en particulier sur la catastrophe qui aurait eu lieu en 1957 dans un dépôt de déchets radioactifs, à Kychtyn.

Quoi qu'il en soit, la présentation par Nikita Krouchtchev du nouveau programme d'électrification ne comportait aucune référence au développement de l'énergie nucléaire et pendant toute la période où il fut au pouvoir, les responsables du nucléaire connurent à l'évidence un très net déclin de leur influence.

Pendant toute la période qui va des années 60 au début des années 70, il semble que l'atome ne fut plus considéré que comme une ressource d'appoint intéressante, surtout pour les zones industrialisées de la partie européenne dépourvue de combustibles fossiles.

Le X<sup>e</sup> plan quinquennal (1976-1980) devait cependant marquer un nouveau revirement de la politique nucléaire soviétique. Conscients du décalage qui se creusait rapidement entre la consommation et la production d'électricité, les responsables du secteur de l'énergie finirent par admettre que les centrales nucléaires constituaient désormais le meilleur moyen pour répondre à la demande d'électricité.

En 1981, Piotr Neporoyni, Ministre de l'énergétique et de l'électrification justifiait ainsi la nouvelle orientation de sa politique : « l'URSS produit annuellement quelques 1 300 milliards de KWh, vers 1985 ce chiffre sera porté à 1 600 milliards de KWh. La moitié du gain pourra être obtenu grâce aux nouvelles installations nucléaires... la priorité est donnée aux centrales nucléaires. On peut dire qu'au cours du quinquennat précédent l'énergétique s'est installé sur des positions de départ de cette nouvelle création. Pourquoi modifier ainsi la structure du complexe combustible-énergie ? Parce qu'il serait impossible de satisfaire durant une longue période les besoins de l'économie soviétique en ne tablant que sur les combustibles traditionnels ».

#### *1-4. Les conséquences de l'accélération récente du programme nucléaire*

Dans le secteur de l'énergie nucléaire, les objectifs ambitieux du X<sup>e</sup> et du XI<sup>e</sup> Plan (1976-1980 et 1981-1985) ne furent que très partiellement atteints. La part du nucléaire dans la production totale d'électricité qui aurait dû atteindre 14 % en 1985, selon les prévisions du plan, n'a été en réalité que de 11 %.

Ces mauvais résultats sont en grande partie dus à la précipitation dans laquelle a été lancé le programme de fabrication de 1976. Il est évident qu'à cette époque, les impératifs techniques sont passés

au second plan et que les objectifs politiques ont été considérés comme primordiaux. Un programme nucléaire d'une telle importance ne pouvait être réalisé qu'avec en aval, une structure industrielle performante, ce qui n'était pas le cas de l'avis même des soviétiques.

En 1984, un communiqué du Politburo devait confirmer ce que de nombreux experts occidentaux avaient annoncé depuis longtemps : « De graves erreurs et des grossières violations de la discipline de travail ont été constatées ».

Ces critiques visaient en particulier, le complexe de production d'équipement nucléaire d'Atommach. La reprise en main de cette usine nécessita la création d'une commission d'enquête présidée par un secrétaire du Comité central et entraîna une vague de licenciements dont celui du vice-président du Conseil des Ministres qui était chargé de ce secteur.

Mauvaise organisation des chantiers, pénurie de matières premières, mauvaise qualité des fabrications, formation insuffisante du personnel, telles sont quelques unes des critiques exprimées dans la presse soviétique à propos du fonctionnement de l'usine Atommach. Ainsi l'industrie nucléaire ne semble pas échapper aux difficultés qui ralentissent le développement de tous les secteurs industriels civils.

L'accélération du programme nucléaire, alors que l'URSS ne disposait peut-être pas de toutes les structures industrielles nécessaires, a-t-elle eu des conséquences sur la sûreté des installations ? Le peu d'information dont on dispose dans les pays occidentaux sur le fonctionnement des centrales ne permet pas de répondre à cette question en toute objectivité.

Cependant la lecture de la presse soviétique montre que, bien avant Tchernobyl, certains spécialistes s'interrogeaient sur les problèmes de sécurité. Ainsi en 1982, la *Sovietskaya Rossia* évoquait un laisser-aller inquiétant sur le chantier de la centrale de Bakovo dans l'Est de la Russie ; selon un ingénieur du chantier, les défauts de fabrication de certaines pièces se voyaient à l'œil nu, ce qui laisse évidemment supposer que les normes n'avaient pas été respectées. Selon deux articles parus en 1981 dans la revue *Socialisticeskaja industrija* et cités par le *Courrier des pays de l'Est* de Mai 1982, le recrutement problématique d'une main d'œuvre suffisante et surtout qualifiée et son instabilité demeurent un obstacle à la création et à l'exploitation des centrales nucléaires.



Peut-on pour autant en conclure que les impératifs de sûreté n'ont pas été jusqu'ici suffisamment pris en compte dans les centrales nucléaires d'URSS ?

L'absence dans ce pays de contre-pouvoirs : presse libre, mouvements écologistes, syndicats indépendants... permet sans aucun doute aux responsables soviétiques de s'affranchir de certaines des contraintes qui rendent aujourd'hui la construction des centrales nucléaires si difficile dans la plupart des pays occidentaux. Toutefois, aucun des experts occidentaux consultés n'a un instant envisagé que ses collègues soviétiques auraient pu de façon délibérée négliger les impératifs de sécurité.

*La délégation de l'Office qui s'est rendue en URSS en Septembre 1986 a d'ailleurs eu l'occasion de rencontrer à Moscou et à Kiev plusieurs des plus éminents représentants du secteur nucléaire et à aucun moment elle n'a eu le sentiment de se trouver en face de personnes incompetentes ou irresponsables.*

Il faut cependant noter que tous les experts en contact avec les étrangers sont des responsables de très haut niveau et que l'on ne connaît pratiquement pas dans les pays occidentaux les techniciens qui assurent, sur le terrain, la construction ou le fonctionnement courant des centrales nucléaires. Il est, dans ces conditions, très difficile de porter un jugement sur leur compétence ou sur leur conscience professionnelle.

#### *1-5. L'état actuel du secteur de l'énergie nucléaire*

En 1985, l'électricité d'origine nucléaire représentait à peu près 10 % du total de la production électrique de l'URSS. Cette proportion est donc sans rapport avec celles que l'on constate dans d'autres pays comme la France, les Etats-Unis, la Suède ou le Japon. Toutefois les soviétiques comptent, ou tout du moins comptaient avant l'accident de Tchernobyl, accroître de façon considérable la part du nucléaire dans la production d'énergie : les centrales nucléaires devraient en effet, selon le plan, produire 360 000 millions de KWh en 1990 au lieu des 170 000 millions actuels.

Jusqu'ici le programme électronucléaire de l'URSS a reposé essentiellement sur deux modèles de réacteurs : le RBMK et le VVER et sur les surrégénérateurs :

— les réacteurs RBMK, du type de celui de Tchernobyl sont à tubes de force, refroidis par de l'eau bouillante, et modérés au graphite. Leur puissance est de 1 000 MWe mais un modèle de 1 500 MWe vient d'être mis en service à Ignolia et selon les autorités soviétiques un modèle de 2 400 MWe, à surchauffe de vapeur serait à l'étude ;

— les réacteurs VVER à eau pressurisée sont d'une conception très proche de celle des PWR occidentaux. Ces réacteurs dont certains ont été exportés dans les Pays de l'Est et en Finlande avaient à l'origine une puissance de 400 MWe mais cette puissance a été portée à 1 000 MWe dans les 8 tranches les plus récentes. Un réacteur VVER de 1 500 MWe serait actuellement à l'étude ;

— les réacteurs à neutrons rapides BN. Il existe actuellement deux surrégénérateurs en fonctionnement dont un semi-industriel destiné à produire à la fois de l'électricité et de l'eau de mer dessalée.

Avant l'accident de Tchernobyl un programme très ambitieux avait été adopté : cinq réacteurs RBMK, sans compter les tranches 5 et 6 de Tchernobyl, sont en construction, neuf autres réacteurs du même type sont programmés.

*De tous les entretiens que la Délégation de l'Office a pu avoir avec les responsables soviétiques et en particulier avec le nouveau Ministre de l'Energie atomique, il ressort clairement que ce programme ne sera pas fondamentalement remis en cause et que les réacteurs RBMK actuellement en cours de construction, y compris les tranches 5 et 6 de Tchernobyl, seront terminés conformément au plan prévu.*

La crise de l'énergie que connaît, chaque hiver, la partie occidentale de l'URSS lui interdit toute autre solution d'autant que la construction des réacteurs VVER, qui doivent à terme se substituer aux RBMK, est très en retard sur les prévisions du fait du mauvais fonctionnement de l'usine Atommach, très largement dénoncé dans la presse soviétique. Selon une note de l'attaché scientifique de l'Ambassade de France à Moscou, le bilan des trois premiers trimestres de l'année 1986 est particulièrement sombre : 63 % seulement des constructions prévues ont été réalisées et aucune mise en service de centrale nucléaire n'a été annoncée, alors que le plan en prévoyait 8 pour l'année 1986.

**Capacités nucléaires commerciales soviétiques à la fin de 1985  
(MWe) (\*)**

Dénomination	Nombre de réacteurs et puissance unitaire	Type de réacteur	Capacité installée
<b>RSFSR</b>			
• Kola .....	4 × 440 (1)	VVER	1 760
• Leningrad .....	4 × 1 000	RBMK	4 000
• Smolensk .....	2 × 1 000	RBMK	2 000
• Kalinin .....	1 × 1 000	VVER	1 000
• Novovoronež .....	1 × 210	VVER	2 455
	1 × 365	VVER	
	2 × 440	VVER	
	1 × 1 000	VVER	
• Kursk .....	4 × 1 000	RBMK	4 000
• Balakovo .....	1 × 1 000	VVER	1 000
• Bilibino .....	4 × 12	VK (2)	48
• Belojarskij .....	1 × 100	AMB (3)	900
	1 × 200	AMB (3)	
	1 × 600	BN (4)	
<b>Ukraine</b>			
• Zaporoz'c .....	2 × 1 000	VVER	2 000
• Tchernobyl .....	4 × 1 000	RBMK	4 000
• Rovno .....	2 × 440	VVER	880
• Ukraine-Sud .....	2 × 1 000	VVER	2 000
<b>Lituanie</b>			
• Ignalina .....	1 × 1 500	RBMK	1 500
<b>Kazakhstan</b>			
• Ševšenko .....	1 × 150	BN-350	150
<b>Arménie</b>			
• Metsamor .....	1 × 467 + 1 × 410	VVER	817
<b>Total .....</b>			<b>28 510</b>
<p>(*) N'ont pas été incluses dans cette liste les centrales dont les objectifs sont de recherche notamment : Obninsk (5 + 5 MW) « sibérienne » (600 MW), Dimitrovgrad (50 + 12 MW).</p> <p>(1) Deux réacteurs auraient été portés à 470 MW, soit une capacité totale de 1 820 MWe.</p> <p>(2) Réacteurs à eau bouillante.</p> <p>(3) Réacteurs modérés au graphite.</p> <p>(4) Sur(ré)générateurs.</p> <p>Source : Le courrier des pays de l'Est (n° 307).</p>			

## 2. L'accident : des négligences et des erreurs

Le rapport présenté par les autorités soviétiques à la réunion des experts organisée par l'A.I.E.A. le 25 août 1986 à Vienne constitue la seule source officielle de renseignement sur le déroulement et les causes de l'accident de Tchernobyl.

Ce rapport préparé par un groupe de spécialistes du nucléaire de très haut niveau reposait sur les conclusions formulées par la Commission gouvernementale qui avait été mise en place au lendemain de l'accident.

Les autorités soviétiques n'ont d'ailleurs pas cherché à dissimuler qu'il subsiste de très nombreuses interrogations non satisfaites du fait de la mort des principaux témoins et de l'insuffisance de l'enregistrement des paramètres de fonctionnement, l'ordinateur de la centrale étant utilisé, le soir de l'accident, pour enregistrer les résultats de l'expérience en cours.

Pour tenter de reconstituer l'accident, il a donc fallu utiliser un modèle mathématique simulant le comportement du réacteur en fonction des conditions supposées de fonctionnement.

Si certains commentateurs ont émis des doutes sérieux sur la vraisemblance du scénario fourni par les autorités de l'URSS, les experts internationaux réunis à Vienne dans le cadre de l'AIEA pour étudier le rapport soviétique et pour analyser les causes de l'accident ont repris pour l'essentiel les conclusions qui avaient été initialement présentées par leurs collègues soviétiques (rapport GOV 2268 du 22/9/86).

### *2-1. Les caractéristiques des réacteurs RBMK*

Les « Reactore Bolchoie molchnastie Kipiachie » en abrégé RBMK et en traduction littérale « réacteurs de grande puissance bouillants » constituent une filière spécifiquement soviétique puisqu'ils ne sont construits et exploités qu'en URSS.

Le réacteur expérimental Obninsk mis en service en 1954 appartenait déjà à cette filière et à l'heure actuelle 15 réacteurs RBMK, d'une puissance installée totale de 13 706 MW, sont en fonctionnement.

*Les responsables de l'énergie nucléaire soviétique ont confirmé à la Délégation de l'Office qu'il avait été décidé, bien avant l'accident de Tchernobyl, d'abandonner peu à peu cette filière au profit des VVER, mais que tous les réacteurs RBMK déjà programmés seraient construits.*

Si les soviétiques ont continué jusqu'ici à exploiter ce type de réacteur, considéré parfois dans les pays occidentaux comme archaïque et dépassé, c'est assurément parce qu'ils y trouvaient plus d'avantages que d'inconvénients.

Les caractéristiques des réacteurs RBMK expliquent d'ailleurs très bien les raisons qui ont présidé au choix initial puis au maintien de cette filière.

Les réacteurs RBMK utilisent comme combustible de l'oxyde d'uranium faiblement enrichi, sont modérés au graphite et refroidis par de l'eau ordinaire. L'eau qui circule dans les 1 693 tubes de force en zirconium produit de la vapeur qui alimente directement les turbogénérateurs. Le réglage, la distribution spatiale de la puissance et la sûreté en cas d'urgence sont assurés par l'insertion ou le relevage de 211 barres absorbantes, ces barres peuvent se déplacer à la vitesse de 0,4 m/s.

Ce dispositif présente, mais surtout présentait il y a quelques années, des avantages incontestables pour les soviétiques :

— L'absence de cuve sous pression.

Le circuit de refroidissement modulaire permet d'éviter d'avoir à enfermer le cœur du réacteur dans une cuve sous pression difficile à fabriquer.

*Les experts soviétiques ont d'ailleurs confirmé à la Délégation de l'Office qu'ils n'étaient pas, au début du programme RBMK, en état de produire de telles cuves.* En outre, à partir du moment où il n'y avait à construire ni cuve à haute pression ni échangeur de chaleur, la fabrication de ces installations pouvait être confiée à des usines non spécialisées, ce qui permettait une très nette accélération du programme de construction.

— Le confinement modulaire.

Peut-être parce qu'ils n'avaient pas à l'époque la possibilité de construire une enceinte qui couvre la totalité des énormes réacteurs RBMK, les soviétiques ont-ils opté pour un système de confinement modulaire qui consistait à séparer le cœur et le système de refroidissement du réacteur en plusieurs zones distinctes dimensionnées en fonction des surpressions qui pourraient résulter d'une brèche accidentelle dans une canalisation.

— Le rechargement en continu.

Au-dessus du réacteur un pont de manutention et un appareil de chargement et déchargement permettent d'enlever puis de remettre les éléments combustibles, sans arrêter le réacteur et en conservant une réserve de réactivité suffisante. Ce système a en outre l'avantage, comme on l'a vu précédemment, de faciliter l'extraction du plutonium.

En effet, et bien que ce point n'ait jamais été explicitement évoqué par les soviétiques, le réacteur RBMK est particulièrement bien adapté à la fabrication du plutonium destiné aux usages militaires. La construction de ces réacteurs dépendait d'ailleurs du Ministère des constructions mécaniques moyennes qui contrôle l'ensemble du nucléaire militaire.

Les avantages qui viennent d'être énumérés, mais également les bons résultats économiques obtenus dans les centrales équipées de réacteurs RBMK, ont peut-être fait quelque peu oublier aux responsables soviétiques, que ces réacteurs présentaient, de par leur conception même, de nombreux points faibles et qu'ils ne correspondaient plus tout à fait aux normes de sûreté nucléaire communément admises aujourd'hui.

Il faut cependant reconnaître que les spécialistes occidentaux du nucléaire ne s'étaient pas non plus inquiétés des dangers éventuels de ce type de réacteur et les quelques experts qui s'y étaient intéressés le trouvaient même plutôt fiable.

Depuis l'accident, par contre, tout le monde reconnaît que les réacteurs RBMK présentaient en fait des risques potentiels d'accident ou tout du moins des caractéristiques propres qui ont permis l'accident et qui en ont aggravé les conséquences.

*Devant la Délégation de l'Office, les responsables soviétiques ont reconnu que les réacteurs RBMK présentaient des défauts qui s'expliquaient par l'ancienneté de leur conception, mais que ces défauts n'auraient pas dû entraîner d'accident, si toutes les consignes avaient été scrupuleusement respectées. Ils ont également annoncé que les réacteurs RBMK qui restaient à construire seraient modifiés pour en diminuer les côtés négatifs et pour tenir compte de l'accident qui venait d'arriver.*

Il est bien entendu difficile pour ceux qui ont été en charge de la sûreté nucléaire de reconnaître qu'ils avaient laissé fonctionner des installations dont ils connaissaient les insuffisances, mais c'est peut-être la connaissance de ces insuffisances qui explique que l'URSS n'ait jamais cherché à exporter la filière RBMK dans un pays étranger, alors que les réacteurs VVER étaient vendus dans les pays de l'Est et en Finlande. Encore faut-il tempérer cette assertion par le fait que les Soviétiques ne souhaitaient peut-être pas que les acquéreurs de centrales nucléaires civiles soient en mesure de produire du plutonium militaire.

Dans le rapport soumis à l'AIEA lors de sa réunion au mois d'août 1986, les autorités soviétiques ont admis que les réacteurs RBMK présentent un certain nombre « d'inconvénients ».

Aujourd'hui tout le monde s'accorde donc pour reconnaître que ces réacteurs présentent des risques évidents d'instabilité, que des perturbations, même minimales, dans leur conduite suffisent à les déséquilibrer et qu'en conséquence tout fonctionnement prolongé à basse puissance est à proscrire totalement.

Cette instabilité est due notamment :

— A la possibilité d'existence d'un coefficient de vide positif.

Dans les réacteurs à eau bouillante, l'eau qui sert à la fois de fluide caloporteur et de modérateur peut se présenter soit sous forme liquide soit sous forme gazeuse, ce qui rend le contrôle de la puissance assez délicat, car un volume gazeux a un pouvoir modérateur beaucoup moins important qu'un même volume liquide. Le coefficient de vide mesure l'évolution de la réactivité induite par les variations de teneur en vapeur du fluide.

Si ce coefficient est négatif, toute augmentation de la proportion de vapeur entraîne une diminution de la réactivité, il existe donc dans ces conditions un processus d'auto-équilibrage du réacteur qui exclut toute augmentation incontrôlée de puissance. Par contre, si le coefficient de vide est positif, l'augmentation de la vapeur entraîne une augmentation de la réactivité et donc de la puissance thermique qui entraîne à son tour une nouvelle augmentation de la vapeur et ainsi de suite... Le contrôle de la puissance peut cependant être maintenu grâce à l'insertion des barres de contrôle ou par le maintien d'une puissance élevée, ce qui signifie a contrario que le cœur du réacteur devient instable dès que la puissance baisse ou lorsqu'on remonte les barres de contrôle, conditions qui existaient justement la nuit de l'accident.

— Aux effets du Xenon.

Dans les réacteurs de très grande taille, ce qui était le cas de celui de Tchernobyl (12 m × 7 m) la présence de Xénon peut entraîner une certaine instabilité spatiale des flux.

Ces risques d'instabilité ont conduit les concepteurs du RBMK à le doter d'un système très complexe de commande pour stabiliser la distribution de la puissance volumétrique dans le cœur du réacteur. Selon un rapport de la Commission des Communautés Européennes (COM.607 du 7/11/87) les caractéristiques défavorables de la filière RBMK ayant trait à l'instabilité dynamique, étaient connues des soviétiques depuis 1974 et avaient fait l'objet de publication en 1977.

L'instabilité n'est toutefois pas le seul «inconvenient» des réacteurs RBMK ; l'absence d'enceinte de confinement global couvrant la totalité des parties sensibles de l'installation ne permet pas en cas d'accident majeur, de contenir les particules radioactives et de les empêcher de se répandre dans l'atmosphère. L'accident survenu à la centrale de Three Mile Island en 1979 était particulièrement grave, mais les conséquences pour les populations avoisinantes ont été pratiquement inexistantes, l'enceinte de confinement ayant retenu la presque totalité des émissions de radioactivité.

Contrairement à ce qui a parfois été dit, les réacteurs RBMK ne sont pas dépourvus de confinement, mais le type de confinement modulaire retenu n'était pas adapté aux dimensions de l'accident qui s'est produit.

Le principe du confinement modulaire consiste en effet à séparer les modules des zones abritant soit le cœur, soit les systèmes de refroidissement et à les dimensionner en fonction du risque retenu pour cette zone et notamment de la pression qui résulteraient d'une brèche dans les tuyauteries. Le volume d'air retenu par ce type de confinement est bien entendu limité et ne peut absorber l'énergie libérée par une explosion.

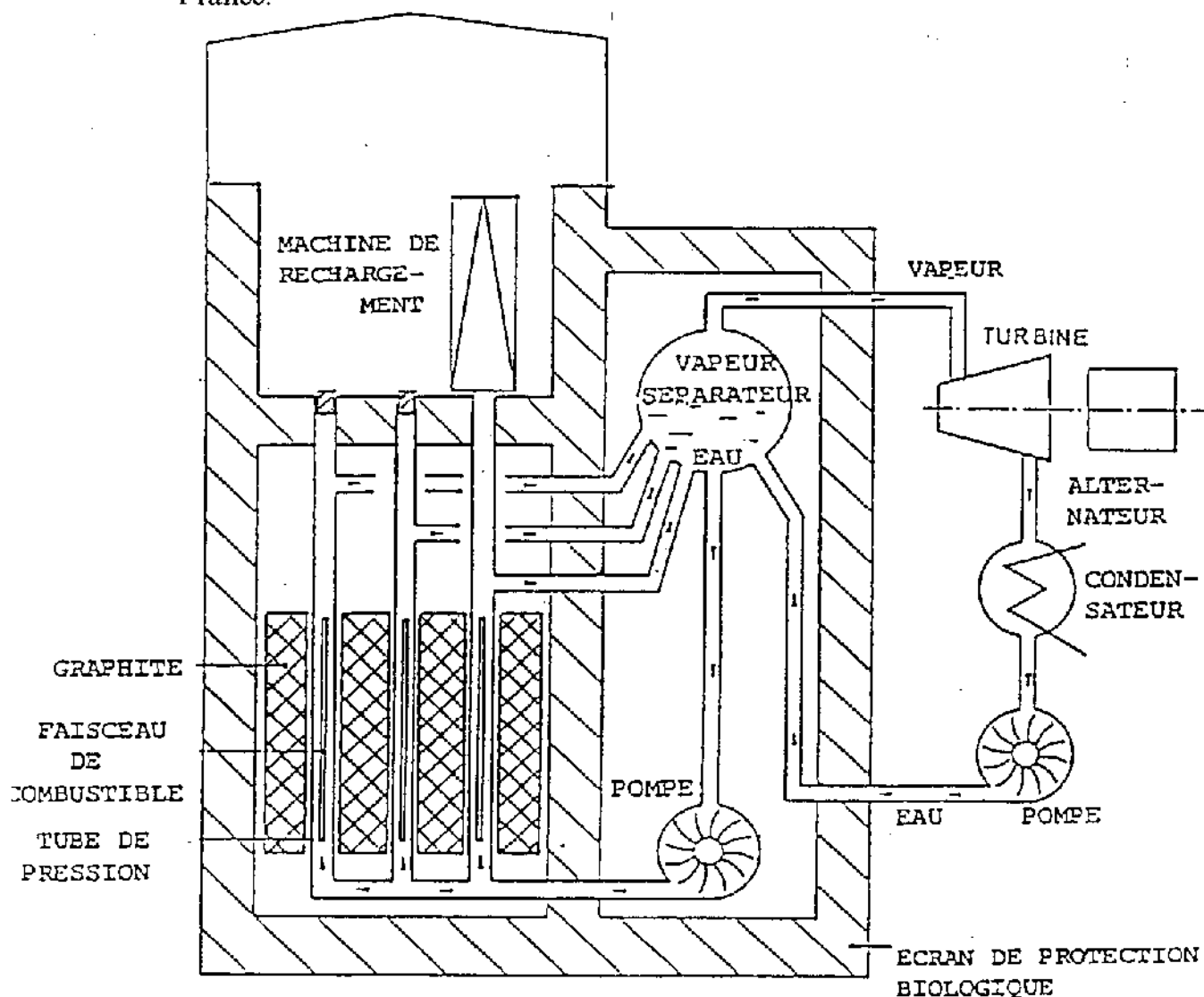
Cependant, une question essentielle n'a pas reçu de réponse : une enceinte de confinement aurait-elle résisté à l'accident de Tchernobyl ?

*La Délégation de l'Office a posé cette question aux responsables soviétiques sans obtenir de réponse, mais il faut reconnaître que les experts occidentaux hésitent, eux aussi, à se prononcer clairement sur ce problème.*



Le rapport d'analyse de l'accident de Tchernobyl, établi par le Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG), à la demande du Conseil des Gouverneurs de l'A.I.E.A. précise toutefois : « qu'une pointe de puissance rapide comme celle qui s'est produite à la centrale de Tchernobyl peut mettre en danger toutes les barrières conçues pour empêcher des rejets importants de produits de fission après un accident ».

Si le problème de l'utilité des enceintes de confinement dans les accidents sévères du type de celui de Tchernobyl reste posé cela ne remet toutefois pas en cause, comme on le verra dans la deuxième partie du présent rapport, le concept de défense en profondeur sur lequel repose la sûreté des réacteurs nucléaires en France.



Réacteur RBMK - schéma de principe.

Source: Le nucléaire en question par le Professeur Luc Gillon. Duculot 1986.

## 2-2. *Le scénario de l'accident*

Malgré toutes les études qui ont tenté d'analyser les causes de l'accident, à l'heure actuelle, un seul fait reste certain : le 26 Avril 1986 à 1 h 23 la partie supérieure du bâtiment du réacteur n° 4 de la centrale de Tchernobyl a été soufflée par une violente explosion.

Pour tout le reste, on doit se contenter d'hypothèses fondées uniquement sur les explications fournies par les autorités soviétiques qui n'ont autorisé aucun étranger à venir vérifier sur place la réalité de leur présentation des événements.

Le rapport de l'A.I.E.A. précité qui fait aujourd'hui référence, a lui aussi été préparé à partir des données fournies par le Comité d'Etat de l'URSS sur l'utilisation de l'énergie atomique.

Il ne s'agit pas ici de faire un procès d'intention aux autorités soviétiques, aucun élément ne permettant d'ailleurs de contester leur scénario de l'accident, mais il ne faut quand même pas oublier que les travaux des experts étrangers sont tous fondés sur des données qu'ils n'ont pas été à même de vérifier sur place.

L'accident de Three Mile Island avait été suivi par plus de trois cents journalistes américains et étrangers et les experts étrangers ont pu avoir accès à tous les documents comme l'atteste par exemple le rapport de la mission de spécialistes français qui s'était rendue aux USA un mois après les faits (Rapport présenté par MM. B. Augustin et M. Fauve — 4 juin 1979). Il n'y a rien eu de comparable à Tchernobyl.

*Même si la mission de l'Office qui a été remarquablement bien accueillie à Moscou et à Kiev a eu le sentiment que leurs interlocuteurs répondaient avec beaucoup de franchise et ne cherchaient pas à dissimuler les erreurs et les fautes commises, il n'en demeure pas moins que l'accès d'experts étrangers au site de Tchernobyl aurait renforcé la crédibilité des explications fournies.*

*Pendant toute la durée de leur mission, les membres de l'Office ont bien entendu tenté de vérifier certaines informations en reposant les mêmes questions aux différents spécialistes qu'ils rencontraient. Sur quelques points des divergences sont apparues mais dans l'ensemble, la trame du scénario de l'accident a toujours été la même et les conclusions identiques : la fiabilité du réacteur RBMK n'est pas en cause, l'accident ne peut s'expliquer que par une incroyable succession de violations des règles de sécurité par le personnel.*

Force est donc de reprendre le déroulement des faits tel qu'il a été présenté par les autorités soviétiques mais en se souvenant aussi qu'il ne s'agit pas du dépouillement d'un enregistrement, mais d'une reconstitution des événements à partir des interrogatoires des personnels survivants et avec l'aide d'un modèle mathématique du réacteur RBMK 1000. En effet, le système de contrôle et d'enregistrement des paramètres du réacteur avait été en partie débranché pour permettre la saisie des données des essais en cours et seuls ont été enregistrés ce soir-là les « paramètres essentiels à l'analyse des résultats des essais ».

L'objectif de ces essais était de vérifier s'il était possible d'utiliser l'énergie mécanique résiduelle d'un turbo-alternateur non alimenté en vapeur pour produire l'électricité nécessaire au fonctionnement du réacteur en cas de perte d'alimentation électrique et avant que les générateurs auxiliaires soient à même de fonctionner à plein régime.

*Questionnées sur l'utilité de cette expérience, les différentes autorités soviétiques ont donné des explications quelque peu divergentes. Pour le nouveau Ministre de l'énergie nucléaire, il s'agissait d'une expérience de routine, simple à conduire, faite dans toutes les centrales avec des résultats positifs. Au GKAE, Comité d'Etat de l'URSS sur l'utilisation de l'énergie atomique, cette expérience, au contraire, n'avait pas reçu l'aval du Comité et du Ministère, avait été décidée par les autorités locales, et ne présentait pas d'utilité véritable, la sécurité des réacteurs RBMK pouvant être assurée par d'autres moyens en cas de perte d'alimentation électrique.*

Jusqu'ici aucun expert occidental n'a réussi à donner une explication rationnelle des raisons qui auraient pu conduire les responsables de la centrale à entreprendre cette expérience aussi dangereuse qu'inutile. Néanmoins, assez curieusement, ces mêmes experts ne semblent se poser aucune question sur la véracité du scénario qui leur a été présenté. Seuls quelques journalistes ont osé émettre des doutes sur la réalité de cette expérience. Certains d'entre eux, étonnés de la sévérité des sanctions qui ont frappé les responsables du Ministère des constructions mécaniques moyennes, ministère qui s'occupe du nucléaire militaire qui n'avait donc en principe rien à voir avec ce qui se passait dans les centrales civiles, se demandent si les essais en cours à Tchernobyl n'avaient pas en fait des objectifs fort différents de ceux qui ont été officiellement annoncés (voir en particulier Le Monde du 24 Avril 1987 p. 8).

Toutefois, si l'on accepte l'hypothèse de départ, le déroulement de l'accident, tel qu'il a été relaté par les autorités soviétiques, semble cohérent.

L'expérience qui devait à l'origine se dérouler pendant la journée du 25 avril a été retardée à la demande du répartiteur du réseau électrique pour faire face à la demande de courant. Les essais n'ont donc repris que dans la soirée en l'absence des principaux responsables de la sûreté.

*Les responsables du GKAE ont confirmé à la Délégation de l'Office que les personnels de service en cette nuit de début de week-end étaient soit incompetents en matière de conduite des réacteurs, soit insuffisamment formés pour cette tâche. De plus le protocole de l'expérience aurait été mis au point sans le concours des responsables de la sûreté qui n'auraient même pas été avertis de ce qui allait être entrepris.*

Selon les autorités soviétiques la chronologie des événements aurait été la suivante :

« Le 25 avril à 13 h précises, le personnel a commencé à réduire la puissance du réacteur, qui fonctionnait jusqu'alors d'après les paramètres nominaux, et à 13 h 05 le turbo-alternateur N° 7 a été arrêté alors que la puissance du réacteur était de 1 600 MWth. L'alimentation en électricité nécessaire pour les besoins propres de la tranche (quatre pompes de circulation principales, deux pompes électriques d'alimentation et autres équipements) a été basculée au jeu de barres du turbo-alternateur N° 8.

« A 14 heures, conformément au programme des essais, le circuit de refroidissement de secours du cœur a été déconnecté du circuit multiple de circulation forcée. Toutefois, à la demande du responsable de la salle de commande, la mise à l'arrêt de la tranche a été différée. En violation des règles d'exploitation, la tranche a donc continué à fonctionner alors que le circuit de refroidissement de secours était déconnecté.

« A 23 h 10, la réduction de puissance a repris. Conformément au programme des essais, le fonctionnement par inertie de l'alternateur avec fourniture simultanée de l'électricité nécessaire à la tranche devait s'effectuer à une puissance de 700 à 1 000 MWth. Toutefois, quand le régulateur automatique local a été débranché, ce qui d'après les règles d'exploitation doit être fait à faible puissance, l'opérateur n'a pas pu éliminer suffisamment rapidement

le déséquilibre apparu dans le dispositif de mesure du régulateur automatique, à la suite de quoi la puissance est descendue au-dessous de 30 MWth. Ce n'est que le 26 avril 1986 à 1 heure que l'opérateur est parvenu à la stabiliser à 200 MWth. Comme l'« empoisonnement » du réacteur se poursuivait, il n'a pas été possible d'accroître la puissance à cause du faible excédent de réactivité disponible, qui était à ce moment-là nettement inférieur au niveau réglementaire.

« Néanmoins, il a été décidé de procéder aux essais. A 1 h 03 et à 1 h 07, une pompe de circulation principale supplémentaire a été rajoutée de chaque côté aux six pompes de circulation principales en fonctionnement de façon qu'après la fin des essais — pendant lesquels quatre pompes de circulation principales devaient opérer tout au long du fonctionnement par inertie — quatre autres pompes resteraient disponibles sur le circuit multiple de circulation forcée pour assurer le refroidissement sûr du cœur.

« Etant donné que la puissance du réacteur et donc la résistance hydraulique du cœur et du circuit multiple de circulation forcée étaient largement inférieures au niveau prévu et que huit pompes de circulation principales fonctionnaient, le débit total du caloporteur dans le réacteur s'est élevé jusqu'à 56 000-58 000 m<sup>3</sup>/h et jusqu'à 8 000 m<sup>3</sup>/h dans certaines des pompes de circulation principales, ce qui constitue une infraction aux règles d'exploitation. Ce régime de fonctionnement est interdit en raison du risque de défaillance des pompes et de la possibilité de vibrations dans la tuyauterie principale à la suite de la formation de cavités. La mise en marche des pompes de circulation principales supplémentaires et l'augmentation du débit de l'eau dans le réacteur qui en est résultée ont contribué à réduire la formation de vapeur, à faire chuter la pression de vapeur dans les sécheurs-séparateurs et à modifier d'autres paramètres du réacteur. Les opérateurs ont tenté de maintenir manuellement les principaux paramètres du réacteur, à savoir la pression de vapeur et le niveau d'eau dans les sécheurs-séparateurs, sans toutefois y parvenir complètement ; c'est alors qu'ils ont pu observer que la pression de vapeur dans les sécheurs-séparateurs tombait de 0,5-0,6 MPa, et que le niveau d'eau chutait en dessous de la cote d'alerte. Pour éviter d'arrêter le réacteur dans ces conditions, le personnel a bloqué les signaux d'arrêt d'urgence concernant ces paramètres.

« En même temps, la réactivité du réacteur continuait à baisser lentement. A 1 h 22 min 30 s, l'opérateur a constaté sur une sortie d'imprimante du programme d'évaluation rapide de la réactivité

que l'excédent de réactivité disponible avait atteint un niveau nécessitant l'arrêt immédiat du réacteur. Toutefois, cela n'a pas empêché le personnel de commencer les essais.

« A 1 h 23 min 4 s, les vannes d'arrêt d'urgence du turbo-alternateur N° 8 se sont fermées. Le réacteur a continué à fonctionner à une puissance d'environ 200 MWth. Le système de protection disponible après la fermeture des vannes d'arrêt d'urgence de deux turbo-alternateurs (le n° 7 avait été arrêté pendant la journée du 25 avril 1986) a été bloqué de façon que les essais puissent être recommencés s'ils n'étaient pas concluants la première fois. Ainsi, le personnel n'a pas respecté à nouveau le programme des essais qui ne prévoyait pas le blocage des systèmes de protection du réacteur après débranchement des deux turbo-alternateurs.

« Peu après le début des essais, la puissance du réacteur a commencé à augmenter lentement.

« A 1 h 23 min 40 s, le chef de quart de la tranche a donné l'ordre d'appuyer sur le bouton AZ-5, qui commande l'insertion dans le cœur de toutes les barres de commande et barres d'arrêt d'urgence. Les barres sont descendues mais, au bout de quelques secondes, des secousses se sont fait sentir et l'opérateur s'est aperçu que les barres absorbantes étaient stoppées sans avoir atteint leur point d'arrêt inférieur. Il a alors coupé l'alimentation des mécanismes d'actionnement afin que les barres descendent dans le cœur, entraînées par leur propre poids.

« D'après des témoins qui se trouvaient à l'extérieur de la quatrième tranche, c'est vers 1 h 24 que se sont produites successivement deux explosions. Au-dessus du réacteur ont fusé des débris incandescents et des étincelles, dont une partie est tombée sur le toit de la salle des machines, provoquant un incendie ».

Quelle était l'origine de ces explosions ? Bien que cela puisse paraître évident pour beaucoup, il faut quand même rappeler qu'il ne s'agissait pas d'explosions nucléaires comme celles qui peuvent être produites par des armes atomiques où c'est directement l'énergie de la réaction en chaîne qui provoque les dommages.

Dans le cas de l'accident de Tchernobyl, la réaction en chaîne s'est arrêtée d'elle-même immédiatement, mais l'énergie ainsi dégagée a entraîné une élévation brutale de la température du combustible. Le combustible brûlant a réagi avec l'eau, la vapeur qui a alors

été produite a provoqué une augmentation considérable de la pression. Cette pression excessive a fini par détruire certains canaux de combustible et par soulever la plaque supérieure du réacteur qui pesait pourtant 1 000 tonnes.

La seconde explosion, quelques secondes plus tard a été produite soit par la réaction de l'hydrogène avec l'air, soit par une nouvelle excursion de puissance, les experts n'ont pas encore tranché sur ce point.

Ces deux explosions ont projeté des débris hautement radioactifs tout autour du bâtiment du réacteur, mais surtout elles ont permis l'entrée de l'air dans ce qui restait du cœur du réacteur, ce qui entraîna la combustion du graphite. C'est l'incendie du graphite qui a pendant près de neuf jours envoyé dans l'atmosphère les particules radioactives que l'on a ensuite retrouvées un peu partout en Europe.

### *2-3. Les explications données par les autorités soviétiques*

*A Moscou comme à Kiev, les différents interlocuteurs de la Délégation, qu'ils soient techniciens ou responsables politiques, n'ont fourni qu'une seule et même explication à l'accident de Tchernobyl : la conception des centrales soviétiques n'est pas en cause et seule une série de violations inexcusables des règles de sécurité a pu conduire à cette catastrophe.*

En l'absence de toute information qui permettrait de faire une critique objective de la présentation officielle des faits, force est d'accepter cette version de l'accident même si elle a pu apparaître, chez certains commentateurs, comme un moyen commode, pour les soviétiques, d'éluder le débat sur la fiabilité des réacteurs RBMK.

De toute façon, en reconnaissant que le comportement des opérateurs de la centrale a été aberrant, les soviétiques reconnaissent implicitement qu'il y avait des failles importantes dans l'organisation du secteur de l'énergie nucléaire.

Les lourdes sanctions qui ont suivi et qui ont frappé de hauts responsables montrent bien que la « culture de sécurité » n'avait certainement pas été considérée comme un objectif prioritaire.

*Le Ministre de l'énergie nucléaire qui assurera désormais la surveillance des 50 000 travailleurs du secteur nucléaire civil a d'ailleurs indiqué à la Délégation que tous les directeurs de centrales avaient été convoqués pour analyser les erreurs commises à Tchernobyl et que des consignes très strictes avaient été données pour que les règlements de sécurité soient appliqués.*

Si une véritable « culture de sécurité » avait été inculquée aux opérateurs de la centrale ils n'auraient certainement pas :

- neutralisé les dispositifs d'arrêt d'urgence ;
- fait fonctionner le réacteur en dessous du minimum autorisé ;
- pris des mesures — branchement de toutes les pompes et augmentation du débit — qui ont encore accru la vulnérabilité d'un réacteur en fonctionnement instable.

Comment expliquer une pareille attitude ? Souci de mener à bien le plus rapidement possible la tâche qui leur avait été confiée, trop grande confiance dans la sécurité des installations, formation insuffisante et mauvaise compréhension des phénomènes physiques... aucune des explications fournies par les autorités soviétiques n'est pleinement satisfaisante.

Assez curieusement, les experts occidentaux ont semblé très facilement admettre la thèse de la responsabilité exclusive des malheureux opérateurs de la centrale. On peut se demander s'il ne s'agit pas là d'un moyen de minimiser l'accident et de refuser d'avouer que tout un système de production nucléaire peut fort bien fonctionner pendant des années dans des conditions aberrantes de sécurité.

### 3. Une gestion efficace du sinistre

Un accident comme celui de Tchernobyl n'a pu se produire, et cela quelles qu'en soient les causes réelles, que parce que l'ensemble de l'organisation de la production de l'énergie nucléaire était mal adaptée aux tâches qu'elle aurait dû assumer.

L'ampleur des sanctions qui ont été prises montre bien que c'est tout un système qui a été mis en cause pour son incapacité à gérer correctement une industrie aussi dangereuse.



On doit cependant admettre que les autorités soviétiques ont su, une fois l'accident arrivé, gérer la crise avec compétence et efficacité.

L'organisation très centralisée et autoritaire du pays a certes facilité les opérations de secours, mais la population d'URSS a montré, à l'occasion de cet accident, qu'elle savait toujours se mobiliser dans les grandes circonstances et que certains soviétiques acceptaient de se sacrifier pour protéger leur pays.

*Les parlementaires français, membres de l'Office qui se sont rendus en URSS ont d'ailleurs tenu à rendre publiquement hommage au courage des sauveteurs qui ont sacrifié leur vie et leur santé pour tenter de limiter les conséquences de la catastrophe.*

### 3-1. *Les premières mesures prises pour maîtriser l'accident*

Une fois l'affolement bien compréhensible des premières minutes passé, les secours se sont organisés très rapidement.

La réaction en chaîne s'était arrêtée d'elle-même, mais la situation était dramatique :

- le bâtiment protégeant le réacteur avait été soufflé et le cœur du réacteur était à nu,
- les systèmes de sécurité étaient détruits,
- le feu avait pris dans plusieurs endroits et risquait de s'étendre aux autres tranches de la centrale.

Il fallait donc intervenir vite, quel que soit le danger pour les sauveteurs, pour éviter que la catastrophe ne prenne encore plus d'ampleur.

#### 3-1-1. *La lutte contre l'incendie*

Les deux explosions qui s'étaient produites dans le cœur du réacteur avaient entraîné l'apparition de foyers d'incendie. Il s'agissait d'incendies tout à fait classiques résultant de la combustion des installations annexes mais qui menaçaient de se propager jusqu'aux tranches voisines.

Il fallait donc les éteindre au plus vite. Les pompiers de la centrale aidés par ceux des villes de Pripiat et de Tchernobyl sont intervenus aussitôt.

Comme cela a été confirmé à plusieurs reprises à la Délégation, ces pompiers étaient de par leurs fonctions ou de par leur implantation géographique, parfaitement au courant du risque nucléaire.

En intervenant directement en face du cœur découvert du réacteur, ils se sacrifiaient donc délibérément, c'est d'ailleurs parmi eux que l'on comptera le plus grand nombre de décès.

*Il n'a pas été possible à la Délégation de connaître le type d'équipements de protection dont disposaient ces équipes de secours et même si elles disposaient d'une quelconque protection.*

Plus d'une centaine de membres des services d'urgence ont été gravement irradiés, 28 d'entre eux devaient en mourir malgré les soins intensifs qui leur ont été prodigués à Moscou et à Kiev.

Grâce à cette attitude courageuse, les différents foyers d'incendie devaient être maîtrisés au petit matin. Une fois ce premier danger passé, les problèmes posés par la combustion du cœur du réacteur restaient toutefois à résoudre.

### 3-1-2. La couverture du cœur du réacteur

Pour empêcher les aérosols radioactifs de s'échapper, les autorités ont décidé de colmater la brèche avec des matériaux absorbants.

*Selon les autorités soviétiques le dispositif s'est mis en place très rapidement, l'URSS disposant, comme cela a été confirmé à deux reprises à la Délégation de l'Office, d'hélicoptères militaires spécialement équipés pour évoluer en milieu radioactif.*

Ces hélicoptères ont déversé, au début à haute altitude grâce à des parachutes, puis directement ensuite, 5 000 tonnes de mélange de bore, de sable, d'argile et de plomb.

*Les responsables ont cependant confié à la Délégation que l'approvisionnement et le conditionnement de ces différents matériaux avait été difficile, l'URSS ne disposant pas de stocks suffisants pour faire face à une telle demande.*

Tout porte à croire, bien qu'il soit très difficile d'en avoir la certitude, que l'organisation des opérations de secours a été contrôlée et peut-être même totalement prise en main par l'armée qui disposait semble-t-il de matériels adaptés et d'hommes entraînés pour travailler en milieux hostiles.

Des plans d'intervention pour les situations accidentelles existaient, mais les responsables ont unanimement reconnu qu'ils n'avaient été d'aucune utilité. L'ampleur de l'accident ne permettait pas d'utiliser les schémas préétablis, il a donc fallu improviser de toute pièce une organisation susceptible de faire face à un accident « hors dimensionnement » dont le degré de gravité n'avait jamais été envisagé dans les réflexions préalables sur la sécurité des centrales.

### 3-1-3. *La protection des eaux souterraines et de surface*

Une fois l'incendie maîtrisé, les responsables des opérations de secours ont dû faire face à un problème grave et urgent : empêcher la contamination des rivières, des fleuves et de la nappe phréatique.

La centrale de Tchernobyl est construite sur les bords de la rivière Pripet, un des affluents du Dniepr. A la hauteur de la centrale, le Dniepr se transforme en un énorme réservoir artificiel, de près de cent kilomètres de long, dans lequel l'agglomération de Kiev, soit plus de deux millions d'habitants, puise la presque totalité de son eau.

Il fallait donc, dans les délais les plus rapides, isoler le périmètre de la centrale pour éviter que les eaux de ruissellement fortement radioactives s'écoulaient dans la Pripet, puis dans le réservoir du Dniepr.

Une barrière constituée d'un mur de béton de deux kilomètres de long et de trente mètres de profondeur a donc été construite pour protéger la rivière Pripet.

Par la suite, cent trente et un ouvrages hydrauliques, de moindre importance, sont venus compléter cette première protection.

Des puits destinés à drainer les eaux de surface ont également été forés ; les eaux contaminées qui s'y accumulent sont ensuite pompées.

Des digues en gravier destinées à piéger les boues sont également venues compléter ce dispositif.

*Les responsables de la ville de Kiev ont affirmé à la Délégation que les eaux utilisées dans l'agglomération étaient toujours restées très en deçà des limites de radioactivité communément admises.*

*Cependant, malgré plusieurs questions des parlementaires français, il n'a pas été possible de savoir très exactement ce que devenaient les eaux contaminées et si en fin de compte elles n'ont pas été relâchées petit à petit dans le Dniepr, surtout au moment de la fonte des neiges.*

Deux mois après l'accident, la population de l'Ukraine ne semblait pas particulièrement préoccupée par ce problème, il y avait même des pêcheurs à la ligne sur les rives du Dniepr.

### 3-2. La protection des habitants de la région

Très rapidement, les responsables des opérations de secours se sont rendu compte que les populations qui vivaient autour de la centrale n'allaient pas pouvoir rester sur place.

Le danger était-il réel? Les autorités soviétiques ont parfois répondu que les mesures qui ont été prises n'avaient pas été « nécessitées par une menace directe pour la vie et la santé des populations mais par le désir justifié d'exclure toute éventualité ».

Selon les évaluations faites par le CEA et l'IPSN qui reposent sur un certain nombre d'hypothèses difficilement vérifiables, les doses par irradiation externe sur l'axe du vent auraient été les suivantes.

Distances en km	Doses en rad
1	12
2	30
5	14
10	5
30	0,8
50	0,12

A quoi il faudrait ajouter les doses dues aux dépôts de produits radioactifs sur le sol. Ces évaluations montreraient qu'il aurait bien existé un danger objectif pour les populations voisines de la centrale, mais dans l'affolement et le chaos qui ont suivi l'accident il y a fort à parier que les décisions concernant les populations, ont été prises plus sur des présomptions de danger que sur des mesures du taux réel de contamination.

### 3-2-1. L'évacuation et le relogement des populations

La décision d'évacuer une zone de 30 km autour de la centrale a été prise rapidement, mais cette évacuation a bien entendu été réalisée en plusieurs étapes.

Fort heureusement, la région de Tchernobyl, plaine sablonneuse avec des lacs et des forêts, était assez peu peuplée. Outre la ville nouvelle de Pripyat, construite en même temps que la centrale, qui comptait 49 000 habitants, il n'y avait dans cette zone que la petite ville de Tchernobyl et une centaine de villages agricoles, soit au total 135 000 personnes à évacuer.

L'évacuation de la ville de Pripyat a été réalisée le dimanche 26 avril en quelques heures.

*La Délégation de l'Office avait au départ exprimé quelques doutes sur la possibilité d'évacuer près de 50 000 personnes en moins d'une journée. Après les explications qui lui ont été données aussi bien à Moscou que sur place, force a été d'admettre que l'organisation politique et sociale de l'URSS rendait tout à fait plausible une opération qui aurait certainement été impossible ailleurs.*

Prévenus de la gravité de l'accident par les différents « relais » qui existent en URSS, parti communiste, syndicat, municipalité... les habitants de Pripyat ont reçu la consigne de rester chez eux soigneusement enfermés dans leurs habitations, sans chercher à partir par leurs propres moyens. Selon les autorités soviétiques, cette consigne a été scrupuleusement respectée.

Le dimanche matin, 800 autobus de la ville de Kiev réquisitionnés avec leurs chauffeurs sont venus chercher les habitants de Pripyat à qui l'on avait préalablement indiqué le numéro de l'autobus qui leur était affecté et l'heure à laquelle on viendrait les chercher.

Cette évacuation se serait faite dans de bonnes conditions, la population ayant suivi toutes les consignes données et en particulier celle qui leur interdisait d'emmener avec eux autre chose qu'une petite valise.

*Toutefois, au détour d'une conversation, la Délégation a appris que quelques-uns des autobus utilisés pour cette opération étaient considérés comme beaucoup trop contaminés pour être récupérés et qu'ils allaient être abandonnés dans les rues de la ville déserte de Pripyat !*

Les habitants de cette ville qui travaillaient presque tous pour la centrale ont été en général relogés à Kiev dans les 7 500 appartements neufs qui allaient être attribués aux demandeurs de logements. En outre 17 000 réfugiés se sont vu attribuer des logements ailleurs qu'en Ukraine.

Le personnel travaillant à la centrale sera relogé en 1989 dans une ville nouvelle, Slavoutich, prévue pour 20 000 habitants et qui sera située à 55 km de Tchernobyl.

Pour les habitants de Pripyat, le traumatisme n'aurait pas été trop grave, car cette ville nouvelle construite avec la centrale n'avait pas de passé ; ils pourront donc se réinsérer assez facilement, soit à Kiev, soit dans cette ville nouvelle, Slavoutich.

Pour les kolkhoziens, les problèmes posés par l'évacuation ont été plus délicats. Il leur a fallu en effet quitter les villages où le plus souvent ils étaient nés et abandonner leurs maisons familiales.

Chaque kolkhoze évacué a été dirigé vers un kolkhoze d'accueil situé hors du périmètre de sécurité. Le Président accueillant dans sa maison le Président et sa famille, le secrétaire et sa famille et ainsi de suite...

Les animaux évacués susceptibles d'être contaminés ont cependant été placés à part, le lait et la viande provenant de ces animaux étant stockés jusqu'à ce qu'ils redeviennent propres à la consommation humaine, selon les indications qui ont été données à la Délégation par un des responsables de l'agriculture de l'Ukraine.

Dans un deuxième temps, 52 villages nouveaux ont été édifiés pour accueillir les agriculteurs et des terres prises sur les kolkhozes voisins leur ont été attribuées sans aucun problème selon les autorités locales.

*La Délégation a été admise à visiter un de ces villages de regroupement et il faut reconnaître qu'un effort extraordinaire a effectivement été fait puisqu'en septembre, ce village était complètement terminé et habité. Les habitants que les parlementaires ont pu très librement interroger se sont montrés satisfaits de leur nouvelle installation, bien qu'encore sous le coup du choc qu'ils venaient de subir.*

*C'est en parlant avec eux que nous avons véritablement pris conscience du drame humain que représentait le départ, qu'ils considéraient comme définitif, de leurs villages en abandonnant à tout jamais ce qui avait été le cadre de leur vie.*

En principe, lorsque leurs anciens villages seront décontaminés ces personnes pourront y retourner pour s'y établir à nouveau. Quelques villages (22 selon les autorités soviétiques) qui n'ont pas été trop contaminés pourront peut-être être réoccupés dans un avenir pas trop lointain, mais les zones fortement touchées par les retombées ne seront certainement pas réhabitées, du moins par la génération actuelle.

*Contrairement à ce qui a pu parfois être dit, les responsables de l'agriculture nous ont indiqué qu'il n'existait pas à l'heure actuelle de moyens de décontamination des vastes surfaces agricoles.*

Les expériences en cours sur des plantes sélectionnées vont permettre de vérifier comment évolue la radioactivité contenue dans le sol, la crainte étant que chaque année la croissance des plantes fasse remonter à la surface cette radioactivité qui devrait normalement s'enfoncer en suivant l'infiltration des eaux. Pour le moment, toute conclusion est prématurée car on ne dispose pas en ce domaine d'expérience antérieure à cet accident.

La création de nouveaux kolkhozes et le relogement des habitants dans des installations « en dur » semblent démentir les informations soviétiques ou étrangères selon lesquelles des mesures de décontamination permettraient le retour des terres agricoles contaminées à une exploitation normale dans des délais relativement proches.

Même si la zone des 30 km est susceptible d'être redéfinie en fonction des mesures d'irradiation en cours, il semble bien qu'une très large partie de cette zone est appelée à rester inhabitée pendant une très longue période, 30 ans au moins selon certains experts.

### *3-2-2. Les mesures médicales*

Un dispositif de grande ampleur a été mis en place pour contrôler l'état de santé des personnes qui auraient pu être contaminées.

Grâce à la mobilisation de tout le personnel médical de l'Ukraine dès le mois de septembre un demi-million de personnes auraient pu être examinées.

La France avait proposé de prêter à l'URSS un wagon spécialement aménagé pour ce genre de contrôle par le SCPRI. Ce wagon permet en effet d'examiner plusieurs centaines de personnes par jour.

Les autorités soviétiques ont fait savoir à la Délégation qu'elles avaient été très sensibles à ce geste, mais que le transfert d'un wagon aurait posé trop de problèmes. Finalement, c'est une camionnette du SCPRI qui a été envoyée au début de l'année après la formation en France des personnels destinés à gérer ce matériel.

Manifestement, l'URSS ne disposait pas d'équipement permettant de procéder rapidement au contrôle radiologique d'un grand nombre de personnes.

La Délégation a visité le centre médical de Kiev où sont suivis les femmes enceintes et les enfants de moins de 15 ans, les deux groupes de population qui présentent le plus haut taux de risque.

*La Délégation a constaté que ce contrôle était fait avec sérieux et que le contrôle médical de ces personnes, qui devront être suivies toute leur vie, serait facilité par l'organisation centralisée de la médecine en URSS.*

Une banque de données informatisées a été créée et le dossier médical des personnes concernées portera une indication permettant à tous les médecins, quel que soit le domicile futur de ces personnes, de les identifier. Toutefois, les responsables médicaux sont parfaitement conscients de la nécessité de garder un caractère confidentiel à cette identification, si l'on veut éviter les phénomènes d'exclusion sociale qui ont frappé les irradiés au Japon.

Selon la responsable du centre médical de Kiev, à la fin du mois de septembre 1986, 400 accouchements de femmes qui avaient séjourné dans la zone évacuée avaient eu lieu sans que l'on déplore une seule anomalie. Toujours selon cette responsable, il n'y aurait pas eu d'avortements provoqués, mais de nombreuses femmes seraient venues demander des renseignements. Si les avortements n'ont pas été encouragés il a quand même été demandé aux couples qui auraient pu être irradiés d'attendre pour concevoir de nouveaux enfants.

Le contrôle de la nourriture a posé et continuera à poser pendant longtemps des problèmes complexes.

*La Délégation de l'Office qui a visité des usines agro-alimentaires ainsi que des marchés dans la ville de Kiev a pu constater que des contrôles étaient effectués en permanence avec des moyens relativement modestes, mais qui devraient toutefois permettre d'éviter les accidents.*



Une question se pose toutefois : peut-on véritablement contrôler toutes les denrées qui servent à l'alimentation d'une grande ville en permanence ?

Bien que les responsables locaux aient pu affirmer en septembre 1986 qu'il n'y avait plus aucun danger, les parlementaires de la Délégation ont pu constater que les rues de la ville de Kiev étaient lavées à grande eau plusieurs fois par jour et même la nuit.

Le taux de radioactivité était, paraît-il, redevenu normal, mais les précautions prises montraient bien que l'on redoutait encore les effets d'une contamination lente.

La municipalité de Kiev a d'ailleurs indiqué qu'elle avait décidé de stocker les boues de la station d'épuration, au lieu de les épandre dans les champs comme par le passé.

\*  
\* \*

Les Députés et les Sénateurs membres de l'Office qui se sont rendus en URSS en Septembre 1986 n'ont pas entrepris ce voyage uniquement pour obtenir des renseignements techniques inédits sur les causes de l'accident de Tchernobyl.

Le rapport remis par la délégation soviétique à la réunion de l'AIEA de la fin du mois d'août constituait à l'évidence la somme de toutes les informations dont l'URSS disposait ou qu'elle était disposée à divulguer.

L'objectif de cette mission était plutôt de tenter de comprendre comment une société, confrontée à une catastrophe de cette importance, avait pu réagir et de chercher à dégager les enseignements que l'on pouvait retirer de cette expérience, même si la spécificité de l'organisation politique et sociale de l'URSS rend les comparaisons souvent difficiles.

De fait, bien que cette mission se soit déroulée dans un climat de franchise et de cordialité assez exceptionnel, il a été extrêmement difficile d'obtenir des précisions sur les quelques points qui paraissaient peu clairs dans le récit de l'accident tel qu'il a été présenté à Vienne.

Néanmoins la possibilité qui a été offerte à la Délégation de s'entretenir avec les ministres et avec les principaux responsables de l'énergie nucléaire, aussi bien à Moscou qu'à Kiev, a permis de mettre en évidence quelques contradictions qui ont été précisées dans le rapport.

Dans l'ensemble, cependant, la position des soviétiques a été claire et unanime : la technologie nucléaire de l'URSS n'est pas en cause, l'accident n'a pu avoir lieu qu'à la suite d'une incroyable succession d'erreurs humaines. La première des conclusions que la Délégation a pu retirer de ce voyage, c'est que l'accident de Tchernobyl ne conduira pas à une révision du programme nucléaire soviétique. Quelques corrections seront certainement apportées pour renforcer la sécurité mais les centrales prévues par le plan seront construites y compris celles qui doivent être équipées de réacteurs RBMK.

L'URSS surtout dans sa partie occidentale manque d'électricité, elle ne peut se passer de l'énergie nucléaire. Cette forme d'énergie semble d'ailleurs bien acceptée par la population. L'absence de presse indépendante du pouvoir et l'impossibilité pour les citoyens de se regrouper pour contester les décisions des responsables font qu'il ne semble pas exister, pour le moment, de contestation sérieuse du nucléaire.

Dans ces conditions, même si les pays occidentaux décidaient de supprimer leurs centrales nucléaires, les risques liés à cette énergie subsisteraient du fait du maintien et du développement des installations nucléaires dans les pays de l'Est. La dénucléarisation totale, prônée par certains, n'apporterait donc qu'une sécurité parfaitement illusoire et elle placerait à terme les démocraties occidentales dans une position difficile dans la compétition économique est/ouest.

L'absence de contestation dans la société soviétique a par contre été certainement une des causes de l'accident de Tchernobyl. L'absence de « culture de sécurité » qu'a révélé cet accident est en effet directement liée à l'impossibilité pour la population de critiquer ou même de s'informer sur les conditions de fonctionnement des installations nucléaires. Le laisser-aller qui s'était installé dans la centrale de Tchernobyl et qui devait être généralisé, comme l'a montré l'importance des sanctions qui ont été prises, n'aurait pas été possible dans une démocratie où chacun peut s'informer et révéler au grand jour les défaillances de tout organisme.

Mais de toute évidence, l'extrême centralisation et la discipline qui règnent en URSS constituent un avantage une fois que l'accident est arrivé.

L'obéissance de la population à toutes les consignes et l'absence de panique ont certainement facilité l'évacuation des 130 000 personnes concernées.

Que se passerait-il dans les pays occidentaux dans des circonstances identiques ?

Seule une information complète et honnête des populations intéressées pourrait compenser l'impossibilité de maintenir une discipline aussi stricte qu'en URSS et endiguer les éventuels débuts de panique.

Dans le même ordre d'idée, on peut se demander si les personnels des services de secours accepteraient de faire le sacrifice de leur vie ou de leur santé, même pour des interventions absolument indispensables pour enrayer le développement d'une catastrophe.

Il serait en tout cas impensable d'envisager de faire déblayer les décombres d'une centrale par des militaires du contingent, comme cela a été le cas à Tchernobyl !

Ce qui vient de se passer en URSS montre que l'on doit dès aujourd'hui réfléchir et se préparer à un accident nucléaire de grande importance.

Envisager l'éventualité d'un tel accident ne signifie nullement qu'il doive arriver un jour, mais un certain nombre de moyens appropriés doivent être prévus et étudiés avant la catastrophe.

De leur aveu même, les soviétiques ont dû improviser toutes les mesures qui ont été prises à Tchernobyl. Les plans de secours n'arriveront jamais, bien entendu, à prendre en compte toutes les données possibles d'un accident, mais ils contribueraient quand même à réduire le chaos qui règne après toute catastrophe. Or, le temps, dans un accident de contamination radioactive, est un facteur essentiel pour la protection des populations. Même si l'évacuation a été très rapide à Tchernobyl, la durée du séjour en atmosphère contaminée a encore été beaucoup trop longue pour une partie des personnes concernées.

Si les nationaux du pays où vient de se produire un accident nucléaire doivent être prévenus aussi vite que possible, il doit en être de même pour tous les habitants des autres pays susceptibles d'être touchés par les retombées radioactives.

Il faut espérer, sur ce point, que les efforts de l'AIEA seront couronnés de succès, et que les conventions prévoyant des échanges rapides d'informations en cas d'accident permettront aux pays concernés d'être avertis à temps pour prendre les mesures appropriées.

## II. — LES CONSÉQUENCES POUR LA FRANCE

Les conséquences de l'accident de Tchernobyl n'ont pas seulement concerné l'Union Soviétique, mais l'Europe tout entière. C'est d'ailleurs un des enseignements majeurs de cet accident que d'avoir conduit à une prise de conscience du caractère international du risque nucléaire. C'est ainsi que l'Europe occidentale a découvert l'accident en apprenant que la Suède avait enregistré une augmentation anormale de la radioactivité sur son territoire.

Avant de rappeler comment est organisé le contrôle de la radioactivité en France, d'examiner si les controverses dont il a fait l'objet sont fondées et d'aborder la question des retombées de Tchernobyl sur le territoire français, il convient au préalable de rappeler quels peuvent être les effets de l'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants.

Votre rapporteur a confié l'étude de cette question à M. Roger Gongora, médecin spécialiste en radiopathologie à l'institut Curie. Les résultats de l'expertise qu'il a bien voulu effectuer pour l'office figurent donc, légèrement remaniés, ci-après.

### 1. Les effets de l'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants

Les effets des rayonnements ionisants sur les organismes vivants en général, et sur l'organisme humain en particulier, bien qu'étudiés depuis près d'un siècle et quoique bien connus des spécialistes, constituent toujours, pour le public, un sujet de curiosité et d'inquiétude.

Sitôt qu'il est question d'incident ou d'accident radiologique, notamment « radioactif », les media, le public et le corps médical lui-même sont préoccupés.

Leurs préoccupations, paradoxalement ne portent pas spécialement sur les effets immédiats que tout le monde peut constater et qui peuvent être très graves (morts, blessés, malades dont les

jours sont en danger). Non, ce n'est pas cette situation concrète et urgente qui mobilise le plus les imaginations. Ce sont les effets à long terme, les effets aléatoires.

Il y a à cela plusieurs raisons. Tout d'abord ces effets ne concernent pas seulement des individus, mais aussi des populations. Ces effets sont retardés plusieurs années parfois et laissent planer doute et angoisse pour l'avenir. Combien de sujets seront atteints ? Quelles seront les conséquences sur la descendance ? Ces effets peuvent être très graves ; ce sont l'induction de cancers et l'induction d'effets génétiques ; nos enfants, nos petits-enfants présenteront-ils des malformations ou des maladies génétiques ? Quelles seront les conséquences pour l'avenir de l'espèce ? On conçoit qu'en l'absence de réponse, toutes les craintes soient permises.

Ces craintes sont d'ailleurs savamment entretenues par certaines catégories de media et souvent exploitées à des fins politiques.

Episodiquement la polémique est relancée à l'occasion d'incidents ou d'accidents portant atteinte à des personnes. L'accident de Tchernobyl a, d'une part, ravivé les craintes au niveau du public, d'autre part fourni l'occasion de nombreuses confrontations et mises au point.

En fait, les connaissances en matière d'effets biologiques des rayonnements ionisants sont très étendues et de plus en plus approfondies. On s'est penché depuis plus d'un demi-siècle sur les problèmes de protection radiologique ; des moyens très efficaces ont été mis au point. Une réglementation sévère et une législation très rigoureuse ont été élaborées.

Les informations diffusées sont très nombreuses : nous en sommes plutôt submergés que sevrés ; mais elles sont souvent discordantes, voire contradictoires et l'inquiétude du public est encore accrue par l'absence paradoxale ou le retard de l'information aux moments critiques.

Cet exposé s'efforcera donc de dénoncer les faux problèmes, de poser les vraies questions et de ne retenir que l'essentiel au risque de pécher par défaut : après un rappel des conditions d'exposition normale de l'homme aux rayonnements ionisants, seront successivement étudiés les effets pathologiques des rayonnements pour les fortes doses d'une part et les faibles doses d'autre part, les principaux accidents d'irradiation survenus jusqu'à présent, les principes de la radioprotection.

### 1-1. *Exposition normale de l'homme aux rayonnements ionisants*

Avant de parler des effets des rayonnements ionisants sur l'homme, effets des fortes doses ou des faibles doses, il est essentiel de rappeler que l'homme, dans sa vie normale, est exposé à un certain niveau d'irradiation. Il est exposé :

- à une irradiation naturelle,
- à une irradiation d'origine humaine artificielle.

L'exposition aux rayonnements ionisants est externe et interne.

— Elle est externe à partir du cosmos (rayonnement cosmique) et à partir de la terre (rayonnement tellurique).

— Elle est interne à partir de radioéléments incorporés dans l'organisme.

#### 1-1-1. *L'irradiation naturelle*

L'irradiation naturelle est due à des radioéléments et au rayonnement cosmique. L'exposition est à la fois :

- externe par le rayonnement cosmique et par le rayonnement tellurique,
- et interne par incorporation de radioéléments dans l'organisme.

Le tableau suivant indique les sources naturelles de radioactivité, les doses délivrées par chacune de ces sources, tant par exposition interne que par exposition externe. La dose totale moyenne reçue par l'homme, par année, est égale à  $156 \cdot 10^{-5}$  Sv, soit en unité ancienne 156 millirem. (La définition des unités utilisées pour mesurer la radioactivité figure en annexe IV).

Equivalents de dose effectifs engagés par an dus aux sources naturelles dans des régions à caractéristiques moyennes (en  $10^{-5}$  Sv).

Sources naturelles	Exposition externe	Exposition interne	Total
1° Radionucléides naturels primordiaux...	12	19	31
2° Radionucléides naturels secondaires....	20	73,8	93,8
3° Radionucléides d'origine cosmique.....		0,8	0,8
4° Rayonnements cosmiques.....	30		30
	62	≈ 94	≈ 156

On peut faire deux remarques :

— la première pour préciser l'importance de l'exposition interne dans l'exposition naturelle totale : 94 mrem sur 156, soit 60 %.

En outre, 76 mrem sur 94, soit 80 % sont dus à des rayons. Ce sont là deux faits qui échappent en général aux personnes qui pensent que l'irradiation naturelle est essentiellement une irradiation externe et que seules les activités humaines sont génératrices de contamination ;

— la seconde se propose de mettre en évidence le fait que cette irradiation naturelle se répète chaque année et qu'elle concerne tous les êtres humains. Ces valeurs sont à retenir comme base de comparaison pour apprécier à leur juste valeur les autres sources d'irradiation de l'homme dont l'effet est souvent exprimé sous la forme de doses collectives ou d'engagements de dose collective.

Il s'agit là d'une valeur moyenne ; mais il existe des fluctuations importantes selon la nature des sols. En France, le taux d'irradiation varie d'un facteur trois ; il est de l'ordre de  $250$  à  $300 \cdot 10^{-5}$  Sv soit 250 à 300 mrem en Bretagne et dans le Massif central. Au Kerala en Inde, l'irradiation naturelle est de l'ordre de  $1 \cdot 10^{-2}$  Gy soit en unité ancienne 1 rem par an. Encore s'agit-il du taux moyen d'irradiation, dans certaines zones le taux est de 3 rems, soit trente fois le taux d'exposition en région parisienne.

#### 1-1-2. L'irradiation artificielle

Les activités humaines entraînent une augmentation du taux d'irradiation. Il s'agit essentiellement :

— de la production d'énergie d'origine nucléaire :  $2 \cdot 10^{-5}$  Sv, soit 2 mrem par an,

— de l'irradiation médicale :  $80 \cdot 10^{-5}$  Sv, soit 80 mrem par an,

— des retombées :  $4 \cdot 10^{-5}$  Sv, soit 4 mrem par an.

Pour conclure, il semble intéressant de présenter une vue synthétique des principales sources d'exposition de l'homme, avec les engagements de dose correspondants, en distinguant l'exposition totale (externe plus interne) et l'exposition interne liée à la radiotoxicité des radionucléides.



Ce tableau indique les engagements de dose exprimés en  $10^{-5}$  Sv. C'est-à-dire en millirems qu'entraîne un an d'exposition à la radioactivité naturelle ou un an de pratique des diverses activités énumérées dans la colonne 1. Cet engagement est calculé pour un individu moyen de la planète.

Radioactivité	Exposition totale	Exposition interne
Radioactivité naturelle.....	365	365
Irradiations à des fins médicales.....	178	6
Essais nucléaires.....	9	8
Energie d'origine nucléaire.....	6	4

On peut voir que la source d'exposition qui, après la radioactivité naturelle entraîne la dose totale la plus élevée est l'utilisation des rayonnements à des fins médicales, au moins dans les pays les plus développés. Par contre, du point de vue de l'exposition interne par les radionucléides, l'irradiation médicale constitue une source peu importante.

Quant aux retombées des essais nucléaires et à la production d'énergie, elles entraînent des doses totales qui représentent respectivement 2,4 et 1,2 % de celles qui sont dues à la radioactivité naturelle.

### 1-2. La classification des effets pathologiques

On observe deux types d'effets. Les uns obéissent à des lois déterministes, les autres obéissent à des lois probabilistes.

#### 1-2-1. Effets déterministes :

— Ces effets impliquent des doses élevées qui entraînent la mort des cellules.

— Ils se manifestent pour une dose minimale, seuil au-dessous duquel ils ne peuvent se produire. Ce sont donc des effets à seuil.

— Ils se manifestent chez tous les individus d'une population exposée à une dose seuil. Cette limite ne présente que de faibles variations individuelles.

— La gravité de l'effet est fonction de la dose et augmente avec elle.

— Par ailleurs, ces effets sont relativement précoces ; ils surviennent dans les heures, les jours ou les semaines qui suivent l'exposition. Ce sont, par exemple :

- les brûlures qui sont produites par des doses de 12 à 18 Gy.
- l'aplasie médullaire pour des doses de l'ordre de 3 Gy.

1-2-2. *Effets probabilistes : ils diffèrent en tous points des précédents*

— Ils peuvent certes se manifester pour de fortes doses, mais aussi pour de faibles doses.

— On ne leur « connaît » pas de seuil d'apparition (ce qui ne signifie pas qu'il n'y en ait pas).

— Ils ne se manifestent que pour une fraction de la population exposée.

— Pour des doses relativement élevées, la fréquence augmente avec la dose.

— La gravité ne dépend pas de la dose délivrée, elle est d'emblée maximale.

— Ces effets ne sont pas spécifiques, en ce sens qu'ils peuvent être produits par d'autres agents que les rayonnements ionisants et qu'ils ne présentent pas de caractères distincts en fonction de leur origine.

— Ils sont irréversibles.

— Enfin ces effets se manifestent après une longue phase de latence.

Dans ce cadre, les cellules ne sont pas tuées, mais seulement « blessées » et gardent des « cicatrices » au niveau de leur matériel génétique. On parle de mutation génétique. Ces cellules, si elles ont conservé leur pouvoir de multiplication, peuvent transmettre leurs anomalies aux cellules filles. Si la mutation intéresse une cellule somatique, il pourra en résulter le développement d'un cancer chez le sujet exposé. Si la mutation intéresse une cellule germinale, il pourra en résulter une malformation ou une maladie génétique dans la descendance du sujet exposé.

Nous envisagerons successivement :

— les effets des fortes doses,

— les effets des faibles doses.

### 1-3. *Les effets pathologiques des fortes doses*

Ils sont donc de nature déterministe et se manifestent le plus souvent dans des circonstances accidentelles.

En pratique, on rencontre deux types de problèmes bien distincts :

— d'une part, les brûlures radiologiques, généralement localisées à une partie du corps, le plus souvent à la main,

— d'autre part, les syndromes d'irradiation globale aiguë ; l'aplasie de la moelle osseuse en est l'exemple le plus fréquent.

#### 1-3-1. *Les brûlures radiologiques*

Les irradiations aiguës localisées engendrent une pathologie originale. Pour un certain niveau de dose, les rayonnements entraînent non pas la mort cellulaire (intermitotique) mais l'arrêt de la multiplication cellulaire (mort mitotique). Les conséquences sont différées, et le délai d'apparition des lésions est en partie conditionné par les durées de vie respectives des différents types cellulaires. Aussi les manifestations cliniques d'une part, peuvent être retardées par rapport au moment de l'exposition, d'autre part, ne sont pas simultanées, mais apparaissent successivement et donnent lieu à une évolution en plusieurs temps.

Par exemple, l'arrêt de la division cellulaire au niveau de la couche basale de la peau se traduit par une épithéliite exsudative trois semaines après l'exposition, tandis que les conséquences de l'irradiation de l'endothélium vasculaire sont beaucoup plus tardives, de l'ordre de plusieurs mois.

Les radiolésions aiguës localisées se traduisent donc souvent par une phase de latence, une phase d'évolution aiguë, une phase de restauration avec ou sans séquelle, et parfois une rechute.

La dose nécessaire pour produire une radiolésion aiguë localisée est très supérieure à la dose létale. Schématiquement, la dose entraînant une ulcération est supérieure à 18 Gy pour une exposition unique de courte durée, alors que la dose létale 50 % (dose à laquelle 50 % des personnes atteintes meurent en l'absence de traitement) pour une irradiation globale aiguë est de l'ordre de 4,5 Gy.

L'évolution, le pronostic, le traitement dépendent essentiellement de la dose délivrée aux tissus.

On peut distinguer en fonction de l'évolution :

— une forme limitée à l'épidermite exsudative. Elle comporte des phases bien individualisées :

- érythème initial,
- phase de latence clinique,
- érythème secondaire et épithéliite exsudative,
- la restauration soit sans séquelle, soit avec séquelles,

— une forme avec endothéliite vasculaire qui comporte les phases précédentes mais est suivie de rechute entre 6 et 18 mois ;

— à côté de ces formes caractérisées par la chronologie d'apparition des signes d'épithéliite exsudative et d'endothéliite vasculaire, on observe pour des doses plus élevées des formes contractées qui se caractérisent soit par un raccourcissement des phases et de leur intervalle, soit par une fusion des phases et une évolution d'une seule tenue qui conduit à une nécrose massive en quelques semaines.

De nombreux facteurs interviennent pour modifier ce schéma. Ce sont essentiellement :

— les caractères physiques de la source (nature et énergie des rayonnements). Le cas particulier de particules bêta déposées à la surface de la peau est intéressant à considérer, car il est à l'origine des brûlures étendues de l'accident de Tchernobyl. Les particules bêta déposées à la surface de la peau ou des muqueuses dans des cas de radiocontamination engendrent des lésions relativement superficielles. Pour des particules bêta de faible énergie, les manifestations cliniques cutanées peuvent se résumer à une desquamation furfuracée. Pour des particules bêta d'énergie plus élevée, il peut apparaître une épithéliite exsudative.

La survenue accidentelle de ce type de lésion est rarissime puisque, en cas de radiocontamination externe, il suffit en principe de procéder à une décontamination relativement simple pour la prévenir. La gravité dépend de l'étendue des lésions. L'issue peut être fatale quand la surface lésée est très importante.

Ainsi, à la suite de l'accident de Tchernobyl, plusieurs personnes sont décédées de brûlures bêta étendues.

— Les modalités chronologiques d'exposition :

La plupart des radiolésions aiguës localisées ont pour origine des expositions de courte durée. Les expositions qui se caractérisent par un long étalement induisent des lésions torpides, chroniques, comparables à certaines séquelles de la radiothérapie. Lorsque le niveau de dose est très important, elles peuvent entraîner des lésions de nécrose.

— Le volume et le siège des territoires irradiés :

- une dose très élevée sur un petit volume d'un organe non vital n'a pas de mauvais pronostic,
- une dose de 18 Gy sur un volume important et intéressant des organes vitaux peut avoir un pronostic fatal,
- une irradiation entraînant des lésions de la peau dans sa totalité est mortelle.

1-3-2. *Les syndromes d'irradiation globale aiguë :*

Les irradiations globales accidentelles à dose létale sont rares. On dénombrait avant l'accident de Tchernobyl, 27 cas mortels : 9 sont dûs à des accidents de criticité auprès de réacteurs expérimentaux et 18 sont dûs à l'utilisation industrielle de sources radioactives ; 16 de ces sources étaient utilisées en gammagraphie. L'institut Curie (Centre International de Radiopathologie) a pour sa part suivi 18 sujets qui ont été victimes d'irradiation globale à dose létale.

Dans une irradiation globale, la gravité dépend du niveau de dose moyenne absorbée, de la répartition topographique de la dose et de sa distribution chronologique.

— Niveau de dose moyenne : le tissu hématopoïétique (c'est-à-dire servant à la formation des globules du sang) est le plus sensible. Des altérations hématologiques peuvent être enregistrées pour des doses de 0,5 Gy. Mais l'apparition de manifestations cliniques implique une dose de 1 à 2 Gy. La dose létale 50 (dose à laquelle 50 % des personnes atteintes meurent en l'absence de traitement) pour une exposition unique et de courte durée se situerait entre 3,5 et 4,5 Gy.

— Répartition topographique : elle peut être homogène ou hétérogène. Cette distinction est essentielle ; en effet, la présence de territoires ayant reçu une dose inférieure à 2 Gy laisse une possibilité de repopulation de territoires médullaires désertés ayant reçu une dose supérieure. La connaissance de la distribution topographique de la dose est donc indispensable à l'orientation thérapeutique, notamment lorsqu'il s'agit de discuter l'indication d'une transplantation de moelle osseuse.

— Distribution chronologique : sur les 18 malades suivis à l'institut Curie, 8 ont été exposés pendant un temps très court et 4 ont été exposés quotidiennement avec un étalement de 5 semaines ; pour les 6 derniers, la chronologie d'exposition est plus difficile à établir. L'incidence de la distribution chronologique de la dose intervient sur deux points : le seuil d'apparition des lésions est d'autant plus élevé que la dose est plus étalée ; l'évolution clinique est plus longue lors d'irradiation prolongée que lors d'irradiation de courte durée.

La plupart des manifestations cliniques sont liées au défaut de renouvellement cellulaire, et le délai de leur apparition dépend en grande partie des vitesses respectives de renouvellement des différents tissus.

• Aussi les manifestations cliniques peuvent-elles être différées par rapport au moment de l'exposition. On observe des phases de latence clinique trompeuses, dont la durée, variable en fonction de la dose peut atteindre trois semaines dans le cas de dose létale 50. Même pour des doses fatales, supérieures à 10 GY, on peut observer une phase de latence clinique de quelques jours.

On peut schématiquement distinguer trois syndromes majeurs :

- un syndrome hématopoïétique avec ses conséquences infectieuses et hémorragiques,
- un syndrome viscéral, intestinal en particulier,
- un syndrome neurologique,

et les caractériser par leur seuil et leur délai d'apparition,

— le syndrome hématopoïétique (c'est-à-dire l'altération de la formation des globules du sang) implique une dose de l'ordre de 4 Gy, et se manifeste avec un délai de trois semaines,

— le syndrome viscéral, digestif notamment, implique une dose de l'ordre de 6 Gy, et se manifeste avec un délai de deux à trois semaines,

— le syndrome neurologique implique une dose de l'ordre de 10 Gy ; il apparaît très précocement et entraîne la mort en quelques jours. Il est bien évident qu'une dose de 6 Gy, responsable du syndrome digestif, si elle n'est pas fatale au cours des 15 premiers jours, sera génératrice d'une aplasie médullaire et qu'une dose de 10 Gy, responsable du syndrome neurologique entraîne la mort avant même que les autres syndromes aient le temps de se manifester.

Le syndrome le plus préoccupant est le syndrome hémato-poiétique.

Ce syndrome se traduit, pour des doses de 4 Gy :

-- par une désertion très rapide des cellules souches de la moelle osseuse conduisant à une aplasie médullaire,

— par une disparition progressive des éléments figurés circulant dans le sang.

La pente de la chute diffère selon les lignées ; elle est rapide et immédiate pour les lymphocytes (mort intermitotique), moyenne pour les granulocytes et les plaquettes, lente pour les hématies. Ces différences d'évolution sont liées aux différences de durée de vie moyenne respectives. Ce syndrome atteint son intensité maximale à la troisième semaine.

- La chute des lymphocytes contribue au déficit immunitaire.
- La chute des granulocytes expose au risque d'infection.
- La chute des thrombocytes (plaquettes) est responsable des hémorragies.
- La chute des hématies, plus lente, est responsable de l'anémie qui est plus tardive.

Formes cliniques :

Les différents syndromes peuvent s'associer et s'agencer différemment selon les niveaux de dose, la répartition topographique de la dose et la répartition chronologique de la dose. On peut schématiquement distinguer :

— les formes dues à une irradiation globale à dose létale de 50 Gy pour une exposition de courte durée ; ce sont les formes avec syndrome hématologique prédominant ; elles évoluent en quatre phases distinctes :

- une phase prodromique et de choc initial avec notamment hyperthermie et hyperleucocytose,
- une phase de latence clinique de trois semaines pendant laquelle le sujet est apyrétique et ne présente aucun signe fonctionnel,
- une phase critique qui dure de 5 à 7 semaines, pendant laquelle prédomine le syndrome hématologique avec ses complications infectieuses et hémorragiques,
- une phase de rémission clinique et de restauration hématologique.

— Les formes dues à une irradiation globale à dose moyenne de 10 à 14 Gy pour une exposition prolongée (de 4 à 5 semaines). Elles se caractérisent par une augmentation de la durée de la phase critique avec notamment augmentation de la durée de l'aplasie médullaire qui peut être de plusieurs semaines et par un ralentissement de la restauration hématologique. Cette restauration diffère en outre de celle que l'on observe dans les cas d'exposition de courte durée et est particulièrement retardée pour la lignée thrombocytaire.

— Les formes dues à une irradiation globale à très haut niveau de dose. Elles entraînent rapidement la mort, soit par brûlure des muqueuses avec syndrome digestif ou respiratoire prédominant, soit par brûlure étendue, soit par syndrome neurologique.

— Formes associées :

A côté des formes dues à une irradiation externe exclusive, on peut observer, dans des circonstances exceptionnelles, des formes associées soit à une pathologie non radiologique, soit à une pathologie radiologique.

• Associations non radiologiques :

— à un traumatisme,

— à des brûlures thermiques.

Dans les deux cas, les dommages sont immédiats ; ils précèdent la pathologie radiologique. Dans le cas de la brûlure thermique, la phase critique, d'une quinzaine de jours se prolonge jusqu'au début de la phase critique radiologique. Il y a non pas sommation, mais potentialisation des effets.

• Associations radiologiques :

L'irradiation globale peut encore être associée :

• à une radiocontamination interne,

• à une brûlure par rayonnement gamma ou bêta comme à Tchernobyl.

Dans le cas de radiocontamination interne, on n'observe pas de pathologie aiguë précoce ; le problème n'est pas clinique ; il est thérapeutique.



Par contre, dans le cas de brûlure par rayonnement bêta, les conséquences cliniques peuvent être très importantes. Elles dépendent de l'étendue des brûlures. Une surface de brûlure importante est en effet incompatible avec la survie. Sur le plan chronologique, ces brûlures peuvent présenter une période de latence qui peut atteindre trois semaines et à l'inverse des brûlures thermiques, leur phase critique débute à la troisième semaine. Elle interfère avec la phase critique de l'irradiation globale aiguë. Là encore, les effets sont non pas sommés mais potentialisés.

### 1-3-3. *Le traitement des irradiés à forte dose*

Pour le grand public, le traitement des grands irradiés consiste en des greffes de moelle osseuse.

En effet, les cellules souches de la moelle osseuse sont très sensibles aux rayonnements ionisants. Si elles sont toutes détruites, la seule possibilité thérapeutique est de leur substituer des cellules médullaires d'un sujet sain. Les protocoles de transplantation médullaire sont parfaitement au point et couramment utilisés pour le traitement de la leucémie myéloïde aiguë ; pour cette indication, on procède dans un premier temps à l'irradiation du malade dans le but de déprimer son système immunitaire, afin d'assurer une meilleure tolérance de la moelle osseuse qui sera transplantée ; dans un deuxième temps on procède à la greffe de moelle prélevée chez un donneur parfaitement compatible.

Malheureusement, une telle attitude ne peut pas être adoptée systématiquement dans les cas d'irradiation accidentelle.

— Ou bien les conditions d'irradiation étant parfaitement connues, on acquiert la notion d'une répartition hétérogène de dose avec présence de territoires comportant des cellules viables. Or les grands dangers de la transplantation médullaire sont le rejet de la greffe et surtout la « réaction du greffon contre l'hôte » qui s'accompagne d'une mortalité élevée. Dans ce domaine, il est vrai que de grands progrès ont été réalisés d'une part en soumettant le receveur à une thérapeutique immuno-dépressive (cyclosporine par exemple) et d'autre part en soumettant la moelle du donneur à une purge des cellules particulièrement impliquées dans l'induction de la maladie du greffon contre l'hôte, les lymphocytes T.

Quoi qu'il en soit, dans tous les cas où il y a incertitude sur la dose délivrée et sur sa répartition, et dans tous les cas où, les paramètres dosimétriques étant connus, on aboutit à la notion de répartition hétérogène de la dose avec persistance de territoire ayant reçu moins de 3 Gy, la transplantation médullaire est contre-indiquée.

*Seuls relèvent d'une transplantation médullaire, les sujets pour lesquels la moelle osseuse a reçu une dose supérieure à 6 Gy dans sa totalité.*

Une enquête dosimétrique physique et biologique s'impose donc pour prendre une décision thérapeutique. Encore faut-il savoir que même pour ces sujets, la situation est en règle générale très différente de celle des malades soumis à une transplantation médullaire après irradiation thérapeutique et cela pour de multiples raisons.

— A dose médullaire égale, la dose au niveau des autres tissus ou organes varie en fonction de l'énergie du rayonnement ; elle est d'autant plus élevée que l'énergie est plus faible. Ainsi chez les sujets exposés à une source d'Iridium, source utilisée en gammagraphie industrielle et responsable de plusieurs cas d'irradiation globale aiguë accidentelle, les doses délivrées à divers organes peuvent être beaucoup plus élevées que celles délivrées à la moelle. Ceci ajoute à la pathologie hématopoïétique une pathologie viscérale complexe.

— Il peut y avoir une pathologie associée :

- soit d'origine radiologique : brûlures cutanées étendues par rayonnement gamma ou bêta, ou radiocontamination interne ;
- soit d'origine non radiologique : traumatisme ou brûlure thermique.

— Enfin, alors que, dans les circonstances thérapeutiques, la greffe est effectuée immédiatement après l'irradiation, dans les circonstances accidentelles, il s'écoule un certain délai entre l'irradiation et la greffe de moelle, délai impliqué par l'enquête dosimétrique physique et biologique, en vue de poser l'indication de la greffe de moelle et aussi par la recherche d'un donneur compatible. Ce délai contribue à prolonger la période pendant laquelle le sujet est exposé au risque infectieux et au risque hémorragique.

Dans les cas d'irradiation accidentelle où la greffe de moelle est contre-indiquée --- et ils sont majoritaires --- on procède à un traitement compensatoire ; il s'agit de compenser la baisse du taux des éléments circulants du sang en attendant la restauration de la moelle osseuse à partir de territoires dans lesquels toutes les cellules souches n'auraient pas été détruites, qu'il s'agisse de l'ensemble ou d'une partie de l'organisme.

On procède donc à l'administration de globules rouges et de plaquettes préalablement irradiés afin de prévenir une éventuelle réaction post-transfusionnelle du greffon contre l'hôte, et exceptionnellement à l'administration de globules blancs (granulocytes) également irradiés, en cas de septicémie résistant aux antibiotiques.

Outre le traitement du syndrome hématopoïétique, il convient de procéder à une réanimation nutritionnelle intense, à la prophylaxie et au traitement de l'infection, et au traitement des divers syndromes cutané-muqueux, viscéraux, cérébral.

Ainsi, il apparait clairement :

— premièrement que la greffe de moelle n'est pas la panacée, que l'on dispose de plusieurs méthodes de traitement, et qu'en présence d'une situation donnée, il faut choisir la méthode la mieux adaptée. Ce choix n'est donc pas question d'école ;

— deuxièmement qu'un tel « complexe thérapeutique » ne peut être du seul ressort de l'hématologie, mais relève d'une structure multi-disciplinaire coordonnée par une équipe de radiopathologistes.

#### 1-4. *Les effets pathologiques des faibles doses*

##### 1-4-1. *Généralités*

De très nombreuses études et de très nombreux débats ont été consacrés aux effets des faibles doses.

Paradoxalement, les faibles doses inspirent plus de crainte que les fortes doses. Alors que les fortes doses « affichent la couleur », c'est-à-dire qu'à un niveau de dose donné correspond systématiquement un type de lésion parfaitement défini, les faibles doses laissent planer une incertitude sur l'avenir des individus exposés.

Leurs effets sont aléatoires ; le doute est d'autant plus angoissant que la réponse, d'une part est très sévère, puisqu'il peut s'agir d'induction de cancer ou d'induction d'anomalie génétique et d'autre part est tardive, plusieurs années pouvant s'écouler entre l'exposition et l'apparition d'un cancer par exemple. L'angoisse est portée à son comble quand on considère que nous ne sommes pas en mesure d'affirmer ou d'infirmer avec une certitude absolue l'existence d'un seuil. Pourtant toutes les études expérimentales et toutes les études épidémiologiques tendent à accréditer la notion de l'existence d'un seuil, même si la preuve ne peut théoriquement en être apportée aujourd'hui. En outre, les connaissances récentes dans les domaines de la cancérogénèse et de la réparation des lésions des gènes et des chromosomes constituent des arguments importants en faveur de la notion de l'existence d'un seuil. *Aussi, faute de pouvoir affirmer un seuil théorique, il devient tout à fait légitime de parler de seuil pratique.*

Comment définir les faibles doses ?

Ce sont les doses qui n'engendrent pas d'effets « déterministes ». Encore faut-il préciser que parmi les effets déterministes, il convient de distinguer :

— les effets pathologiques cliniques tels que l'aplasie médullaire et les brûlures radiologiques qui requièrent de très fortes doses, supérieures à 1 Gray ;

— et des effets biologiques sans conséquence sur la santé, mais dont la manifestation est systématique en corrélation avec la dose et qui peuvent intervenir au-dessous de 1 Gray.

Les indicateurs biologiques de dose les plus sensibles sont actuellement :

- hématologiques,
- chromosomiques,
- neurologiques (électro-encéphalogramme).

Au-dessous d'un certain seuil, il n'y a pas d'effets déterministes, qu'ils soient pathologiques ou biologiques. Ce seuil est de l'ordre de 0,3 Gy. On peut donc considérer comme « faibles doses », les doses inférieures à 0,3 Gy. Par ailleurs, si les faibles doses engendrent des effets probabilistes, elles n'en ont pas l'exclusivité, ces derniers pouvant a fortiori être produits par les fortes doses.

Mécanisme d'action des faibles doses :

— aux faibles doses, les cellules ne sont pas tuées, mais elles peuvent être modifiées,

— les lésions portent essentiellement sur le noyau de la cellule, en particulier :

- sur l'A.D.N.,
- sur les gènes,
- sur les chromosomes ;

— ces lésions peuvent :

- soit se réparer complètement,
- soit se réparer incomplètement,
- soit ne pas se réparer du tout ;

— dans les deux derniers cas, les cellules sont porteuses d'anomalies dites « mutations »,

— lors de la multiplication par division cellulaire, elles pourront transmettre ces anomalies aux cellules filles,

— ces anomalies pourront éventuellement avoir une expression pathologique. Deux cas peuvent se présenter :

- les anomalies portent sur des cellules somatiques ; la conséquence pourra être l'induction d'un cancer chez le sujet exposé,

- les modifications portent sur des cellules germinales. Il n'y aura pas de conséquence pathologique chez le sujet exposé, mais il pourra y en avoir dans sa descendance, soit à la première génération, soit beaucoup plus tard.

#### 1-4-2. *L'induction de cancers*

Devant la difficulté de définir un seuil d'action des rayonnements ionisants, on a formulé et retenu pour les besoins de la radioprotection l'hypothèse de l'absence de seuil. Mais une dose infime peut-elle réellement engendrer un cancer ? Probablement non. Pour bien le comprendre, il est utile d'évoquer brièvement les données récentes sur la genèse du cancer.

— Au cours de la première étape dite « initiatrice », sous l'effet d'agents extérieurs, chimiques ou viraux (virus oncogènes) ou radiologiques, se produit une mutation génétique ou une réactivation de pro-oncogène. En effet, les chromosomes portent des gènes potentiels responsables de la transformation de la cellule normale

en cellule tumorale. Ces gènes silencieux peuvent être réactivés sous diverses influences. Ces faits s'inscrivent bien dans le cadre des effets probabilistes. Mais une cellule « transformée » n'est pas un cancer. Elle peut rester quiescente indéfiniment.

— Pour qu'elle prolifère et que se constitue une tumeur cancéreuse, il faut que d'autres facteurs interviennent et déclenchent la deuxième étape dite « promotrice ». Cette deuxième étape met en jeu des phénomènes complexes qui suppriment le caractère probabiliste de l'ensemble.

Par ailleurs, les mécanismes de réparation des lésions au niveau de l'A.D.N. (acide desoxyribonucléique), constituant des gènes et des chromosomes, commencent à être bien connus.

Une machinerie enzymatique d'une grande complexité et d'une remarquable efficacité est mise en jeu. Des enzymes spécialisées se partagent les différentes séquences qui conduisent à la réparation des lésions. Certaines dites endonucléases reconnaissent la lésion ; d'autres, habiles chirurgiens, dites exonucléases, incisent et éliminent la région malade (dite fautive) ; d'autres encore (A.D.N. polymérase) reconstituent la séquence éliminée ; d'autres enfin (A.D.N. ligase) assurent la reconstitution de la continuité entre les éléments nouvellement fabriqués et la chaîne « chromosomique » préexistante. Aussi dans un grand nombre de cas, les lésions sont réparées intégralement. La réparation est dite « correcte ». Dans d'autres cas, pour des lésions plus importantes, d'autres mécanismes sont mis en jeu, qui sans parvenir à une réparation intégrale réalisent une réparation suffisante pour assurer la survie. Ce type de réparation dite « fautive » peut s'accompagner de dérégression de gènes dont parfois des oncogènes.

Il est donc clairement établi :

— d'une part, que si les lésions chromosomiques ne sont pas trop nombreuses ou trop sévères, elles se réparent,

— d'autre part, que dans les cas de réparation imparfaite conduisant à la production d'une cellule « transformée », éventuellement susceptible d'être à l'origine d'une tumeur cancéreuse, cette étape « initiale » ne suffit pas ; il est nécessaire que d'autres facteurs interviennent pour que se développe la maladie cancéreuse.

C'est pourquoi la théorie qui admet l'existence d'une relation linéaire et sans seuil entre la dose et l'effet cancérogène, exacte pour les fortes doses (doses supérieures à 1 Gy) et retenue sciemment comme base de réflexion en radioprotection, est inexacte quand il s'agit des faibles doses.

Il y a donc un seuil à l'action cancérigène des rayonnements ionisants ; si sa valeur n'est pas clairement établie, il n'en est pas moins réel.

Les notions précédentes, acquises à un niveau élémentaire, celui de la cellule et de ses constituants, laissent présager la multiplicité des acteurs et la complexité des faits quand le drame se déroule en grandeur vraie, c'est-à-dire dans l'organisme entier. Les constatations faites à partir de l'organisme entier, qu'il s'agisse de l'animal, ou qu'il s'agisse de l'homme, vont-elles, elles aussi, dans le sens de l'existence d'un seuil à l'action cancérigène des rayonnement ionisants ?

Les sources d'information dans ce domaine sont de deux ordres :

- données expérimentales,
- données épidémiologiques.

Les résultats, pour la plupart, figurent dans les rapports UNSCEAR de 1977, de 1982 et de 1986.

#### Données expérimentales :

Nous n'en retiendrons ici que les résultats et encore de manière très schématique.

A l'échelle cellulaire, on a étudié l'influence sur l'induction de la transformation cancéreuse :

- du niveau de dose,
- du débit de dose (quantité par unité de temps),
- de la nature des rayonnements et de leur énergie.

De telles études ont abouti, pour les rayons X par exemple et pour des doses supérieures à 1 Gy à la notion d'une relation dose-effet complexe, polynomiale, à la fois linéaire et quadratique, du type

$$I = \alpha D + \beta D^2$$

I = coefficient d'induction,

D = dose,

$\alpha$  et  $\beta$  = coefficients numériques.

Ce type de données présente un grand intérêt pour l'étude des phénomènes initiaux de la transformation cellulaire, mais les résultats sont-ils extrapolables à l'animal et a fortiori à l'homme ? Quand on sait le rôle important des facteurs promoteurs, voire antipromoteurs qui président à la destinée d'une cellule transformée, on doit exiger l'expérimentation sur l'animal.

A l'échelle de l'animal ont donc été étudiées en outre :

- l'action d'agents promoteurs,
- la radiosensibilité tissulaire, qui présente une véritable hiérarchie. Le corps thyroïde est plus sensible que la peau, qui elle-même est plus sensible que le tissu osseux.

En ce qui concerne, la relation dose-effets, deux conclusions s'imposent :

- les courbes pour des doses supérieures à 1 Gy sont significatives et de type polynomial,
- pour les faibles doses, il n'a pas été obtenu de résultats significatifs.

#### Données épidémiologiques :

Les études expérimentales relatives à la cancérogénèse induite par les rayonnements ionisants conduisent à proposer un certain nombre de modèles en vue de les extrapoler à l'homme.

Cependant compte tenu des caractères spécifiques de l'homme et de son environnement, les modèles proposés ne sont pas parfaitement adaptés, et il s'avère nécessaire d'étudier directement sur l'homme les conséquences de son exposition aux radiations ionisantes.

De très nombreuses enquêtes épidémiologiques ont été effectuées. Les résultats sont souvent d'interprétation difficile. Le nombre très élevé des cancers dits « spontanés ou naturels » ou produits par d'autres agents cancérogènes que les radiations ionisantes constituent un bruit de fond très élevé, d'où il est difficile d'extraire le faible signal que représentent les cancers radio-induits.

Nous disposons de trois sources d'informations :

- l'irradiation professionnelle,
- l'irradiation médicale,
- l'irradiation militaire.



Un très grand nombre de données sont fournies par les différents rapports de l'UNSCEAR.

Les enquêtes concernant l'irradiation professionnelle, portent essentiellement :

— sur les radiologistes ayant exercé avant 1946, date à partir de laquelle des mesures de protection ont été appliquées. Le nombre de leucémies était dix fois plus élevé dans cette catégorie que chez les médecins qui n'utilisaient pas les radiations ionisantes,

— sur les peintres en cadran lumineux contaminés par des sels de Radium chez qui on a constaté une forte augmentation du taux de cancers osseux (ostéosarcomes),

— chez les mineurs d'uranium contaminés par le radon chez lesquels on a constaté une forte augmentation du taux de cancer du poumon.

Il convient de préciser que dans ces cas les doses délivrées étaient considérables, de l'ordre de plusieurs Sv (soit plusieurs centaines de rems), voire supérieures à 10 Sv (1 000 rems). Cette dose était délivrée bien entendu au cours de plusieurs années ou plusieurs dizaines d'années.

Les principales enquêtes concernant l'irradiation médicale portent :

— sur le traitement par RX d'une maladie rhumatismale (spondylarthrite ankylosante). On a constaté une augmentation du taux des leucémies,

— sur le traitement également par RX de la teigne du cuir chevelu. C'est une augmentation du taux de cancer du corps thyroïde que l'on a constatée,

— sur des femmes ayant subi de très nombreux examens radioscopiques pour surveillance de pneumothorax ; on a constaté une augmentation du taux de cancer du sein.

La troisième source de données épidémiologiques est celle résultant de l'irradiation subie par les habitants d'Hiroshima et de Nagasaki.

Sur 280 000 survivants, 80 000 sont décédés de mort naturelle entre 1950 et 1978. L'augmentation du nombre de décès par cancer a été de 400. 12 000 survivants avaient reçu des doses supérieures à 3 Gy (300 rads) ; dans ce groupe, l'augmentation de la fréquence des leucémies, entre 1950 et 1974 a été de 1 %.

Quelles sont les principales conclusions que l'on peut tirer de ces enquêtes épidémiologiques :

— le temps de latence entre l'irradiation et la manifestation du cancer est très long :

- 10 à 15 ans pour les leucémies,
- 15 à 30 ans pour les tumeurs solides :
  - 24 ans pour le cancer de la peau,
  - 27 ans pour les tumeurs cérébrales ;

— tous les tissus ne présentent pas la même sensibilité : par exemple le sein, le corps thyroïde et la moelle osseuse sont très sensibles ; la peau l'est un peu moins, l'os et le tissu nerveux le sont encore moins,

— l'âge et le sexe jouent un rôle important :

- les enfants et les adolescents sont plus sensibles que l'adulte vis-à-vis du risque leucémique et du risque de cancer du corps thyroïde,
- le risque de cancer du sein est plus grand chez les femmes exposées à la puberté que chez celles irradiées beaucoup plus tard,

— le débit de dose joue également un rôle important : le taux d'induction de cancer est plus élevé pour les forts débits que pour les faibles débits.

A cet égard, l'exemple du cancer osseux induit par le radium est très significatif. Le risque de cancer est 163 000 fois plus élevé pour les sujets irradiés par du radium 224 dont la période physique est très courte et le débit de dose élevé que pour les sujets irradiés par du radium 226 caractérisé par une période physique longue et un débit de dose faible. Ainsi, la dose minimale pour laquelle apparait le cancer osseux est de 0,9 Gy (90 rads) pour le radium 224 (fort débit), alors qu'elle est 5 à 10 fois plus élevée pour le radium 226 (faible débit).

S'agissant de la relation dose-effet, les données épidémiologiques sont précieuses. Elles permettent de penser que, d'une façon générale, l'incidence du cancer croît avec la dose jusqu'à atteindre un maximum ; puis aux doses très élevées, elle décroît car les cellules ne sont plus « transformées » mais tuées. L'effet létal l'emporte sur l'effet cancérogène.

Par ailleurs, elles conduisent à considérer que divers types de courbe sont plausibles :

- en fonction de la nature des rayonnements,
- en fonction du débit de dose,
- en fonction de la radiosensibilité des tissus.

Ainsi une relation linéaire est plausible pour les rayonnements à forte densité d'énergie tels que le rayonnement alpha et les neutrons de forte énergie, ou pour des tissus très radiosensibles comme le sein.

Mais dans la grande majorité des cas, les données sont davantage compatibles avec une relation de type linéaire quadratique ou polynomial.

Ces courbes sont obtenues pour des doses relativement élevées, supérieures à 0,5 ou 1 Gy.

Au-dessous de 1 Gy, (100 rads) on ne possède pas de données qui permettent de tracer des courbes significatives.

*Ainsi, les études expérimentales et les enquêtes épidémiologiques ne fournissent, pour les doses inférieures à 1 Gy, aucune donnée significative en faveur de l'absence de seuil. Bien au contraire, elles laissent entendre l'existence d'un seuil et vraisemblablement à un niveau élevé. En cela, elles rejoignent les conclusions des travaux relatifs à la cancérogénèse et aux mécanismes de réparation des lésions des gènes.*

Toutefois, on retient la notion d'induction de cancer par unité de dose, par rem par exemple. Les valeurs sont bien entendu extrapolées.

Nombre de cancers mortels pour 100 000 individus exposés à 1 rem

Sein .....	2,5
Poumon .....	2
Moelle osseuse.....	2
Os.....	0,5
Thyroïde.....	0,5
Autres tissus.....	5
<b>Total.....</b>	<b>12,5</b>

A noter que l'incidence du cancer est de 22 000 pour 100 000 individus, étant entendu que sur cet effectif le plus grand nombre mourra d'une autre cause avant que le cancer n'arrive en phase terminale.

#### 1-4-3. Les effets génétiques

L'évaluation des effets génétiques des faibles doses est encore plus difficile que celle de la fréquence d'induction du cancer, d'autant plus qu'ils surviennent sur un bruit de fond très élevé. (Incidence naturelle d'anomalies génétiques : 10 % des enfants à la naissance en sont porteurs.)

Les observations portent :

- sur des données animales expérimentales,
- sur des données épidémiologiques humaines.

**a) Données expérimentales:** elles ont le mérite de mettre en évidence le fait que les mécanismes de réparation sont très efficaces et que pour de faibles doses, les effets sont vraisemblablement nuls.

En effet, on a observé :

- d'une part que la réduction du débit de dose diminuait la fréquence d'induction à tel point que pour un débit de 9 mrem par minute, on n'observe aucun effet jusqu'à la dose (très élevée) de 4 Sv.

- d'autre part, la relation dose-effet n'est pas linéaire ; pour une dose de 0,5 Gy, on observe non pas 4 fois mais 10 fois moins d'anomalies que pour une dose de 2 Gy.

Enfin, une expérimentation portant sur l'irradiation de 83 générations de souris (irradiation des mâles qui sont plus sensibles que les femelles) n'a pas mis en évidence d'effet génétique pour des doses allant jusqu'à 2 Gy.

Tout ceci indique :

- que les phénomènes de réparation sont extrêmement efficaces,
- que l'hypothèse d'une relation dose-effet linéaire et sans seuil est inexacte et conduit à une très importante surévaluation.

**b) Données épidémiologiques:** de multiples enquêtes effectuées dans les domaines de l'irradiation professionnelle, de l'irradiation médicale et de l'irradiation des populations à Hiroshima et à Nagasaki n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative entre populations irradiées et populations non irradiées.

En conséquence, les données retenues pour l'homme, sont, en ce qui concerne les faibles doses, strictement théoriques et basées sur des extrapolations à partir des fortes doses. Les résultats figurent sur le tableau suivant.

Anomalie	Incidence actuelle naturelle par million de nouveau-nés	Effet présumé d'une exposition de 1 rad par génération	
		A la 1 <sup>re</sup> génération	A l'équilibre
Gènes autosomiques dominants et liés au sexe.....	10 000	20	100
Gènes autosomiques récessifs.....	1 100	Insignifiant	Très léger
Chromosomes.....	4 000	38	40
Divers, incluant les anomalies multifactorielles.....	90 000	5	45
<b>Total.....</b>	<b>105 100</b>	<b>63</b>	<b>185</b>
Accroissement par rapport à l'incidence actuelle, en %.....		0,06	0,17

On ne peut passer sous silence l'information récente concernant l'augmentation du taux de fréquence de la trisomie 21 (mongolisme) dans une clinique de Berlin. Une telle information doit être accueillie avec circonspection.

Il a effectivement été observé 10 cas de trisomie 21 sur 1 939 naissances, alors que le taux moyen est de 1 sur 750. Ce fait appelle un certain nombre de remarques :

- les données expérimentales montrent :
- que les lésions dues aux rayonnements ionisants se situent :
  - soit au niveau des gènes (mutations),
  - soit au niveau des chromosomes où l'on observe des cassures, la formation d'anneaux et de fragments.

Or ces anomalies ne semblent pas avoir été recherchées dans le cas présent.

Par contre, on n'observe pas de malségrégation, c'est-à-dire une mauvaise répartition des deux lots chromosomiques, comme c'est le cas pour la trisomie.

— Le fait rapporté à Berlin n'est pas davantage en accord avec les données épidémiologiques.

— Par ailleurs, s'il y avait augmentation de la fréquence des trisomies, on devrait voir parallèlement une augmentation de fréquence d'autres malségrégations qui, elles, conduisent à des avortements spontanés. Or il n'a pas été signalé d'augmentation des avortements.

— Les doses d'exposition des sujets n'étaient pas spécialement élevées et notamment pas plus élevées que celles reçues par une population nombreuse chez laquelle rien n'a été signalé.

— Le recrutement de l'établissement où ces faits ont été constatés porte sur une population à haut risque chez laquelle la fréquence des trisomies est supérieure à la fréquence moyenne. De plus, la qualité du recrutement a pu être modifiée.

— De toute façon, les faits portent sur un petit nombre qui ne permet pas de conclure à une différence significative. Et même si une différence était statistiquement établie, il conviendrait de rechercher une cause autre que l'exposition aux rayonnements ionisants.

#### 1-4-4. *Conclusions générales sur les effets des faibles doses*

Les rayonnements ionisants peuvent engendrer des effets pathologiques. Ces effets sont :

- de type déterministe,
- de type probabiliste.

Pour ce qui concerne les effets déterministes, on n'observe pas d'effet pathologique au-dessous de 1 Gy (100 rads), on n'observe pas d'effet biologique au-dessous de 0,3 Gy (30 rads).

Pour ce qui est des effets probabilistes, seuls concernés par les faibles doses, il est difficile de situer leur seuil.

La vie est née et s'est poursuivie dans un environnement radiologique. L'homme a toujours été exposé à l'irradiation naturelle et il y est parfaitement adapté, soit que l'évolution ait opéré une sélection, soit que les très faibles doses aient des effets bénéfiques. L'exposition à la radioactivité naturelle varie selon les régions ; la variation peut atteindre un facteur 10. Ceci laisse entendre l'existence d'un seuil.

La fréquence d'apparition des effets pour les faibles doses n'est pas mesurable ; elle est supposée à partir d'extrapolations de courbes obtenues pour de fortes doses supérieures à 0,5 ou 1 Gy (50 ou 100 rads) ; au-dessous on ne connaît généralement pas la forme de la courbe de corrélation dose-effet, et a fortiori les coefficients. On sait que la relation n'est pas linéaire et sans seuil ; c'est cependant cette hypothèse très improbable qui a été retenue en radioprotection ; elle surévalue la fréquence des effets.

On sait qu'il existe de puissants mécanismes de réparation des lésions produites par les rayonnements ionisants au niveau de l'ADN, des gènes et des chromosomes. On sait que si la fréquence d'induction du cancer répond à des lois probabilistes, il n'en est probablement pas de même au niveau de la phase dite de promotion ; ces faits étayaient la notion de l'existence d'un seuil.

Il existe donc très vraisemblablement un seuil réel qu'il est difficile de situer avec précision, et l'on doit aujourd'hui se contenter de la notion de « seuil pratique ».

Les études épidémiologiques seront toujours très difficiles. Même pratiquées à très grande échelle, il est peu vraisemblable qu'elles puissent apporter des résultats significatifs en raison du niveau très élevé de l'incidence naturelle du cancer et des maladies génétiques, et du rôle joué simultanément par de très nombreux agents génotoxiques.

### 1-5. *Bilan des accidents d'irradiation*

#### **Bilan général (\*) des accidents radiologiques : 1945-1985.**

Nombre d'événements accidentels avec des victimes .....		178
1. Victimes .....		324
— des accidents de criticité .....	60	
— des irradiations globales .....	88	
— des irradiations localisées .....	176	
2. Survivants .....		297
3. Décès .....		27
— causés par des accidents de criticité .....	9	
— causés par les irradiations globales .....	18	
(*) Les accidents radiologiques dus aux retombées sur les Iles Marshall n'ont pas été inclus.		

Ce tableau doit être complété aujourd'hui par le bilan provisoire de l'accident de Tchernobyl qui a entraîné 31 décès :

1 par brûlure thermique,

1 par traumatisme

29 par irradiation globale isolée ou avec brûlure bêta associée.

Il faut insister sur les faits suivants :

— les accidents par irradiation interne (à la suite de radiocontamination interne) ayant eu des suites pathologiques sont très exceptionnels,

— la majorité des accidents sont dûs à une irradiation externe,

— les accidents d'irradiation partielle entraînant des lésions localisées (type brûlure) sont nettement plus fréquents que les accidents d'irradiation globale ayant pour conséquence une aplasie médullaire sévère,

— la plupart des accidents sont dûs à des sources radioactives à usage industriel, notamment gammagraphique.

Accidents d'irradiation externe : 1945-1985.

Source	Nombre d'accidents	Nombre de sujets
192 Ir .....	45	86
60 Co .....	26	52
RX .....	52	59
Autre .....	14	19
	137	216

— Il n'y a jamais eu avant Tchernobyl, d'accident entraînant des conséquences pathologiques dans les centrales nucléaires en cours d'exploitation à fin de production d'énergie.

— En ce qui concerne les irradiations globales à dose létale (en l'absence de traitement) qui ont été traitées en France, elles sont au nombre de 18, ce qui représentait avant Tchernobyl environ la moitié des cas mondiaux. Toutes ont été traitées à l'institut Curie. Cinq accidents sont à l'origine de ces 18 cas. Aucun de ces accidents n'est survenu en France ; ils avaient eu lieu dans les pays suivants : Yougoslavie, Belgique, Italie, Algérie, et Maroc.



## 1-6. *Les principes de la radioprotection*

### 1-6-1. *Généralités.*

La connaissance des effets déterministes (non stochastiques) d'abord, puis des effets probabilistes (stochastiques) ensuite, a conduit à envisager des mesures de protection tant pour les travailleurs que pour le public.

La commission internationale de protection radiologique (CIPR) a été créée en 1928. Elle est constituée de 13 membres dont un président et 12 experts cooptés, de toute nationalité, physiciens, radiobiologistes, biologistes, généticiens, médecins, hygiénistes, chargés d'édicter des recommandations sur les principes fondamentaux et les normes en radioprotection, après en avoir élaboré la philosophie précise, en fonction de toutes les données sanitaires disponibles. Elle est constituée de 4 comités, chargés d'étudier des questions différentes. C'est le Comité IV qui élabore les recommandations en matière de normes.

Dès 1928, la CIPR a édicté ses premières recommandations. Il s'agissait alors de prévenir les effets observés au niveau des tissus les plus sensibles (peau, oeil, tissu hématopoïétique, gonades). La dose maximale admissible fut fixée à 50 rems pour un an. Ce niveau de dose, considéré aujourd'hui comme très élevé est certes très inférieur aux doses entraînant des effets pathologiques précoces (brûlures, maladie hématopoïétique). Mais très vite, on s'est aperçu que la limitation à de telles doses n'assurait pas une protection suffisante vis-à-vis des effets stochastiques, induction de cancers en particulier.

On a donc considérablement abaissé cette limite et établi en 1958 de nouvelles normes qui sont toujours en vigueur actuellement. La Publication 26 de la CIPR fait état des objectifs de la protection contre les rayonnements, des concepts fondamentaux, des bases biologiques sur lesquelles repose l'élaboration du système de limitation de doses.

Les normes de limitation de dose ont été établies à partir des connaissances radiobiologiques acquises dans le domaine des faibles doses en particulier et selon des critères d'acceptabilité de risques.

Les bases radiobiologiques sont l'ensemble des connaissances acquises par l'expérimentation animale et par les enquêtes épidémiologiques. Les experts de la CIPR, qui édictent les recommandations en radioprotection, ont adopté volontairement une position très prudente, en prenant les hypothèses suivantes :

— le risque aux faibles doses est déduit par extrapolation linéaire des résultats observés aux fortes doses jusqu'à la dose 0 (en postulant qu'il n'existe pas de seuil). Cette hypothèse que l'on sait être inexacte surevalue considérablement les risques d'induction de cancer ou d'anomalie génétique,

— le risque est calculé pour une dose donnée, sans tenir compte de sa répartition dans le temps, qu'elle soit unique ou fractionnée, à fort ou à faible débit de dose. Or il est démontré que l'étalement de la dose dans le temps d'une part, et la diminution du débit de dose d'autre part, réduisent considérablement le risque.

Les critères d'acceptabilité du risque se réfèrent à ceux communément admis dans les activités industrielles réputées parmi les plus sûres.

Les limites d'exposition ont été fixées par la CIPR. Ce sont des normes internationales. Leur application en France résulte des textes de lois publiés dans « Protection contre les rayonnements ionisants » (*J.O.* Edition 1985) et réactualisés pour ce qui concerne les travailleurs par le récent Décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants (*J.O.* du 12 octobre 1986, Chapitres III et IV).

#### 1-6-2. *Les normes de radioprotection*

La réglementation distingue *trois catégories de personnes* :

— les personnes directement affectées à des travaux sous rayonnements (D.A.T.R.) ou catégorie A,

— les personnes non DATR (qui sont exposées non habituellement) ou catégorie B,

— le public,

Les doses maximales admissibles (DMA) pour le corps entier sont les suivantes :

- pour les DATR : 50 Sv par an, soit 5 rems par an,
- pour les non DATR : 15 mSv par an, soit 1,5 rem par an,
- pour le public : 5 mSv par an, soit 0,5 rem par an.

De même, sont définies des DMA pour :

- la peau : 0,5 Sv (50 rems),
- le cristallin : 0,15 Sv (15 rems),
- les mains, les avant-bras, les pieds, les chevilles : 0,5 Sv (50 rems).

— Des règles spécifiques sont appliquées au personnel féminin. Ainsi, pour la femme enceinte la dose ne doit pas dépasser 10 mSv (1 rem) entre la déclaration de grossesse et l'accouchement. D'autres règles s'appliquent aux expositions exceptionnelles concertées.

Par ailleurs, dans le cas de radionucléides incorporés dans l'organisme, c'est-à-dire dans les cas d'exposition interne, l'énergie est à un moment donné :

— en partie délivrée,

— et en partie à délivrer ; elle sera délivrée dans le temps en fonction de caractéristiques physiques et biologiques du radioélément en cause. On introduit donc en radioprotection la notion de dose engagée qui s'exprime en Sv ou en rem et la notion d'équivalent de dose engagé effectif qui s'exprime en Sv ou en rem. Les limites d'équivalent de dose engagé sont fixées pour chacun des radioéléments. Elles figurent à l'annexe IV-III du décret du 2 octobre 1986.

La CIPR a effectué un nombre considérable de travaux pour édicter des recommandations qui permettent de respecter cette limitation des doses. Ainsi, il a été nécessaire de calculer pour chaque radio-élément, à partir de modèles métaboliques, la concentration maximale admissible (CMA) dans l'air et dans l'eau qui permette de respecter les normes. Ces données figurent dans le rapport du Comité II de la CIPR sur la dose admissible en cas d'irradiation interne (Publication CIPR, Rapport du Comité II sur la dose admissible en cas d'irradiation interne)

Il convient de clarifier ici deux ambiguïtés qui hantent souvent l'esprit des media et du public.

— La dénomination de dose maximale admissible peut laisser entendre que l'exposition à une dose supérieure comporte des risques sérieux, or il n'en est rien. Les limites fixées par la réglementation n'ont aucune commune mesure avec les doses susceptibles d'engendrer des effets appréciables ; un dépassement d'un facteur 10 à 20 n'a pas de conséquence pathologique sérieuse.

— On rencontre souvent une confusion entre la réglementation internationale concernant des limites de dose maximale admissible, réglementation élaborée par la CIPR, adoptée et appliquée par toutes les nations, et des règlements locaux relatifs aux concentrations en radionucléides dans les aliments faisant l'objet d'échanges commerciaux. La disparité des taux fixés autant à partir de considérations économiques et politiques qu'à partir de considérations sanitaires ne manque pas d'intriguer, voire d'inquiéter. C'est pourquoi les experts s'évertuent à harmoniser ces dissonances, et par exemple une récente directive EURATOM a fixé « définitivement » le taux de concentration maximale du Césium 237 dans le lait à 4 000 Bq par kilo.

### 1-6-3. *La philosophie de la CIPR*

Au concept de limitation de dose, la CIPR a adjoint les concepts de justification d'une exposition et d'optimisation de la radioprotection. Il s'agit d'une part d'éviter toute exposition inutile, d'autre part de maintenir toutes les doses aux valeurs les plus faibles auxquelles on peut parvenir sans difficulté, compte tenu des aspects sociaux et économiques.

Ainsi, la réglementation en matière de radioprotection est extrêmement sophistiquée et d'une très grande efficacité si l'on en juge par les faibles niveaux de dose reçus par les travailleurs et par le public et par la rareté des accidents ayant entraîné une irradiation aux conséquences sérieuses.

Aussi propose-t-on la réglementation en matière de radioprotection comme modèle dont devraient s'inspirer nombre d'industries chimiques.

### 1-6-4. *L'existence de limites à l'amélioration de la radioprotection*

Deux notions se dégagent :

— l'une économique et scientifique. Dans la pratique, on arrête les efforts de limitation de dose lorsque les coûts correspondants sont très grands et apparaissent non justifiés eu égard à la diminution du détriment qui en résulterait ;

— L'autre de bon sens, parfaitement exprimée par le Pr Latarjet dans une publication sur les « implications biologiques de l'optimisation des irradiations » :

« On ne peut pas oublier que toute radiation artificielle s'ajoute à la radiation naturelle, et l'on doit prendre celle-ci en considération dès l'instant qu'on a affaire à des débits et à des doses du même ordre. Cette notion vient au premier plan lorsqu'il s'agit de fixer le point zéro, c'est-à-dire la dose à partir de laquelle tout incrément artificiel peut être vu comme le responsable potentiel d'un détriment. Certains prétendent que ce point zéro se trouve au niveau de l'irradiation naturelle, quelle qu'elle soit c'est-à-dire où qu'on soit, en sorte qu'aucun apport artificiel ne doit être négligé. Cette position n'est pas réaliste.

« En effet, l'irradiation naturelle varie approximativement entre 100 et 300 mrem par an selon l'altitude et la nature du sol (à l'exception de quelques « points chauds » peu étendus). Aucune statistique n'a révélé une augmentation du détriment dans les zones à 300 mrem, par rapport aux zones alluviales à 100 mrem. Certes, les statistiques qui concernent les populations des hauts plateaux andins sont peu précises (du fait du faible développement du secteur médico-social). En revanche, d'excellentes statistiques ont été faites dans des territoires à haute radioactivité naturelle, notamment en Scandinavie, aux USA, en Grande Bretagne et en France. Enfin, de très grandes villes comme Denver et Mexico ont fourni des statistiques crédibles. Aucune augmentation significative du détriment radiobiologique n'est apparue.

« Certains à ce sujet, ont posé une question qui reste conjecturale : la vie s'étant développée sous cette irradiation naturelle, n'est-il pas permis de penser que l'évolution a sélectionné des races qui lui sont parfaitement adaptées, au point de tirer profit de cette irradiation. Certains vont même plus loin, et prétendent que les faibles doses administrées à faible débit, comme l'irradiation naturelle, produisent des effets bénéfiques (jusqu'à 300 mrad par an).

« De tout ceci, il résulte qu'on peut en toute sécurité mettre le point zéro à 300 mrem (sans exclure la possibilité de le remonter ultérieurement). Ceci signifie qu'en un lieu où l'irradiation naturelle est de 100 mrem, une irradiation artificielle supplémentaire de 200 mrem reste en dessous du point zéro.

« Ceci signifie encore qu'à ceux qui prétendent que toute protection supplémentaire est bénéfique, et qu'il n'y a pas de niveau où la protection doit s'arrêter, on peut répondre : « Si, il y en a

un, c'est celui des fluctuations de l'irradiation naturelle ». Notons que la référence quantitative à l'irradiation naturelle est la plus « parlante » auprès du grand public. Celui-ci comprend qu'il est péril d'exiger, autour de Fessenheim, un niveau de radiation inférieur à celui qui règne naturellement dans les proches vallées vosgiennes, vallées que personne ne songe à évacuer.

« Ainsi, la composante subjective se trouve paradoxalement beaucoup plus marquée pour les risques à long terme, qui en toute hypothèse ne toucheront qu'une très faible partie de la population que pour les effets à court terme, immédiatement visibles, effets à seuil, qui eux intéressent systématiquement toute la population exposée à des doses supérieures au seuil. Aussi, la comparaison des risques peut difficilement prendre en compte la composante subjective. »

Les incidences de l'exposition aux rayonnements ionisants sur la santé de l'homme ayant été analysées, il convient à présent d'examiner dans quelle mesure l'accident de Tchernobyl est susceptible d'avoir des conséquences dans notre pays. A cette fin, il est indispensable d'examiner quelles ont été les retombées de cet accident sur notre territoire, et, au préalable, comment le contrôle des retombées radioactives est organisé dans notre pays.

## 2. — Les controverses portant sur le contrôle de la radioactivité

La façon dont le contrôle de la radioactivité est organisée dans notre pays a été contestée. Or, la qualité du contrôle est essentielle pour permettre de décider des mesures à prendre en cas d'accident. C'est pourquoi votre rapporteur a cherché à savoir comment se pratiquaient ces contrôles, si les personnes qui en étaient chargées présentaient les qualités de sérieux requises et dans quelle mesure les critiques formulées ici ou là étaient fondées.

### 2-1. *La qualité des responsables du contrôle*

Plusieurs organes sont officiellement habilités à réaliser les contrôles de radioactivité sur l'ensemble du territoire français, le service central de protection contre les rayonnements ionisants ayant une vocation générale en ce domaine. Par ailleurs d'autres organismes effectuent, de fait, un certain nombre de mesures.

### 2-1-1. *Le SCPRI*

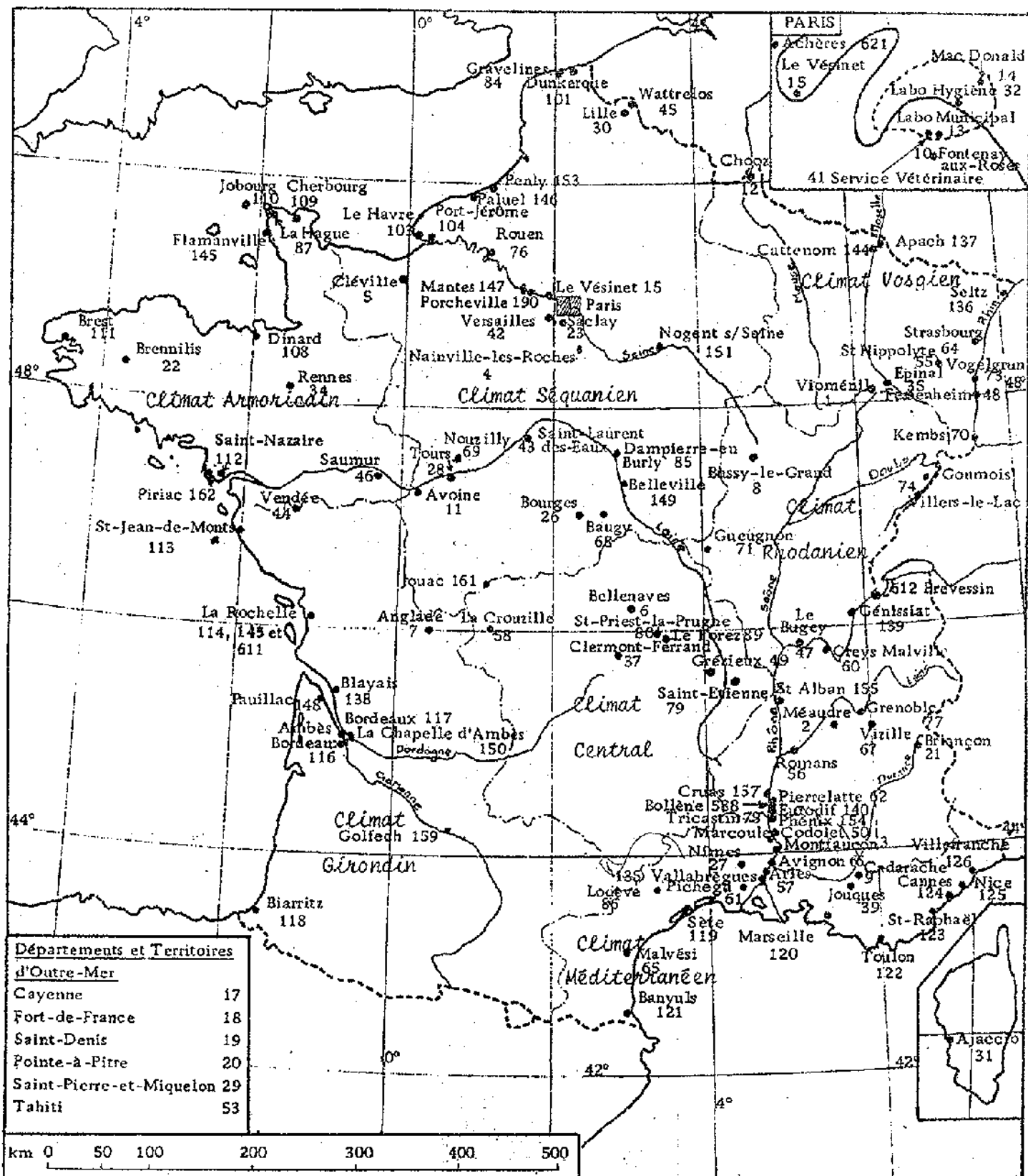
Le service central de protection contre les rayonnements ionisants a été créé au sein de l'INSERM par un arrêté du 13 novembre 1956 et placé sous la tutelle du ministère de la Santé, alors que le secteur nucléaire civil relève du ministère de l'Industrie. Le SCPRI a reçu une triple mission : recherche, assistance en matière de radioprotection et contrôle. C'est ce dernier aspect que votre rapporteur se doit d'étudier ici. La loi N° 61-842 du 2 août 1961 donne aux agents du SCPRI une compétence générale pour effectuer les contrôles et constater d'éventuelles infractions « en ce qui concerne les pollutions de tous ordres causées par des substances radioactives ».

Pour mener à bien cette mission de contrôle, le SCPRI dispose de 90 stations de prélèvement réparties sur le territoire national permettant d'effectuer 50.000 prélèvements divers chaque année (cf carte n° 1) et d'un personnel hautement qualifié comportant notamment 150 médecins, ingénieurs et techniciens spécialisés en radioprotection. Outre le contrôle de l'environnement naturel, le SCPRI assure la surveillance systématique de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants dans les différents secteurs concernés : médecine, industrie nucléaire, industrie traditionnelle, recherche. Il dispose à cet effet d'un laboratoire de contrôle médical permettant le contrôle de 4500 personnes par an.

La qualité et le sérieux des travaux du SCPRI est par ailleurs attestée par sa reconnaissance depuis 1969 en tant que centre international de référence par l'O.M.S. (organisation mondiale de la santé). A ce titre il entretient des contacts avec de nombreux pays et effectue des intercomparaisons permettant le contrôle de la qualité des mesures de radioprotection sur le plan mondial.

### 2-1-2. *Les actions de contrôle exercées sous l'égide du ministère de l'agriculture*

Le service vétérinaire d'hygiène alimentaire dispose d'un réseau de 17 centres de surveillance des radiations ionisantes couvrant le territoire français. Des sections locales de radiobiologie ont en effet été créées dans les laboratoires des services vétérinaires départementaux entre 1969 et 1971 et ces moyens ont été renforcés après Tchernobyl. Leur répartition est retracée par la carte n° 2.



**DEBITS MOYENS DES COURS D'EAU**  
(sur les 15 dernières années)

COURS D'EAU	POINT DE MESURE	DEBIT m <sup>3</sup> /s	COURS D'EAU	POINT DE MESURE	DEBIT m <sup>3</sup> /s
SEINE	Troyes	27	RHONE	Beucaire	1630
	Paris (Austerlitz)	257		ISERE	Romans-sur-Isère
MEUSE	Chooz	137	DURANCE	Cadarache (aval)	2
MOSELLE	Toul	63	GARONNE	Marmande	545
RHIN	Strasbourg	1130	DORDOGNE	Bergerac	286
SAONE	Chalon-sur-Saône	163	LOIRE	Montjean	825





Ces sections mesurent régulièrement la radioactivité dans différents produits d'origine animale afin de contrôler le passage des radionucléides artificiels dans la chaîne alimentaire. Une banque centrale de données fonctionne depuis 8 ans au Laboratoire central d'hygiène alimentaire : elle regroupe les résultats des enquêtes menées chaque année dans les différentes sections.

#### 2-1-3. *Le service de la répression des fraudes*

Ce service, rattaché depuis quelques années au ministère de l'économie et non plus de l'agriculture a également une mission de contrôle de la radioactivité pour toutes les denrées autres qu'animales. Toutefois, à la différence du SCPRI ou du service vétérinaire d'hygiène alimentaire, il ne possède pas de centres de contrôle propres sur l'ensemble du territoire. Il intervient donc essentiellement à partir des contrôles réalisés par le SCPRI pour déterminer la conduite à tenir en cas d'augmentation de la radioactivité.

#### 2-1-4. *Autres organismes*

Seuls les services qui viennent d'être évoqués ont une compétence s'étendant à l'ensemble du territoire français. Cependant d'autres organismes effectuent également des mesures dans une aire géographique déterminée ou pour un type de produit particulier. C'est par exemple le cas de l'Institut de recherches et d'application médicales des isotopes radioactifs (I.R.A.M.I.R.) institut universitaire rattaché à la faculté de médecine de Marseille. Cet institut est notamment chargé d'une mission de contrôle des effluents radioactifs liquides du centre de Cadarache et effectue à ce titre des mesures de la radioactivité. Enfin, certains organismes non officiels ont été créés à l'instigation de mouvements écologistes. On citera par exemple la Commission régionale indépendante d'information sur la radioactivité (CRIIRAD) qui a notamment fait état d'analyses réalisées dans la Drôme sur les fourrages.

Le nombre et la qualité des organismes officiels chargés de pratiquer les contrôles de radioactivité permettent de penser que ceux-ci sont assurés de façon satisfaisante et que toute augmentation de radioactivité, même minime serait rapidement décelée.

## 2-2. *La complexité des opérations de contrôle*

Une visite effectuée dans les locaux du SCPRI au Vésinet a permis à votre rapporteur de prendre conscience de la complexité des opérations que suppose un contrôle rigoureux des variations de taux de radioactivité. Il ne suffit pas en effet de se promener avec un compteur Geiger pour mesurer valablement d'éventuelles augmentations de la radioactivité. Le contrôle de la radioactivité nécessite plusieurs opérations successives : il suppose tout d'abord un nombre important de prélèvements réalisés de façon continue. C'est ainsi que le SCPRI effectue chaque année plus de 40.000 prélèvements d'air, d'eau de pluie, d'eau de ruissellement; de végétaux, de lait, de céréales, de poisson etc... ce qui nécessite des installations et une organisation rigoureuses ainsi que la coopération avec certains organismes tels que l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes ou la météorologie Nationale. Pour obtenir des résultats significatifs, il est important que les prélèvements, soient effectués dans des conditions parfaitement définies et reproductibles. Les produits ainsi prélevés subissent ensuite une préparation spécifique pour chacun d'entre eux avant que les mesures proprement dites soient effectuées.

Les échantillons ainsi mis en forme subissent ensuite des séparations radiochimiques permettant d'identifier avec précision la nature chimique des substances radioactives qu'ils peuvent contenir.

On peut alors procéder aux mesures de radioactivité proprement dites. Le SCPRI dispose à cet effet d'une salle de 100 compteurs à très faible bruit de fond : ces compteurs à électronique intégrée comportent chacun une protection d'une tonne de plomb et sont desservis par un pont roulant. Les échantillons sont mesurés et identifiés automatiquement et chaque compteur est relié, à partir de microprocesseurs au centralisateur de données de la salle de commande. La capacité de comptage de cette installation est de plus de 5000 échantillons par jour.

D'autres substances radioactives peuvent être identifiées et mesurées directement par radiospectrométrie.

Enfin les mesures de radioactivité ainsi effectuées sont soumises à un contrôle de qualité, fondé sur des étalonnages métrologiques répétitifs auxquels toutes les mesures sont comparées sur ordinateur. Etant donné les faibles niveaux des radioactivité surveillées en temps normal, il importe en effet, pour obtenir des résultats significatifs, d'éliminer, autant que faire se peut, les marges d'erreur qui pourraient être plus grandes que la radioactivité à mesurer elle-même.

Cette brève description des opérations que suppose tout contrôle sérieux de la radioactivité conduit à penser que ce type de contrôle ne peut s'improviser mais doit être effectué, comme c'est le cas en France, par des organismes spécialisés, bien équipés et dont la compétence ne peut être mise en doute.

### 2-3. *Des contrôleurs contestés*

Les organismes de contrôle, principalement le SCPRI ont fait l'objet de critiques à la suite de l'accident de Tchernobyl. En réalité, ce n'est pas la qualité même du contrôle, généralement reconnue, qui a été mise en cause. On s'accorde à admettre que le réseau de surveillance de la radioactivité est quantitativement et qualitativement suffisant. Toutefois, le statut des organismes chargés de la surveillance a été plus d'une fois critiqué : c'est tout d'abord le manque d'indépendance d'institutions jugées soumises au gouvernement et par là même suspectes, qui a été mis en cause. Le fait que le SCPRI dépende du ministère de la Santé, les services vétérinaires du ministère de l'agriculture nuit à leur crédibilité. D'où l'idée, émise ici ou là, de créer une Haute autorité du nucléaire, dont les compétences ne se limiteraient pas à la réalisation des mesures de contrôle de la radioactivité.

Une deuxième critique formulée à l'encontre des services de contrôle porte sur leur caractère centralisé : la prépondérance du SCPRI, son monolithisme rendraient son action suspecte. En réalité, ces critiques, si elles soulèvent de vrais problèmes, ne concernent pas réellement le contrôle proprement dit, mais bien plutôt la manière dont les résultats en ont été diffusés et expliqués et renvoient à la question plus générale de l'information en cas de crise nucléaire qui sera évoquée plus loin. Elles reflètent également les difficultés que soulève l'interprétation des mesures, du fait des controverses relatives aux limites de radioactivité admissibles.

La seule réserve qui paraît justifiée en ce qui concerne l'organisation du contrôle lui-même tient au manque de concertation entre les services concernés ; ceux-ci donnent en effet l'impression de travailler isolément, sans tenir compte de ce qui peut être fait ailleurs, d'où peut-être, dans certains cas, des doubles-emplois inutiles.

Par ailleurs la spécialisation par produit qui justifierait l'exercice de contrôles distincts par les services de la répression des fraudes, chargés de la surveillance des produits végétaux d'une part et par le service d'hygiène alimentaire du ministère de l'agriculture, chargé de celle des produits d'origine animale d'autre part, paraît assez arbitraire, notamment pour certains produits, tels que les fourrages dont la contamination a des répercussions directes sur les denrées animales.

Le contrôle de la radioactivité paraît donc, dans l'ensemble, convenablement assuré. Les retombées de l'accident de Tchernobyl sur la France ont ainsi pu être correctement appréciées.

### 3. — Les retombées sur la France : mythes et réalités

La question des retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl en France a également donné lieu à polémique : l'ampleur des retombées, leurs conséquences sur la santé publique, les éventuelles mesures à prendre ont été controversées.

#### 3-1. *Les retombées en France*

Le passage du nuage radioactif sur le territoire français a été fonction de l'évolution de la situation météorologique après l'accident survenu le 26 avril 1986 à 1 h 23. Les poussières radioactives émises par la centrale à partir de ce moment ont été dans un premier temps entraînées par un vent de Sud-Est vers les pays scandinaves. A partir du 29 avril, l'anticyclone des Açores, centré sur la France se déplaçait vers le Nord-Est repoussant la dépression centre-européenne. Un renversement de vent, intervenu à partir du 30 avril, a entraîné une partie de l'aérosol radioactif vers la méditerranée ; celui-ci a alors atteint le Sud-Est de la France dans un premier temps puis, à partir du 1<sup>er</sup> mai et pendant 3 heures environ les 3/4 du pays. A partir du 2 mai les poussières radioactives ont été repoussées vers le Nord et l'Est et évacuées progressivement en raison des vents de Sud puis d'Ouest amenés par une perturbation atlantique.

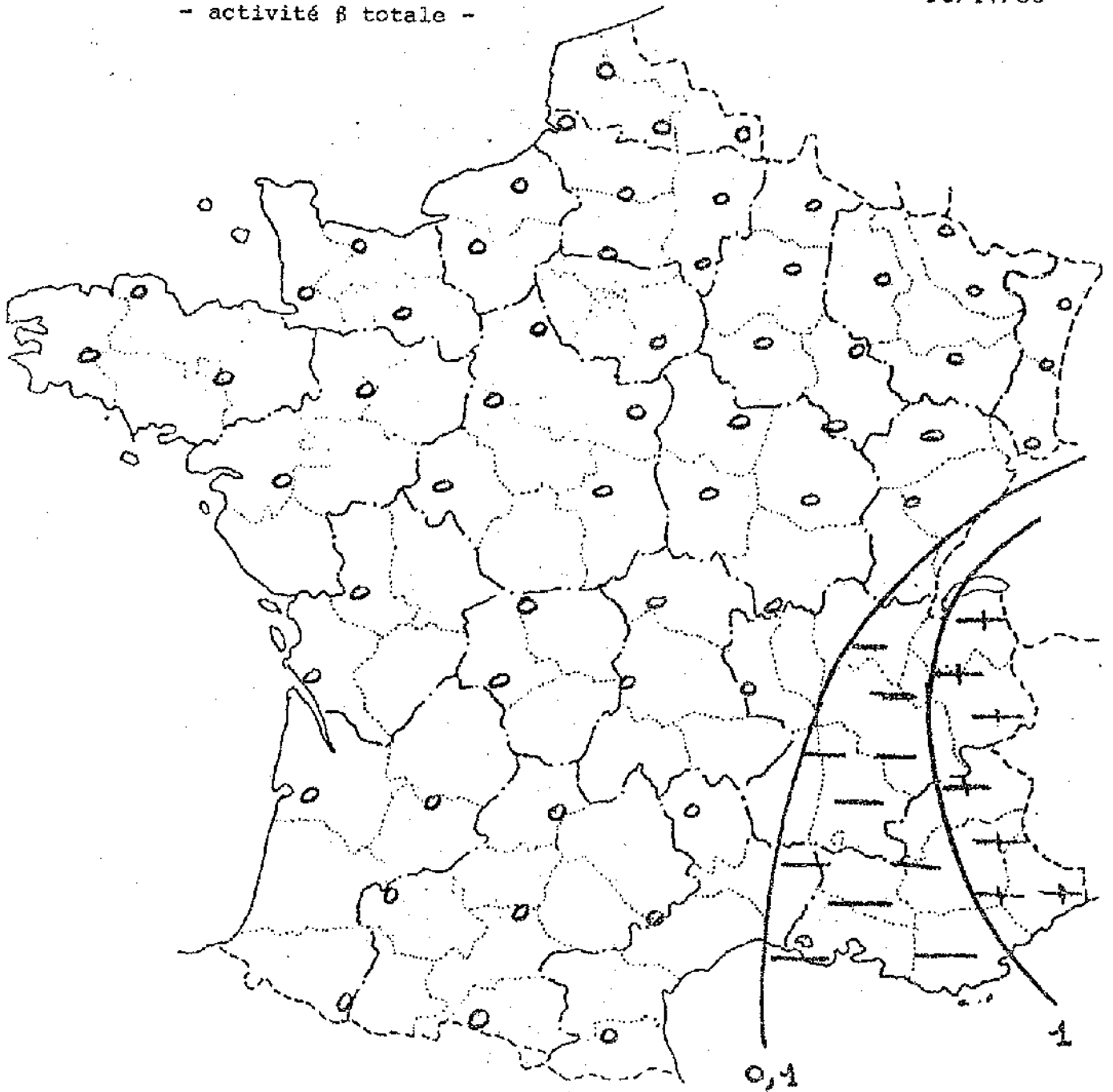
Les cartes de radioactivité bêta totale des poussières atmosphériques établies quotidiennement par le SCPRI du 30 avril au 6 mai 1986 montrent bien les conséquences de l'évolution météorologique qui vient d'être rappelée. Cf. CARTES N° 3 à 9.

POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

(Bq/m<sup>3</sup>)

30/IV/86

- activité β totale -



○ ○ ○ < 0,1 Bq/m<sup>3</sup>

— — — 0,1 à 1 "

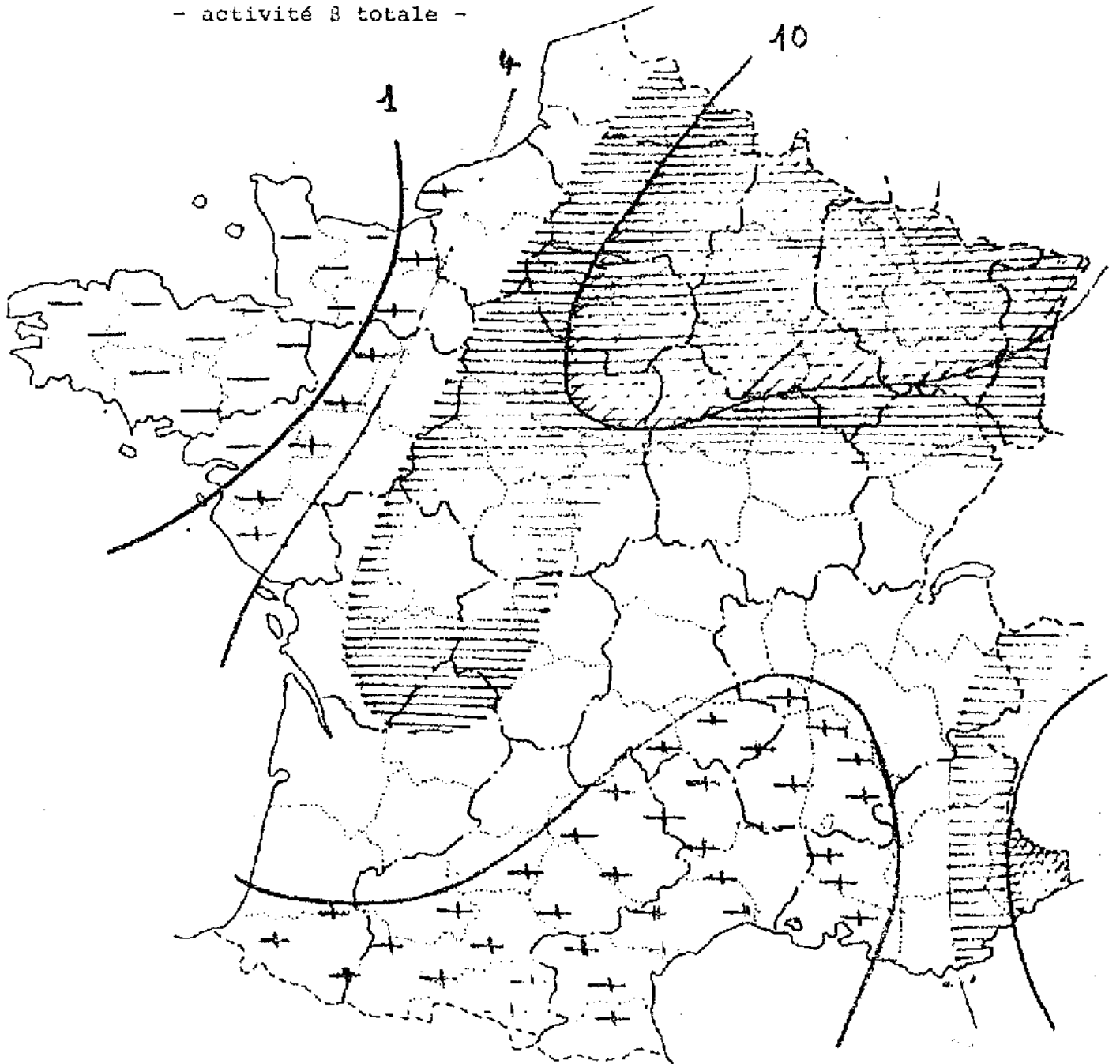
+ + + 1 à 4 "


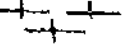

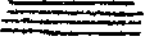
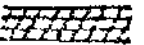
POUSSIÈRES ATMOSPHERIQUES

(Bq/m<sup>3</sup>)

1/V/86

- activité β totale -



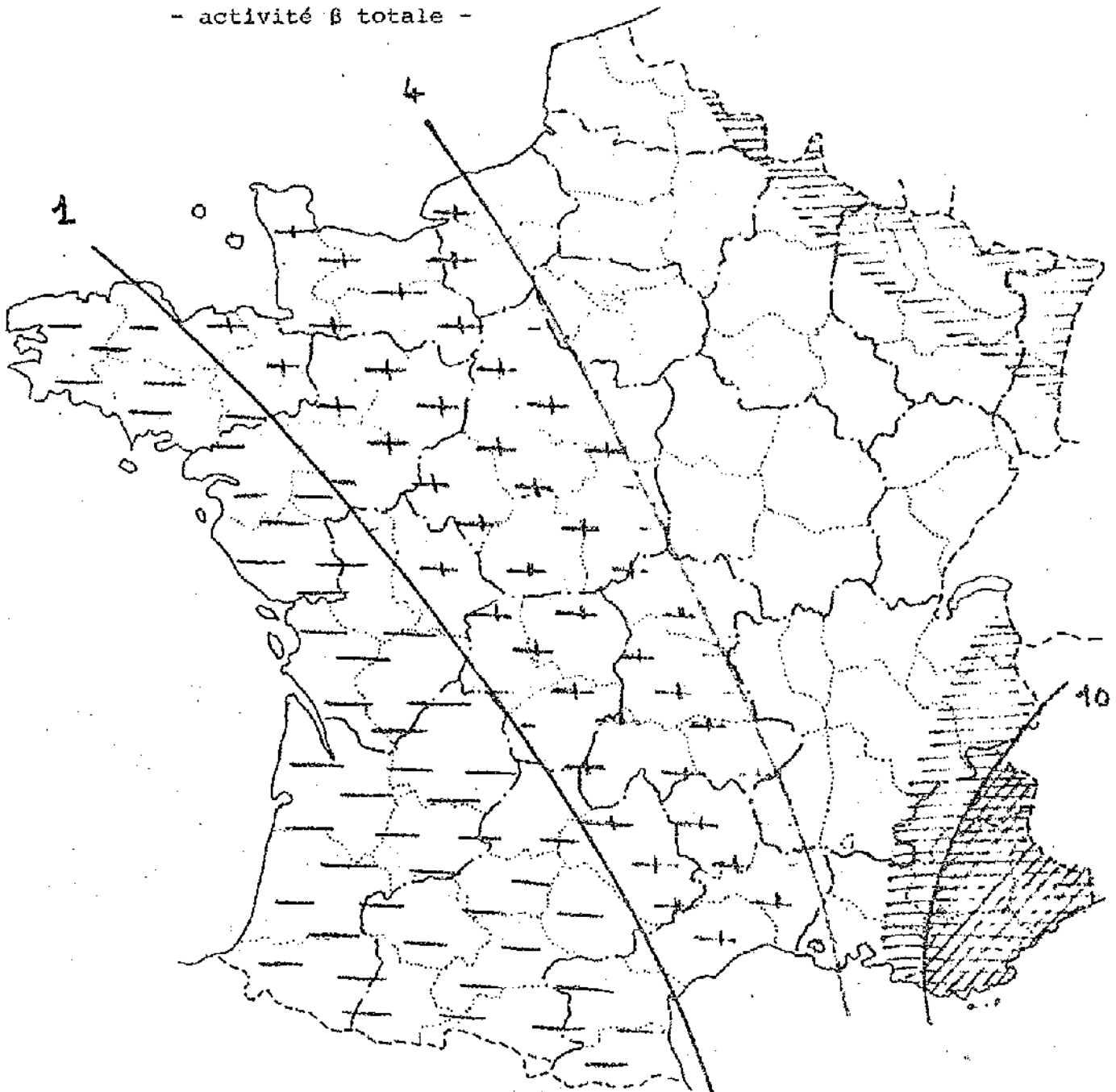
	0,1 à 1 Bq/m <sup>3</sup>
	1 à 4 "
	4 à 8 "
	8 à 10 "
	10 à 25 "

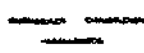
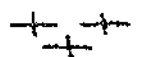
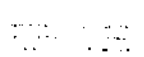
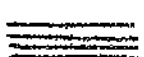
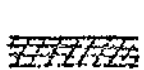
POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

(Bq/m<sup>3</sup>)

2/V/86

- activité β totale -



	0,1 à 1 Bq/m <sup>3</sup>
	1 à 4 "
	4 à 8 "
	8 à 10 "
	10 à 25 "

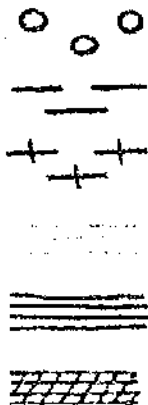
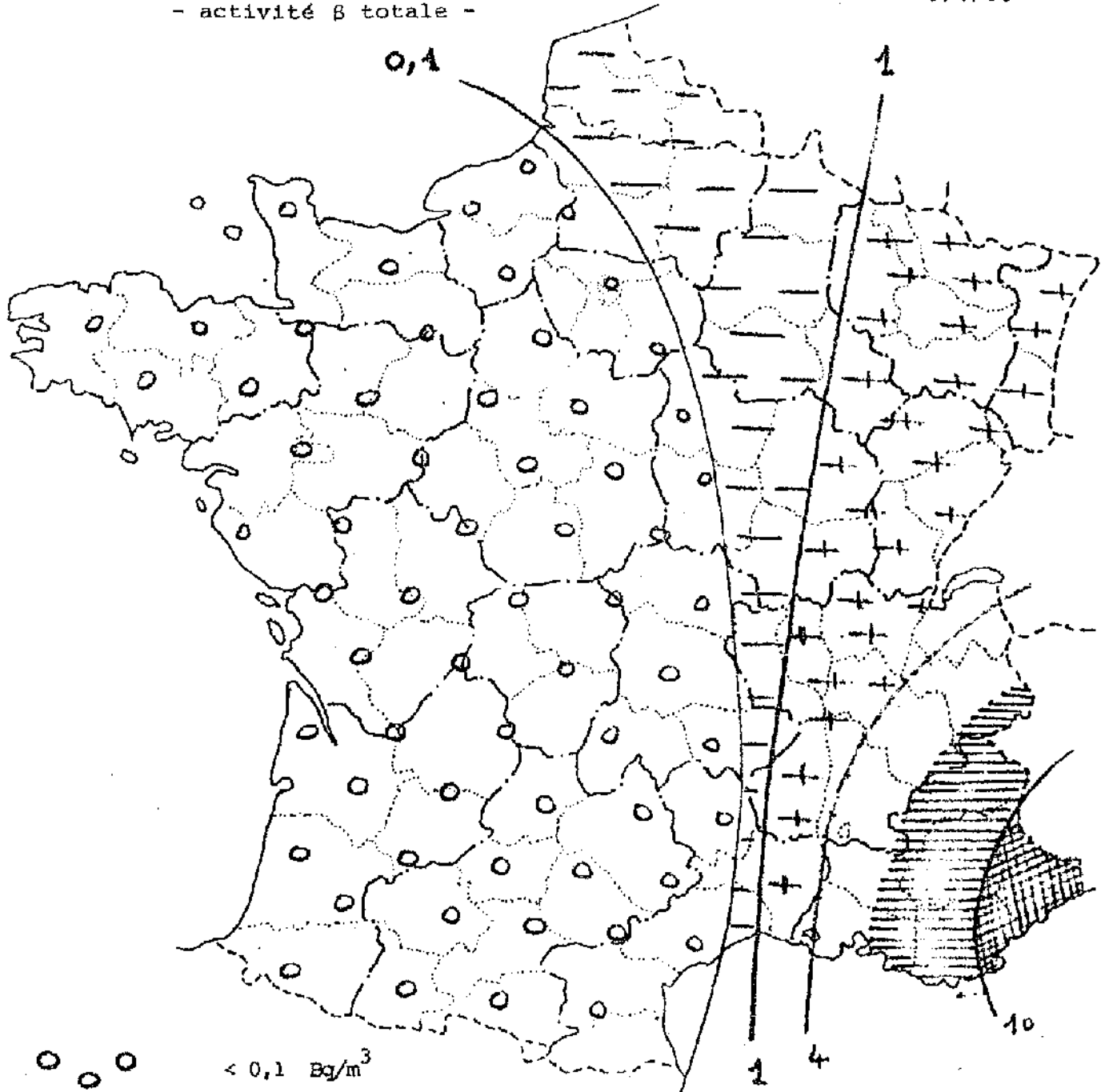


POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

(Bq/m<sup>3</sup>)

3/V/86

- activité β totale -



< 0,1 Bq/m<sup>3</sup>  
0,1 à 1 "  
1 à 4 "  
4 à 8 "  
8 à 10 "  
10 à 25 "

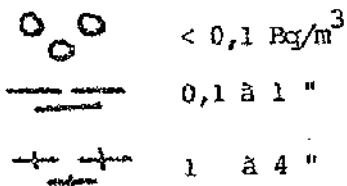
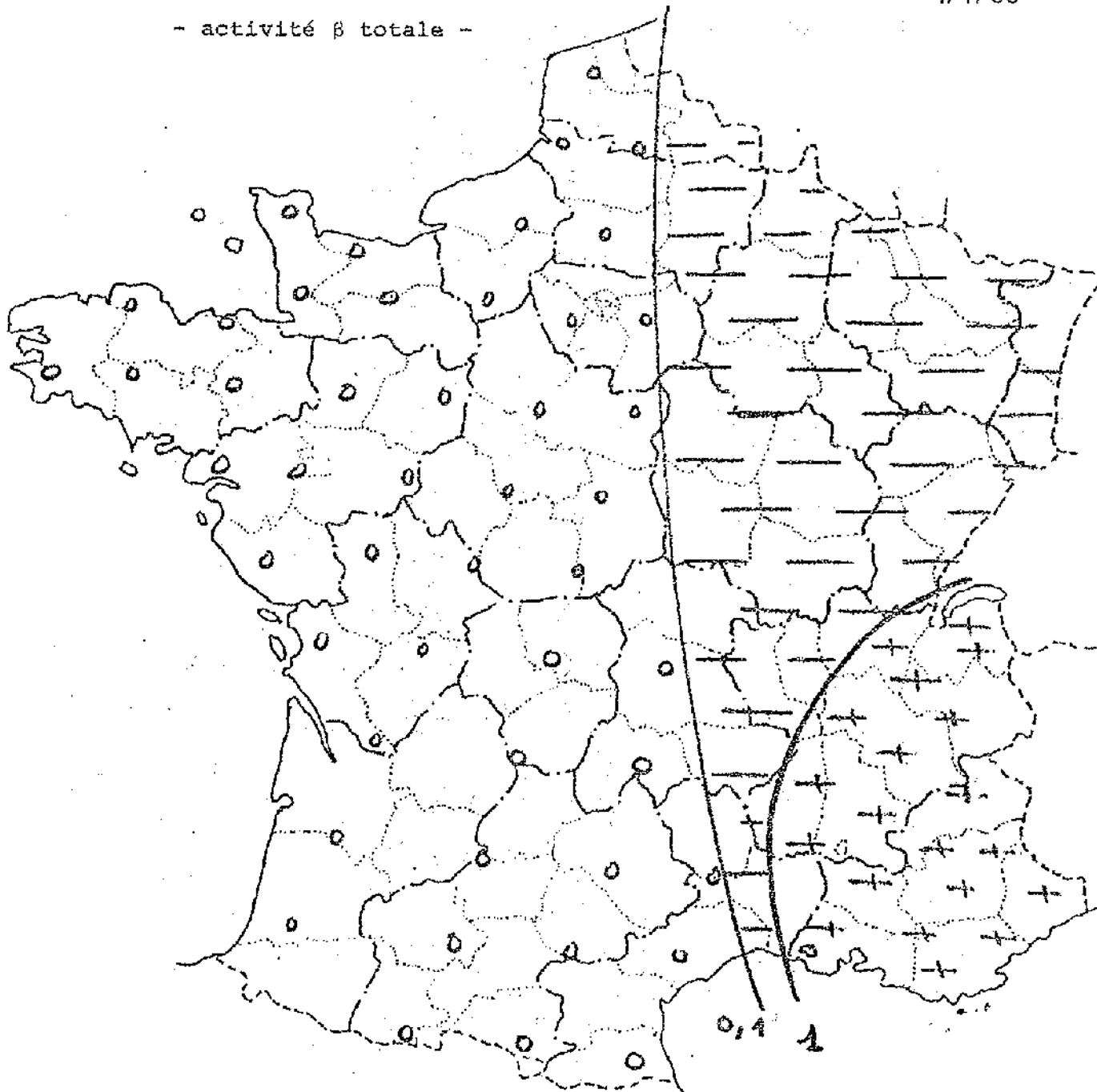
1 4 10

POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

(Bq/m<sup>3</sup>)

4/V/85

- activité  $\beta$  totale -

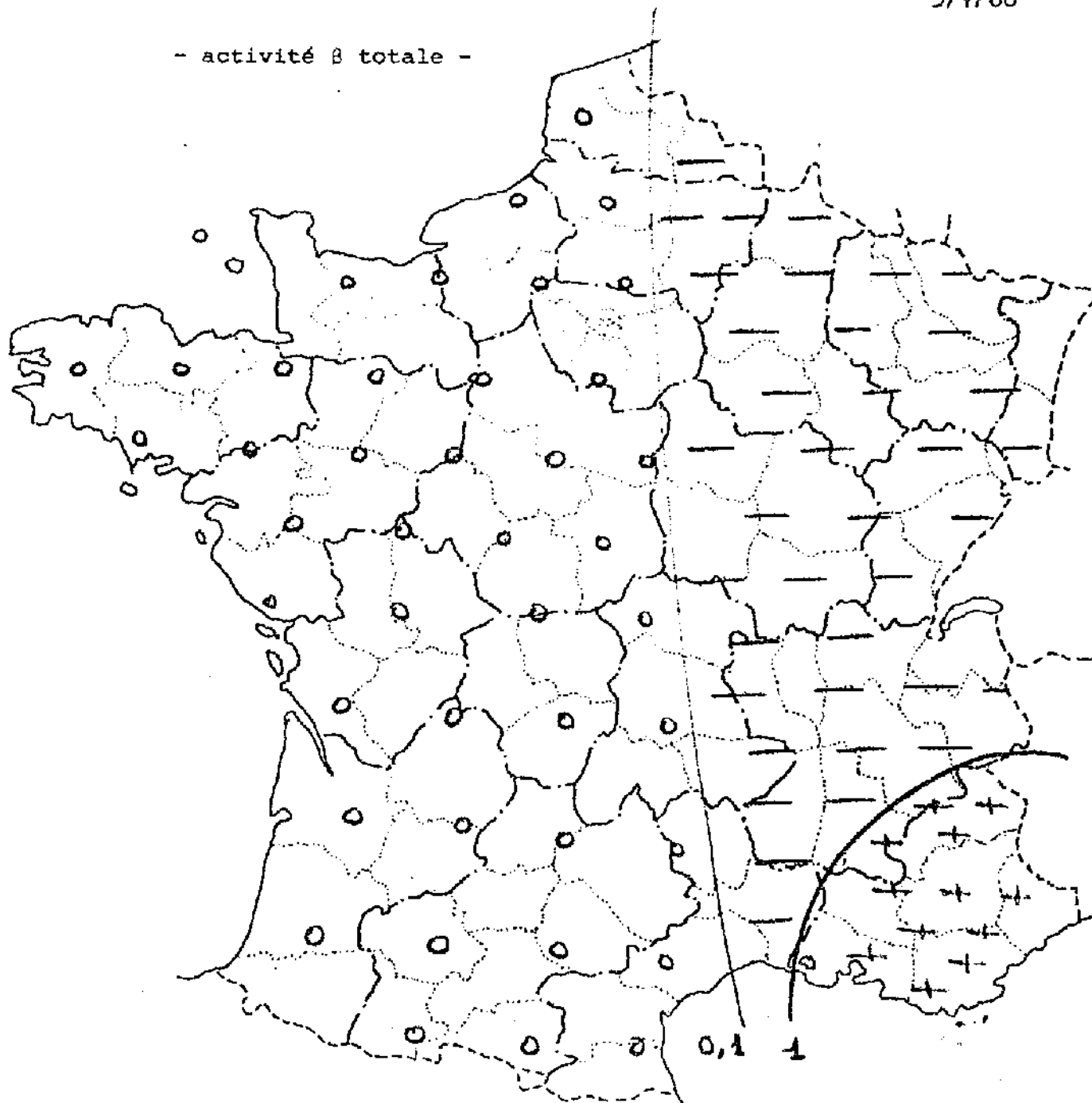


POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

(Bq/m<sup>3</sup>)

5/V/86

- activité β totale -



< 0,1 Bq/m<sup>3</sup>

0,1 à 1 "

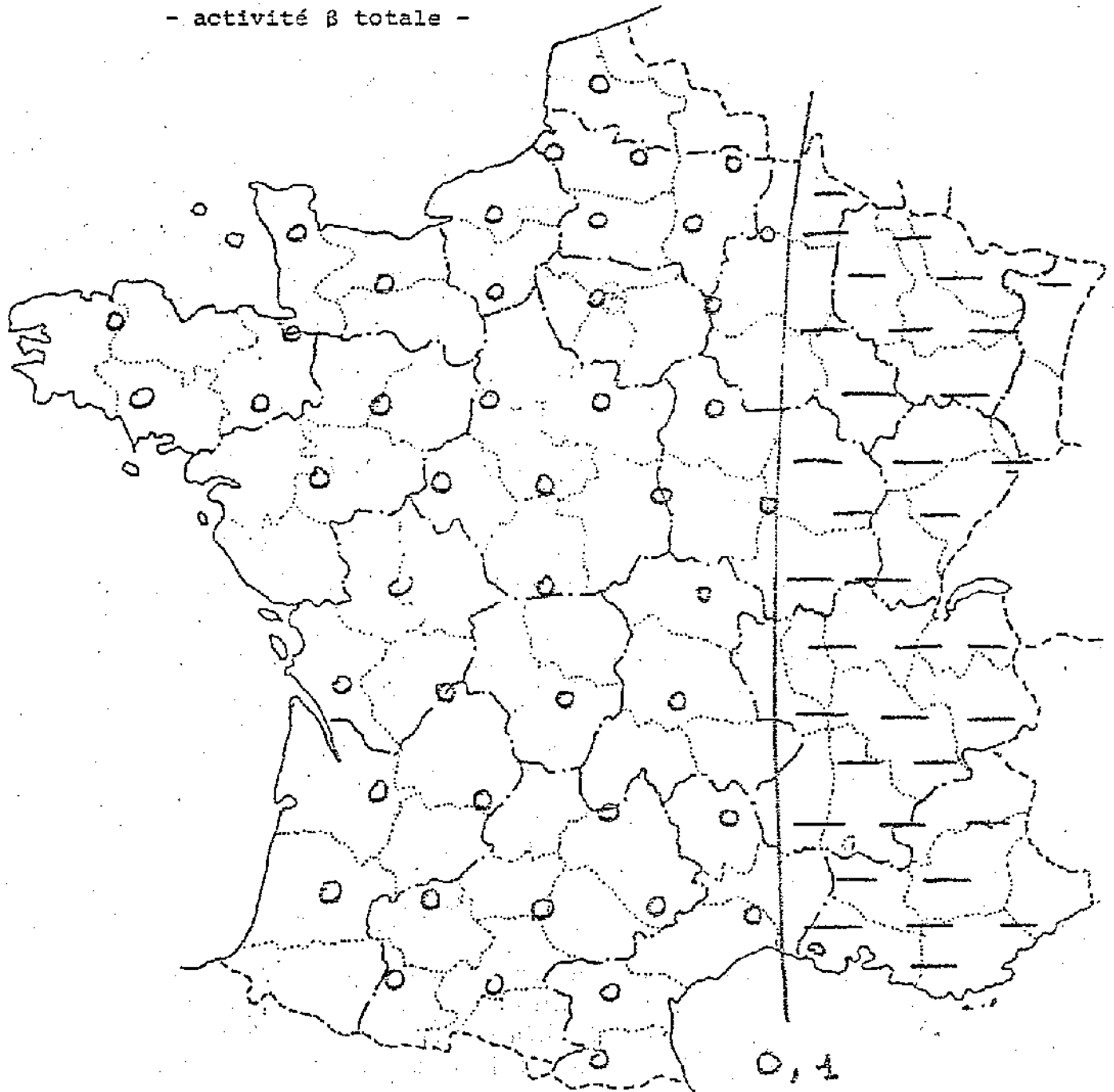
1 à 4 "

POUSSIÈRES ATMOSPHERIQUES

(Bq/m<sup>3</sup>)

6/V/86

- activité β totale -



< 0,1 Bq/m<sup>3</sup>

0,1 à 1 "

L'analyse de ces cartes montre que les régions les plus touchées ont été la pointe Sud-Est de la France et, à un moindre degré les régions du Nord-Est.

Les conséquences de ces retombées radioactives sur les denrées alimentaires produites en France sont retracées par les tableaux 2 et 3 ci-après.

Le tableau n° 2 montre l'évolution dans le temps de la contamination de 9 catégories de produits. Les résultats sont regroupés par quinzaine pour les mois de mai et juin, mensuellement pour juillet, août et septembre et sont exprimés en becquerels par kilogramme pour les trois principaux radioéléments émis par la centrale de Tchernobyl : iode 131, césium 134 et césium 137.

Le tableau n° 3 montre les variations de contamination par grande zone géographique ; les résultats des analyses sont regroupés en trois grandes zones géographiques :

- **NORD-EST** = Bourgogne, Franche-Comté, Champagne-Ardennes, Lorraine, Nord-Pas-de-Calais, Alsace, Ile-de-France, Haute-Normandie, Picardie.
- **SUD-EST** = Provence-Côte-d'Azur, Corse, Midi-Pyrénées, Auvergne, Limousin Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes.
- **OUEST** = Basse-Normandie, Aquitaine, Bretagne, Pays-de-Loire, Centre, Poitou-Charente.

### *3-2. Des retombées sans conséquence sanitaire significative*

Les informations les plus alarmistes ont circulé à propos des conséquences des retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl. En réalité, ces retombées ont été extrêmement faibles sur le territoire français, tant en regard de la radioactivité naturelle que des normes de doses admissibles, elles-mêmes fixées avec une grande marge de sécurité.

Le tableau n° 1, extrait d'un rapport des communautés européennes permet de relativiser les effets de l'accident de Tchernobyl par rapport à la radioactivité naturelle ou à la radioactivité due aux techniques médicales.

L'exposition aux radiations qui figure dans ce tableau a été calculée par le National Radiological protection board du Royaume-Uni pour l'adulte moyen et pour les trois voies d'exposition suivantes ; irradiation externe provenant du nuage et des dépôts au sol ; irradiation interne résultant de l'inhalation de matières en suspension dans l'air au cours du passage du nuage ; irradiation interne provenant de la consommation d'aliments contaminés.

Tableau n° 1

**Exposition de la population des 12 pays de la Communauté européenne à la suite de Tchernobyl**  
(Rapport Com. (86) 607, suite)

Pays	Dose sur 50 ans (Microsievert)
Grèce.....	610
R.F.A. ....	410
Italie.....	370
Irlande.....	210
Pays-Bas.....	110
Luxembourg.....	100
Danemark.....	100
Belgique.....	92
France.....	88
Royaume-Uni.....	49
Espagne.....	1,2
Portugal.....	0,3

Ce tableau permet par ailleurs de constater que la France a été l'un des pays d'Europe les moins touchés par les retombées ; cette situation s'explique par l'évolution météorologique évoquée plus haut ; la dispersion des matières radioactives a été très étendue sur l'Europe mais très inégale, l'importance des retombées au sol dépendant fortement des précipitations locales.

La contamination des aliments résultant du passage du nuage radioactif sur la France est décrite dans les tableaux n° 2 et 3.

Il faut souligner que ce sont les valeurs moyennes qui sont les plus significatives du niveau de contamination, les valeurs maximales étant souvent exceptionnelles ou rencontrées sur une seule catégorie de produit particulièrement sensible.

Tableau n° 2

Répartition des résultats de dosage des radio éléments par régions

Catégorie de produits	Radio éléments	Nombre total prélèvements	Nord-Est			Sud-Est			Ouest		
			Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum
Lait liquide	I131 Cs134 Cs137	930	290	23 6 2	258 127 54	286	33 9 23	719 118 223	354	11 1 1	200 7 29
Produits laitiers	I131 Cs134 Cs137	503	255	9 4 11	264 267 385	141	29 1 10	348 43 106	107	5 0 0	201 0 0
Poudres de lait de lactoserum	I131 Cs134 Cs137	508	394	2 3 8	94 46 97	9	51 37 63	206 134 195	105	1 0 0	27 9 12
Viandes	I131 Cs134 Cs137	142	21	0 0 0	0 0 0	15	5 4 7	51 20 44	106	0 0 0	0 0 0
Abats	I131 Cs134 Cs137	205	31	0 7 16	0 56 164	139	4 46 78	151 622 1 188	35	10 0 0	80 0 0
Fruits	I131 Cs134 Cs137	134	17	0 5 11	0 79 180	93	0 1 10	2 15 360	24	0 0 0	0 0 0
Légumes	I131 Cs134 Cs137	979	494	71 0 24	2 600 60 520	258	25 1 16	650 50 580	227	3 0 0	130 0 0
Céréales	I131 Cs134 Cs137	406	163	0 0 0	0 0 0	156	0 1 7	0 60 140	87	0 0 0	0 0 0
Autres denrées alimentaires	I131 Cs134 Cs137	281	107	23 2 3	760 106 90	31	0 7 10	0 80 180	143	8 1 1	345 5 5

Tableau 3

## Répartition des résultats de dosage des radio-éléments par périodes

Catégorie de produits	Radio éléments	Nombre total prélèvements	Du 1 <sup>er</sup> au 14 mai			Du 15 au 31 mai			Du 1 <sup>er</sup> au 14 juin			Du 15 au 30 juin			Juillet			Août			Septembre		
			Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum	Nombre Analyse	Moyenne	Maximum
Lait liquide	I131	930	278	32	456	25	719	6	156	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	6	0	0	
	Cs134		0	0	118	1	56	7	108	4	34	4	34	9	66	4	4	4	51	0	0	0	
	Cs137		1	1	174	2	140	15	223	10	90	21	144	9	127	0	0	0	0	0	0	0	
Produits laitiers	I131	503	38	42	348	52	340	2	46	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	98	0	0	
	Cs134		0	0	0	1	50	3	65	1	14	4	136	7	267	0	0	0	0	0	0	0	
	Cs137		9	9	170	10	110	5	121	8	45	15	385	11	272	0	0	0	0	0	0	0	
Poudres de lait de lactosérum	I131	508	30	3	27	21	206	3	37	0	5	0	8	0	13	0	0	0	0	99	0	0	
	Cs134		0	0	0	12	134	3	47	10	31	4	44	1	22	0	0	0	0	0	0	13	
	Cs137		0	0	7	24	195	5	102	22	57	11	86	2	40	0	0	0	0	0	0	1	30
Viandes	I131	142	9	0	0	6	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	
	Cs134		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	Cs137		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
Abats	I131	205	8	4	9	6	151	8	89	5	50	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	
	Cs134		0	0	0	35	622	11	235	9	163	37	391	29	163	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cs137		0	0	0	38	977	276	539	28	495	110	1188	75	495	0	0	0	0	0	0	0	0
Fruits	I131	134	0	—	—	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	
	Cs134		0	—	—	0	0	3	10	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	45	2	79	
	Cs137		0	—	—	4	95	17	60	2	30	7	70	7	360	0	0	0	0	0	0	0	
Légumes	I131	979	105	200	2.600	37	650	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0		
	Cs134		0	0	0	0	60	1	30	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	
	Cs137		39	39	520	19	580	2	80	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
Céréales	I131	406	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	
	Cs134		0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	50
	Cs137		0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	120
Autres denrées alimentaires	I131	281	39	72	760	9	150	5	33	11	160	0	0	0	0	0	0	0	1	18	0	0	
	Cs134		0	0	0	2	45	1	12	1	29	0	22	2	106	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cs137		7	7	90	1	25	1	10	0	12	1	26	1	16	0	0	0	0	0	0	14	180



Les résultats de ces contrôles doivent être appréciés en fonction des normes de protection sanitaires fixées en radioprotection. Il convient à cet égard de rappeler que la Commission internationale de protection radiologique a, en 1977 recommandé un système de limitation de dose fondé sur deux principes :

— Les doses reçues par des individus ne doivent pas dépasser les limites recommandées.

— Toute exposition doit être réduite autant qu'il est raisonnablement possible de le faire. C'est le principe dit « d'optimisation » de la radioprotection.

Les réglementations propres à chaque Etat sont fondées sur les recommandations de la CIPR. En ce domaine, la France est liée par les articles 30 et 31 du Traité de Rome stipulant que les Etats membres doivent appliquer les directives d'Euratom qui reprennent les recommandations de la CIPR.

Les normes de base sanitaires d'Euratom définissent, pour chaque radioélément, une limite annuelle d'incorporation (L.A.I.). Cette limite permet de définir la quantité maximale du radioélément considéré que peut ingérer en un an une personne sans courir de risque pour sa santé. Cette LAI a été fixée :

- pour le césium radioactif à 300.000 Bq/an,
- pour l'iode radioactif à 100.000 Bq/an.

A partir de ces LAI il est possible de déterminer le poids maximal d'un élément donné, avec un taux de contamination donné qui peut être ingéré sans risque sanitaire.

Quelques exemples permettent de le comprendre : soit un lait contenant 60 Bq de césium par litre. Admettons que l'on consomme 1 litre de ce lait chaque jour durant un an : le consommateur théorique n'ingérerait pas plus de  $60 \text{ Bq/l} \times 365$  soit environ 20 000 Bq/an soit  $1/15^{\text{e}}$  de la LAI des normes Euratom. Il faudrait, pour atteindre la LAI, en consommer 5 tonnes dans l'année.

Prenons un 2<sup>e</sup> exemple : supposons un thym d'activité spécifique en césium de 3000 Bq/kg. Admettons que l'on consomme un gramme de ce thym chaque jour durant un an : le consommateur n'ingérerait pas plus de 1000 Bq par an soit  $1/300^{\text{e}}$  de la LAI. Pour atteindre la LAI avec un tel thym, il faudrait qu'une même personne en consomme 100 Kg dans l'année.

C'est en considérant une ration type quotidienne permettant une évaluation correcte des ingestions annuelles que les pouvoirs publics doivent décider s'il y a lieu ou non de prendre des mesures particulières. Les menus type suivants pour les repas d'une journée permettent de se rendre compte que la radioactivité supplémentaire constatée en France à la suite de l'accident de Tchernobyl restait bien en deçà des limites admises dans des circonstances normales.

Composition-type de 3 repas d'1 jour	Mi-mai				Juillet			
	Total Bq	<sup>131</sup> I Bq	<sup>134</sup> Cs Bq	<sup>137</sup> Cs Bq	Total Bq	<sup>131</sup> I Bq	<sup>134</sup> Cs Bq	<sup>137</sup> Cs Bq
<i>Petit déjeuner :</i>								
Café au lait 200 g.....	21	18	1	2	3	NS	1	2
Pain (50 g).....	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Déjeuner :</i>								
Hors d'œuvre 100 g choux.....	40	20	8	12	1	NS	NS	1
Steak bœuf 150 g.....	7	5	1	1	3	NS	1	2
Légumes (courgettes) 200 g.....	20	12	3	5	NS	NS	NS	NS
Salade 100 g.....	11	6	1	4	1	NS	NS	1
Fromage de vache 50 g.....	4	2	1	1	1	NS	NS	1
Dessert (fruits) 100 g.....	5	2	1	2	2	NS	1	1
Pain 100 g.....	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Dîner :</i>								
Viande de cheval 120 g.....	15	12	1	2	7	NS	3	4
Épinards 120 g.....	65	36	9	20	1	NS	NS	1
Salade 100 g.....	11	6	1	4	1	NS	NS	1
Fromage de chèvre 50 g.....	8	5	1	2	5	NS	2	3
Dessert lacté 100 g.....	6	4	1	1	2	NS	1	1
Pain 100 g.....	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Eau de boisson 2 l.....	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Total ingéré par jour en Bq.....	213	128	29	56	27	NS	9	18
NS : non significatif								

Encore convient-il d'ajouter que les normes fixées par la directive Euratom sont conçues pour le fonctionnement normal des installations et ne s'appliquent pas, en principe, aux situations accidentelles pour lesquelles les niveaux d'intervention peuvent être nettement supérieurs.

Il faut donc relativiser les informations excessivement alarmistes données par certains media à la suite de la découverte de quantités élevées de radioéléments, de l'ordre de plusieurs milliers de becquerels, dans certains produits et dans certaines régions tels que le thym, certaines plantes aromatiques, certains foin ou ensilages. En ce qui concerne ces derniers, les chiffres de radioactivité doivent

être appréciés en tenant compte des coefficients de transfert figurant dans les documents Euratom. Si l'on prend l'exemple de la radioactivité la plus élevée décelée par le laboratoire départemental de la Drôme sur les foins et ensilages soit 6700 Bq par kilogramme, les coefficients de transfert permettent d'évaluer l'ingestion quotidienne maximale garantissant que l'on ne dépassera pas 600 Bq/kg dans la viande et 370 Bq dans le lait : celle-ci ne devra pas dépasser 30.000 Bq/j pour les vaches, 7500 Bq/j pour les moutons, 3000 Bq/j pour les chèvres.

Il suffit donc de s'assurer qu'une vache ne consomme pas plus d'environ 5 kg par jour de l'ensilage le plus actif pour garantir que les produits alimentaires correspondants respectent les limites autorisées.

Force est cependant de constater qu'une certaine confusion a régné à propos du danger des retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl constatées en France ; plusieurs raisons peuvent permettre de l'expliquer : l'incertitude concernant les effets des faibles doses de radioactivité déjà évoquée, les disparités très importantes des retombées dues aux facteurs météorologiques entre régions ou pays voisins, enfin le manque d'unité dans la fixation des limites de doses admissibles, ont en effet contribué à créer et entretenir la crainte et le doute dans l'opinion.

La complexité des questions relatives aux normes de radioprotection applicables en cas de crise a sans doute été déterminante pour expliquer l'existence de telles réactions.

Se pose tout d'abord la question de l'unité utilisée pour quantifier les grandeurs relatives à la radioprotection (cf annexe). Bien que les nouvelles unités aient été adoptées dans tous les pays européens, certaines mesures sont encore communiquées en anciennes unités notamment, pour ce qui concerne l'activité des radionucléides en Curies et non en Becquerels ce qui ne facilite guère les comparaisons !

Se pose ensuite le problème du niveau d'intervention qui permet de déterminer la quantité dont le dépassement impose l'application de mesures de protection. La détermination de ces niveaux d'intervention, relevant de la compétence de chaque Etat, on a pu constater une certaine cacophonie en la matière à la suite de l'accident de Tchernobyl. C'est ainsi que les valeurs de référence utilisées pour l'iode radioactif dans le lait ont varié entre 185 et 2 000 Bq par litre. De même, en ce qui concerne le césium 137 et

134 contenu dans le lait, des valeurs d'intervention comprises entre 300 et quelques milliers de becquerels ont été constatées. Pour les légumes, les fruits et la viande des écarts d'ampleur analogue ont été observés. Or, ces divergences n'ont pas pour seule origine les différences de mode d'alimentation qui peuvent exister d'un pays à l'autre et dont il faut tenir compte. Force est de constater que les niveaux de tolérance n'ont pas toujours été définis à partir de critères sanitaires. L'exemple des niveaux de tolérance provisoire définis par la CEE est à cet égard édifiant. Le règlement du Conseil du 30-5-1986 fixait à 370 Bq/kg pour le lait et 600 Bq/kg pour les autres produits, les limites à ne pas dépasser. Ces normes ne se fondent pas sur des critères purement scientifiques, mais essentiellement économiques visant à harmoniser les conditions d'importation des produits destinés à la consommation.

Dans ces conditions, on comprend aisément que le public ait du mal à savoir à quoi s'en tenir.

Si les retombées de Tchernobyl en France ont été correctement mesurées, et si leurs conséquences ont été valablement appréciées par les pouvoirs publics qui ont estimé, à juste titre, qu'aucune intervention n'était nécessaire, on doit néanmoins s'interroger sur les moyens dont ils disposeraient si une crise plus grave se produisait. La seule mesure de radioprotection prise en France à la suite de Tchernobyl a consisté à suspendre, par arrêté préfectoral, la commercialisation d'un lot d'épinards du Haut-Rhin; les conditions dans lesquelles cette décision a été prise, et la manière dont elle a été appliquée conduisent à se demander si les pouvoirs publics pourraient assurer efficacement la radioprotection de la population en cas de contamination radioactive. Toutefois, avant de tenter de répondre à ces questions qui seront abordées à la fin de la deuxième partie du présent rapport, il est nécessaire d'examiner un problème connexe, celui des conditions de l'information du public français à la suite de l'accident de Tchernobyl.

#### **4. L'information du public : l'échec et les leçons à en tirer**

La question de l'information a été au cœur des problèmes posés par l'accident de Tchernobyl.

La diffusion de l'information en France a fait l'objet de vives critiques; il importe donc d'examiner les faits avant d'en analyser les causes et de tenter d'en tirer des enseignements.

#### 4-1. *L'information dispensée en France après l'accident*

##### 4-1-1. *Rappel chronologique*

L'étude des medias durant les jours qui ont suivi l'accident de Tchernobyl permet de distinguer 2 périodes :

##### 4-1-1-1. Du 30 avril au 10 mai 1986

La première période commence à partir du moment où l'accident a été annoncé, soit vers le 30 avril ou le 1<sup>er</sup> mai et s'achève le 10 mai.

Au cours de cette période, c'est surtout les conséquences de l'accident en Union soviétique même qui font la une des journaux.

Les ministres concernés, essentiellement ceux chargés de la Santé et de l'Industrie n'interviennent pas. Le SCPRI en revanche informe régulièrement les agences de presse de l'évolution de la radioactivité. Toutefois, au cours de cette période, les dépêches de l'AFP établies à partir des communiqués du SCPRI, font état de données globales telles que, le 30 avril : « pas d'élévation significative de la radioactivité en France » ; le 1<sup>er</sup> mai : « légère hausse de la radioactivité atmosphérique, non significative pour la santé publique à partir des données recueillies mercredi (30 avril) dans la soirée » ; ou encore le 4 mai : « la baisse générale de la radioactivité au-dessus du territoire français annoncée le 2 mai s'est nettement accentuée sur les trois quarts ouest du pays, à part le Sud-est de la France où elle reste stationnaire ». Le même communiqué donne certaines informations plus précises en ajoutant « la radioactivité s'est en particulier réduite en moyenne à 20 picoCuries d'iode 131 par mètre<sup>3</sup> le 3 mai, soit environ le cinquième du niveau initialement atteint ».

La presse se fait plus ou moins l'écho de ces informations. Ainsi un encadré sur la 1<sup>ère</sup> page de France-Soir le 2 mai 1986 titre : « Nuage radioactif sur la France mais sans danger », tandis que l'article correspondant confirme « ça y est ! les premières particules radioactives atteignent la France ». Le Figaro pour sa part, après avoir annoncé le 29 avril « pour l'instant aucune radioactivité particulière n'a été décelée en France par le SCPRI », titrait le 2 mai « La France touchée à son tour » et précisait : « des particules radioactives ont été détectées dans le Sud-Est de l'hexagone. Mais en quantité trop faible pour présenter le moindre danger ».

Le journal Le Monde après avoir indiqué dans le numéro du 2 mai « les experts s'accordent pour dire que la France n'a aucun risque d'être contaminée par des matières radioactives en provenance de l'Ukraine et aucune trace suspecte de radioactivité n'a d'ailleurs été relevée en Alsace, ni ailleurs », notait cependant dans son numéro du 3 mai : « En France, des prélèvements (...), pratiqués par le laboratoire de radioactivité marine de Monaco ont confirmé la présence de particules émises par la centrale de Tchernobyl (...) en quantité suffisante pour laisser des traces mais trop faible pour représenter un quelconque danger ». Tandis que le numéro du 10 mai concluait ainsi un article intitulé « La France seule sereine » : « Tout se passe comme si les Français étaient aujourd'hui vaccinés contre la crainte du nucléaire ».

Le journal « Libération » se montre plus sceptique encore au sujet des informations officielles : — le numéro du 3-4 mai indique : « le SCPRI ne signalait aucune modification sensible de la radioactivité dans le Sud-Est par rapport à celle de mercredi. »

Le numéro du 5 mai dans un article intitulé « La France à l'abri de toute consigne » reprend un communiqué du SCPRI signalant une baisse de la radioactivité depuis le 4 mai.

Le numéro du 6 mai indique « le nuage a tout juste frôlé l'Est de la France » et celui du 7 mai ironise en titrant « La France miraculée » et indique en sous-titre « bien qu'ayant atteint le seuil radioactif légal, l'hexagone est resté peu arrosé par le vent « maudit » venu de l'Est. C'est le premier verdict des autorités, qui donnent cependant bien peu d'informations ». Enfin le numéro du 9 mai souligne « la quiétude française est pour le moins suspecte » et, après avoir relevé des taux inquiétants décelés en RFA, s'étonne que « l'Alsace et la Lorraine comme un flot paradisiaque échappent totalement à des retombées aussi importantes ».

#### 4-1-1-2. La polémique déclenchée à partir du 10 mai 1986

Le samedi 10 mai, invité du journal télévisé de 13 heures sur TF1, le Professeur Pellerin, directeur du SCPRI, communique les cartes de la radioactivité de l'air au sol en France du 30 avril au 5 mai.

Dans les jours qui suivent, une véritable polémique est déclenchée par certains organes de presse : Libération du 12 mai sort avec un gros titre « le mensonge radioactif » et indique (ce que France-Soir annonçait dès le 2 mai) : « les pouvoirs publics ont menti, le nuage radioactif de Tchernobyl a bien survolé une partie de l'Hexagone : le professeur Pellerin en a fait l'aveu 2 semaines après l'accident nucléaire ». Si cette campagne est à bien des égards excessive, votre rapporteur y reviendra, de leur côté, les pouvoirs publics donnent, durant cette période, l'impression de vouloir calmer le jeu en prenant des initiatives qui n'ont pas été, semble-t-il, toujours adaptées..

#### 4-1-2. *Les maladroites des pouvoirs publics*

Après être demeurés silencieux, les pouvoirs publics donnent à partir du 11-12 mai l'impression de vouloir se racheter et prennent des initiatives, parfois incohérentes ou contradictoires qui n'atteignent pas l'objectif escompté qui était de rassurer l'opinion et de calmer le jeu.

##### 4-1-2-1. Des déclarations parfois contradictoires

— A propos de la *diffusion de l'information*, le 14 mai, au cours d'une séance de questions d'actualité à l'Assemblée Nationale, le ministre de l'Industrie affirme à propos des retombées de l'accident sur le territoire français : « Personne ne peut dire que l'information n'a pas été donnée. Elle l'a été, même si c'est sous une forme qui n'a parfois pas été bien traduite par les medias » et reconnaît ensuite : « Mais il est apparu à cette occasion qu'il n'existait aucune structure capable de diffuser l'information dont disposent tous les services concernés et qu'il était nécessaire d'avoir une coordination ».

— De même en ce qui concerne les *seuils d'intervention*, le ministre souligne dans ses déclarations tant à l'Assemblée Nationale qu'au Sénat que la France a appliqué le seuil recommandé par l'OMS de 2 000 Bq. Il souligne le 23 mai au Sénat « qu'il ne faut pas confondre les seuils d'alerte qui sont extrêmement bas et les seuils de danger ; 2 000 becquerels n'est donc pas un seuil de danger pour la sûreté, ce n'est qu'un seuil au-delà duquel les pouvoirs publics doivent se poser la question de la politique à mettre en œuvre ». Pourtant la semaine précédente, devant l'Assemblée nationale, après avoir indiqué que le seuil de 2 000 Bq

n'avait été dépassé que dans le cas des épinards d'Alsace, il souligne que « l'administration compétente a aussitôt fait prendre par le préfet les mesures nécessaires » et d'ajouter « le seuil de 2 000 Bq par kilo d'épinards est un seuil très largement théorique ; il ne représente aucun danger pour la population française. Je peux vous dire qu'il faudrait que vous mangiez sans les laver 2 tonnes d'épinards dans les jours qui viennent pour que votre santé soit menacée ».

#### 4-1-2-2. Des décisions parfois incohérentes ou inadéquates

— La mesure prise à propos des épinards du Haut-Rhin semble avoir été décidée sous la pression des événements, mais sans réelle justification sanitaire.

En effet, la dose de 2 600 Bq relevée vers le 13 ou 14 mai était sans doute supérieure une semaine plus tôt (puisque'il s'agissait d'iode 131, dont la demi-vie est de 8 jours), les épinards ayant alors été consommés sans restriction. On peut par ailleurs douter que cette dose n'ait affecté que les seuls épinards.

D'autre part, comme l'a d'ailleurs souligné le Ministre de l'Industrie, une telle dose, même si elle dépassait la norme OMS ne présentait pas de réel danger pour la santé publique.

Force est de considérer que cette mesure a été prise pour répondre aux critiques formulées par les médias alors que la polémique déclenchée à partir du 10 mai battait son plein, et que les pays voisins de la France, la RFA notamment, prenaient des mesures d'interdiction hâtives et injustifiées sur le plan sanitaire.

— Dans un autre domaine, celui de l'information, la création, annoncée dès le dimanche 11 mai et réalisée deux jours plus tards, d'une structure interministérielle d'information nucléaire ne semble pas avoir constitué une réponse adéquate aux carences mises en évidence par l'accident de Tchernobyl. Cette structure avait pour objet de coordonner l'information dispensée par les différents ministères concernés : industrie, santé, environnement. Elle est dotée d'une cellule de spécialistes habilités à répondre aux journalistes sur les problèmes posés en cas d'incident dans le domaine nucléaire. Cette cellule comprenait des représentants de tous les ministères.



concernés ainsi que du CEA, du SCPRI, du SCSIN et d'EDF. Même si elle répondait à un besoin immédiat, le nombre d'appels reçus en témoigne, cette cellule d'information ne réglait pas le problème fondamental de l'information en cas de crise, celui de sa crédibilité (cf. infra).

#### 4-1-3. La perception des événements par l'opinion publique

Si l'on peut gloser sur les responsabilités des uns et des autres dans la manière dont l'information a été dispensée, une chose est certaine : la perception qu'en a eu l'opinion publique est très négative.

Dès le 12 mai, un sondage réalisé par l'Ipsos auprès de 800 personnes pour l'hebdomadaire VSD révélait que 63 % des personnes interrogées pensaient que l'on avait cherché à leur cacher la vérité pendant les deux premières semaines ayant suivi l'accident.

Plus révélateur encore parce que réalisé à froid, plusieurs mois après l'accident, un sondage publié par le supplément mensuel de l'Express de novembre 1986, montre l'état de l'opinion française vis-à-vis de l'information sur le nucléaire.

A la question : « Pensez-vous que l'on vous a dit la vérité sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl ? » 79 % des personnes interrogées ont répondu par la négative.

Cette méfiance de l'opinion vis-à-vis de l'information dispensée s'étend à toutes les sources d'information. En effet, à la question :

« Pour chacune des sources d'information suivantes, estimez-vous qu'elles disent la vérité ou qu'elles ne disent pas la vérité sur le nucléaire ? »

	Vérité	Mensonge	Sans opinion
Les techniciens responsables du programme nucléaire.....	23 %	64 %	13 %
Les hommes politiques.....	7 %	85 %	8 %
Les journalistes.....	25 %	65 %	14 %

Notons au passage, que le score de la presse n'est guère plus brillant que celui des responsables du nucléaire. Plus grave encore, le sentiment d'être mal informé ne se limite pas aux conséquences

de l'accident de Tchernobyl, mais concerne également les mesures de protection qui pourraient être prises en cas d'accident : à la question « avez-vous déjà été informés sur ce que vous devriez faire en cas d'accident dans une centrale nucléaire ? » 93 % des personnes interrogées répondent que non, ce pourcentage étant à peine plus faible près des centrales (81 %).

Enfin, 56 % des personnes interrogées estiment que les autorités françaises n'ont pas pris les mesures nécessaires pour assurer efficacement la protection des populations au cas où un accident se produirait dans une centrale nucléaire d'EDF.

L'échec de l'information sur le nucléaire en France est donc patent. Si l'on doit souligner que cette situation n'est pas propre à la France où, du moins toute panique a pu être évitée, ce qui n'est pas le cas dans certains autres pays, il importe d'analyser les causes de cet échec et d'essayer d'en tirer les leçons.

#### *4-2. Un échec dont il faut analyser les causes et tenter de tirer les leçons*

Si certains des reproches adressés aux pouvoirs publics français paraissent infondés, l'accident de Tchernobyl a cependant révélé certaines carences et permis de mesurer la difficulté d'informer et d'être compris dans un tel domaine.

##### *4-2-1. Des critiques excessives malgré des carences certaines*

Les critiques formulées contre les informations officielles dispensées à la suite de l'accident de Tchernobyl sont multiples : les accusations sont variées : centralisation excessive des sources d'information, rétention d'information, mensonge.

L'analyse de la presse dans la période ayant suivi l'accident permet de balayer l'accusation de mensonge : il est faux de soutenir que les organismes officiels, et notamment le SCPRI, ont dissimulé la vérité et prétendu que le nuage radioactif avait épargné la France ; la preuve en est que certains quotidiens ont fait état de retombées radioactives dès le 2 mai 1986. En revanche, seules des informations globales ont été données dans un premier temps : elles faisaient état des retombées mais ne livraient pas de données chiffrées et se voulaient rassurantes, d'où l'insistance mise sur l'absence de danger encouru en France. Il est au demeurant important de souligner qu'il n'y a effectivement pas eu de danger pour la santé publique.

Le caractère « lénifiant » des informations données peut s'expliquer sinon se justifier, par cette absence de danger et la volonté de ne pas affoler le public. Quant à leur manque de précision, il tient aussi à la difficulté du sujet (cf. supra).

Si certaines accusations semblent excessives, les problèmes rencontrés paraissent essentiellement dus à un manque de communication entre les spécialistes de radioprotection et les professionnels de l'information, et, d'une façon plus générale, à un manque de réflexion des différentes parties prenantes sur les moyens d'assurer l'information en cas de crise.

a) *Le manque de communication entre spécialistes du nucléaire et professionnels de l'information est patent* : on a vu que jusqu'au 10 mai, les medias n'avaient que peu ou pas repris les informations concernant les retombées radioactives en France, pourtant communiquées, même si elles l'ont été de façon succincte, par le SCPRI aux agences de presse. Par la suite, il y a eu dramatisation des effets de ces retombées, l'accent étant mis sur les taux les plus élevés constatés de façon sporadique, qu'il s'agisse du thym, de certains ensilages, de la viande de mouton, etc.. ; ces informations ont fait passer au second plan le fait primordial qui était l'absence de danger réel pour la santé publique.

b) Les explications à cet état de fait peuvent être trouvées dans la *suspicion dont sont l'objet les spécialistes du nucléaire en France et dans les difficultés d'informer dans un tel domaine.*

Les spécialistes du nucléaire ont, en effet une mauvaise image dans l'opinion publique à laquelle ils apparaissent peu crédibles. Cette situation est sans doute due au « péché originel » qui entache le nucléaire depuis son origine, mais également à l'attitude qui a été pendant longtemps celle des techniciens du nucléaire, caractérisée par la fermeture au monde extérieur, la rétention d'information parfois et le désir constant de minimiser les risques. Si cette attitude a aujourd'hui indéniablement changé, il n'en demeure pas moins que les informations livrées par les spécialistes apparaissent à l'opinion comme peu objectives et donc suspectes.

Une autre raison au problème médiatique que pose le nucléaire peut être trouvée dans la complexité qui caractérise ce domaine et dans l'absence totale de formation du public sur ce sujet.

Les dangers liés à l'emploi du nucléaire, apparaissent très importants mais également mystérieux. Les mécanismes de l'action des rayonnements ionisants sur les êtres vivants ne sont pas connus du grand public. Tout ce qui concerne les doses admissibles, les effets des faibles doses, apparaît incertain et prête à des affirmations divergentes. S'y ajoute la confusion dans les mesures utilisées et sur ce qui est mesuré : curie/becquerel ; rad/gray ; rem/sievert ; par ailleurs les disparités dans les réactions des différents pays concernés par les radiations ne font que renforcer le désarroi de l'opinion.

Or, le public, d'une façon générale, n'a aucune formation lui permettant de comprendre ces difficultés et de les relativiser, d'où le risque de panique. Pis encore, c'est non seulement la formation de base qui fait défaut mais encore l'existence de relais d'opinion capables d'informer et de conseiller en cas d'accident. A cet égard, le rôle des professions de santé — médecins, pharmaciens — pourrait être capital. Malheureusement, mis à part quelques spécialistes, ils ne sont guère mieux informés sur les risques du nucléaire et sur la conduite à tenir en cas d'accident que le commun des mortels.

#### 4-2-2. *La nécessité d'une réflexion sur l'information en temps de crise*

Même s'il apparaît, à coup sûr, très difficile de bien gérer l'information en cas d'incident ou d'accident nucléaire, il importe de réfléchir au préalable à ce que doit être cette information.

La difficulté de gérer l'information en cas de crise dans les pays démocratiques est évidente, la plupart des catastrophes naturelles ou industrielles a permis de le constater. On se heurte tout d'abord à un problème de transmission des informations dû en partie à l'insuffisance des moyens disponibles ; cette première difficulté s'accompagne généralement d'une incapacité à savoir ce qu'il convient de dire à la population : silence sur ce qui se passe, acharnement à nier le risque, suite de démentis ne font que renforcer l'inquiétude du public. Cette attitude des responsables s'oppose à celle des medias, avides de tout événement susceptible d'être présenté comme sensationnel.

Il importe donc de réfléchir, en dehors de toute crise, à l'organisation de l'information en cas d'accident.

Le problème de fond qui se pose en la matière est de définir une ligne de conduite en matière d'information : faut-il tout dire ou ne donner que des points de repère dans le souci d'éviter toute panique. Chacune de ces deux attitudes présente des risques : dans le premier cas, celui de provoquer une peur disproportionnée par rapport au risque réellement encouru, dans le second cas une perte de confiance dans l'information officielle, elle même génératrice de comportements irraisonnés et sans fondement.

Il faut à cet égard souligner que l'information en cas de crise doit avoir pour objectif d'éviter les paniques, car celles-ci sont souvent susceptibles de causer plus de dégâts que l'accident lui-même. Ce qui s'est passé en RFA à la suite de Tchernobyl en est un exemple : on sait en effet qu'un certain nombre d'interruptions de grossesse ont été pratiquées, alors qu'elles ne répondaient à aucune indication sérieuse sur le plan médical. De même, les seules morts dues à l'accident de Three Mile Island ont été causées par les évacuations intempestives de la population.

Si l'information dispensée doit avoir pour objet d'éviter la panique, elle ne doit pas revêtir non plus un aspect systématiquement lénifiant, sous peine de perdre toute crédibilité.

Adopter la bonne attitude n'est donc pas chose aisée ; mais le pire est sans doute d'osciller d'un comportement à l'autre ; c'est un peu ce que l'on a constaté en France où l'information a été dans un premier temps dispensée de façon globale et rassurante, puis après l'échec médiatique qui en est résulté, a fait l'objet d'initiatives multiples et désordonnées. L'attitude adoptée ultérieurement par les pouvoirs publics, résolument axée sur la transparence devrait à terme porter ses fruits, même si son caractère novateur crée dans l'immédiat quelque difficulté.

Outre le problème de fond concernant la nature de l'information à délivrer, se pose la question de l'organisation matérielle des structures d'information en cas de crise. Votre rapporteur reviendra sur ce sujet dans les développements consacrés à la sécurité civile et se contentera ici de dégager certains principes susceptibles de guider l'action des pouvoirs publics en ce domaine.

Le caractère centralisé et unitaire de l'information qui a été souvent reproché au système français, ne semble pas devoir être remis en cause : il apparaît en effet comme un moyen d'assurer une certaine cohérence dans les messages diffusés. L'exemple de

T.M.I. a montré la cacophonie qui peut résulter de la multiplicité des sources d'information, en l'occurrence la Nuclear Regulatory Commission (NRC), l'entreprise exploitante, les autorités de l'Etat de Pennsylvanie.

Mais, si l'unité de l'information doit être assurée, il importe d'ajouter que la source d'information doit être crédible et reconnue par tous. Dans ces conditions, il apparaît peu souhaitable de laisser la responsabilité de l'information aux mains des seuls spécialistes du nucléaire. Ceux-ci sont en effet, on l'a déjà noté, suspects par nature. On pourrait à cet égard, envisager la création d'une structure spécialisée dans la communication, qui comprendrait certes des spécialistes du nucléaire, mais serait également ouverte à des personnalités extérieures à ce secteur. Un premier pas a été effectué en ce sens avec la modification de la composition du Conseil supérieur de la Sûreté et de l'Information nucléaires par le décret n° 87-137 du 2 mars 1987 : l'ancien Conseil de la Sûreté nucléaire devient « Conseil de la Sûreté et de l'Information nucléaires ». Il n'est plus composé essentiellement de spécialistes mais comprend également des personnalités « choisies en raison de leur compétence en matière d'information et de communication » et des représentants d'associations de protection de la nature et de l'environnement. Ce conseil a une mission s'étendant à l'ensemble des questions touchant à la sûreté des installations nucléaires et à l'information du public. Il n'a pas de pouvoir de décision mais peut être consulté par le ministre chargé de l'industrie, et lui adresser toute recommandation qu'il juge utile. Si cette réforme du Conseil supérieur de la Sûreté nucléaire semble aller dans le bon sens, on peut cependant s'interroger sur sa portée réelle devant le silence du nouveau conseil, lors des récents incidents survenus à Creys-Malville et à Pierrelatte.

Les principes applicables à la politique de l'information sur le nucléaire doivent par ailleurs être explicités et respectés ; dans une société démocratique, diffuser l'information le plus clairement et le plus complètement possible est le meilleur garant de l'efficacité. Encore faudrait-il préparer l'opinion à recevoir cette information en améliorant la formation du public en général et plus particulièrement des catégories pouvant servir de relais d'opinion.

Enfin, il paraît indispensable d'améliorer la coordination des politiques suivies dans les différents pays qui, à la suite de Tchernobyl, ont pris des mesures souvent contradictoires, désordonnées et sans base scientifique, ne faisant ainsi que renforcer le désarroi de l'opinion.

## DEUXIEME PARTIE

# LES ENSEIGNEMENTS A TIRER DE CET ACCIDENT

### I. — LA CONCEPTION FRANÇAISE DE LA SÛRETÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES DOIT-ELLE ÊTRE RÉVISÉE ?

#### 1. — L'organisation administrative de la sûreté nucléaire

##### 1-1. *La sûreté nucléaire*

La sûreté nucléaire est l'ensemble des règlements, normes et dispositions techniques applicables à la conception, à la construction et à l'exploitation des installations nucléaires et qui ont pour objet de garantir leur bon fonctionnement, de prévenir les accidents de toute nature et d'en limiter les effets éventuels.

Elle consiste donc :

- à avoir une claire connaissance des risques potentiels de chaque forme d'utilisation de l'énergie nucléaire ou de chaque type d'installation ;
- à analyser les dispositions techniques prises par le constructeur ou l'exploitant des installations ;
- à évaluer les risques résiduels correspondants.

Elle s'inscrit dans le domaine plus vaste de la sécurité nucléaire qui vise d'une manière générale à assurer la protection des personnes et des biens contre les dangers, nuisances et gênes de toute nature résultant de la mise en œuvre des substances radioactives naturelles ou artificielles.

Avant 1960, la sûreté n'avait pas d'existence en tant que telle : elle était totalement intégrée aux projets et aux réalisations.

C'est durant la décennie 1960 que se sont développés les principes de base de sûreté pour la conception et la réalisation des installations nucléaires, réacteurs essentiellement : principe de la défense en profondeur, méthode d'analyse par barrières, premières approches probabilistes, principe de redondance et de critère d'accident de dimensionnement.

La décennie 1970 a été celle de la réglementation. Devant la montée des demandes des spécialistes de la sûreté, les concepteurs et les réalisateurs d'installations nucléaires ont sollicité la fixation de règles. Si dans certains pays l'évolution a conduit à la recherche de la conformité à des règles sans avoir recours à l'analyse technique de sûreté, cela n'a pas été le cas en France où la réglementation est demeurée basée sur l'analyse technique des problèmes.

Après l'accident de Three Mile Island (1979) une évolution de l'approche générale de la sûreté a été sensible dans trois domaines principaux :

- la sûreté en exploitation et le rôle de l'homme avec notamment l'interface homme-machine ;
- le développement de la recherche et de l'analyse des incidents significatifs pour en tirer les enseignements et tenter de déceler des précurseurs d'incidents graves ;
- l'intégration des accidents sévères dans la réflexion générale en matière de sûreté.

L'organisation administrative de la sûreté nucléaire se présente comme un système très centralisé et efficace. Cependant il est susceptible de souffrir d'un certain manque de crédibilité et pose la question de l'éventualité de la création d'une instance indépendante chargée de la surveillance de la sûreté nucléaire.

### *1-2. Les principes généraux de l'organisation administrative de la sûreté nucléaire*

L'organisation administrative de la sûreté nucléaire a beaucoup évolué depuis 1972, époque où la filière graphite-gaz a été remplacée par la filière à eau légère. A cette époque, le Commissariat à l'énergie atomique faisait directement des propositions au Ministre sur les problèmes liés au développement de la filière des réacteurs à eau.

L'organisation actuelle a été principalement mise en place en 1973.



Elle est caractérisée par trois principes généraux :

- une définition précise des responsabilités ;
- une séparation entre les tâches administratives et les analyses techniques ;
- l'existence de comités consultatifs d'experts.

#### 1-2-1. *Une définition précise des responsabilités*

Un élément essentiel du droit français est que la personne qui exploite une installation industrielle est responsable de sa sûreté.

L'industrie nucléaire ne déroge pas à cette règle : la première responsabilité de la sûreté des installations nucléaires est du ressort des exploitants.

Dans le cas des centrales nucléaires, c'est donc Electricité de France qui est responsable de leur sûreté.

Le contrôle des pouvoirs publics est caractérisé par une séparation entre les tâches administratives et les analyses techniques.

#### 1-2-2. *Une séparation entre les tâches administratives et les analyses techniques*

L'intervention réglementaire des pouvoirs publics dans ce domaine s'exerce par trois voies principales et complémentaires :

- l'élaboration et l'application de règles techniques de caractère général concernant la sûreté ;
- un système d'autorisations individuelles concernant chaque installation après examen technique approfondi des dispositions destinées à en assurer la sûreté ;
- la surveillance.

Les tâches administratives sont dévolues au Ministre chargé de l'Industrie tandis que les analyses techniques sont effectuées par l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) dépendant du C.E.A.

##### 1-2-2-1. Les tâches administratives

Au sein du Ministère chargé de l'Industrie, l'organisme réglementaire chargé de toutes les procédures de sûreté est le service central de sûreté des installations nucléaires (S.C.S.I.N.), créé par le décret du 13 mars 1973.

Ce service est principalement chargé :

- de mener les procédures d'autorisation relatives aux installations nucléaires de base (autorisation de création, de mise en service, de rejets, etc...),
- d'organiser et d'animer la surveillance de ces installations par les inspecteurs des installations nucléaires de base,
- d'élaborer et de suivre l'application de la réglementation technique générale,
- d'examiner les problèmes posés par le choix des sites,
- de préparer la mise en place d'une organisation en cas d'incident ou d'accident sur une installation nucléaire de base, lui permettant d'intervenir dans le cadre des responsabilités du ministre chargé de l'Industrie et conformément aux directives du Premier ministre,
- de proposer et d'organiser l'information du public sur la sûreté nucléaire.

Il suit les travaux de recherche et de développement dans le domaine de la sûreté nucléaire des organismes relevant du ministère chargé de l'Industrie, en particulier le Commissariat à l'énergie atomique et Electricité de France.

Enfin, il recueille toutes les informations utiles sur les problèmes de sûreté nucléaire et les mesures prises en France et à l'étranger afin d'être à même de préparer et de proposer, dans ce domaine, les positions françaises dans les discussions avec les gouvernements ou les administrations des pays étrangers.

L'effectif du service central de sûreté des installations nucléaires, en incluant les inspecteurs qui y sont directement rattachés et les effectifs qui, dans les directions régionales de l'industrie et de la recherche, s'occupent de sûreté nucléaire, est d'environ 170 personnes.

Le ministre chargé de l'Industrie consulte le conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires (C.S.S.I.N.), et la commission interministérielle des installations nucléaires de base (C.I.I.N.B).

— Le conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires.

Le conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaire, créé par le décret du 2 mars 1987, succède au conseil supérieur de la sûreté nucléaire qui avait été créé par le décret du 13 mars 1973.

Le C.S.S.I.N. est composé de personnalités choisies en raison de leur compétence scientifique, technique, économique ou sociale, de représentants d'organisations syndicales représentatives et d'associations ayant pour objet la protection de la nature et de l'environnement, de représentants des exploitants, de hauts fonctionnaires, d'un représentant de l'Assemblée nationale et d'un représentant du Sénat, et, ce qui représente une innovation importante, de six professionnels de la communication.

La compétence de ce conseil s'étend à l'ensemble des questions relevant du ministre chargé de l'industrie et touchant à la sûreté des installations nucléaires et à l'ensemble des questions touchant à l'information du public et des médias dans ce domaine.

Il adresse au ministre chargé de l'Industrie toutes les recommandations qu'il juge utiles pour accroître l'efficacité de l'action poursuivie dans le domaine de la sûreté nucléaire. L'Assemblée Nationale, le Sénat, les conseils régionaux ou généraux concernés peuvent demander au ministre chargé de l'Industrie de soumettre à l'examen du conseil toutes questions importantes relatives à ces sujets. Il peut également constituer des groupes de travail sur des sujets techniques particuliers.

— La commission interministérielle des installations nucléaires de base.

La commission interministérielle des installations nucléaires de base créée par le décret du 11 décembre 1963 est consultée par le ministre chargé de l'Industrie sur les demandes d'autorisation de création ou de modification d'installations nucléaires de base et sur l'élaboration et l'application de la réglementation relative à ces installations. Elle est composée de représentants des ministères et organismes concernés par la création d'une installation nucléaire de base.

1-2-2-2. Les analyses techniques

L'ordonnance n° 45-2563 du 30 octobre 1945 instituant un Commissariat à l'énergie atomique prévoit que celui-ci « (...) étudie les mesures propres à assurer la protection des personnes et des biens contre les effets destructifs de l'énergie atomique (...) » et « fournit au Gouvernement toutes informations concernant l'énergie atomique et ses applications (...) ».

Outre une mission d'assistance technique générale, le C.E.A. possède donc une responsabilité particulière en matière de sûreté nucléaire et de protection radiologique.

L'analyse de sûreté a vu le jour au C.E.A. dès la préparation de la mise en service des premières installations nucléaires.

Au cours des années 1960, elle s'est peu à peu transformée en une discipline spécifique exercée à plein temps par des ingénieurs responsables de l'ensemble d'une installation donnée ou d'un domaine technique particulier.

La recherche en sûreté nucléaire n'est devenue identifiable dans l'ensemble des activités de recherche que plus tard, lorsque le rôle d'appui technique des autorités réglementaires de l'Etat ayant été affirmé, la mission « sûreté nucléaire » a progressivement pris en charge les programmes utiles aux évaluations de sûreté.

L'Institut de protection et de sûreté nucléaire (I.P.S.N.) est né de la conjonction de deux courants d'idées.

Le premier venait du Gouvernement, sensible à l'intérêt grandissant de l'opinion publique pour tout ce qui relevait des problèmes de protection et de sûreté nucléaire ; cette demande de l'opinion a conduit à la création en 1975 du comité interministériel de la sécurité nucléaire.

Le second se manifestait au sein du Commissariat à l'énergie atomique qui se préoccupait de regrouper, dans une structure individualisée, ses moyens de protection, de sûreté et de sécurité nucléaire, afin d'en faciliter la concertation et d'en augmenter l'efficacité. L'idée est donc venue naturellement d'utiliser ces moyens regroupés et de les mettre en appui de l'administration.

Le 2 novembre 1976, un arrêté conjoint du Ministre de l'Industrie et du Ministre délégué chargé de l'Economie et des Finances crée au sein du C.E.A. l'Institut de protection et de sûreté nucléaire avec pour mission :

— de réaliser des études, recherches et travaux de protection et de sûreté nucléaire qui lui sont confiés par les départements ministériels et les organismes intéressés ;

— d'assister les administrations pour ce qui relève de la documentation, de la réglementation, des autorisations, du contrôle et de l'intervention, de l'information du public et des relations internationales.

L'I.P.S.N. effectue donc pour le compte du S.C.S.I.N., indépendamment d'E.D.F. et des constructeurs, les analyses techniques détaillées des dossiers de sûreté soumis par les exploitants lorsqu'ils demandent les autorisations de construction et de mise

en service des installations. Il suit également le fonctionnement des centrales nucléaires, des usines du cycle du combustible et des transports, en procédant notamment à l'analyse des incidents qui s'y produisent et s'assure que tous les enseignements en sont correctement tirés.

Il assiste, en outre, les inspecteurs des installations nucléaires.

Les compétences techniques de l'I.P.S.N. reposent sur d'importants programmes de recherches théoriques et expérimentaux en matière de sûreté, menés dans ses propres laboratoires qui bénéficient de l'environnement technique des autres installations du C.E.A. Plusieurs de ces programmes de recherche sont réalisés dans le cadre de collaborations internationales ou font appel aux compétences d'autres organismes.

### 1-2-3. *Les comités consultatifs d'experts*

Les décisions réglementaires en matière de sûreté nucléaire et notamment les autorisations délivrées par le S.C.S.I.N. ne reposent pas que sur les analyses effectuées par l'I.P.S.N. Elles s'appuient également sur les avis et recommandations de différents groupes d'experts : les groupes permanents et la section permanente nucléaire de la commission centrale des appareils à pression.

#### — Les groupes permanents

Des groupes permanents formés d'experts et de représentants de l'administration ont été mis en place en mars 1973.

Ces groupes sont chargés d'étudier les problèmes techniques que posent en matière de sûreté la création, la mise en service, le fonctionnement et l'arrêt des installations nucléaires et de leurs annexes.

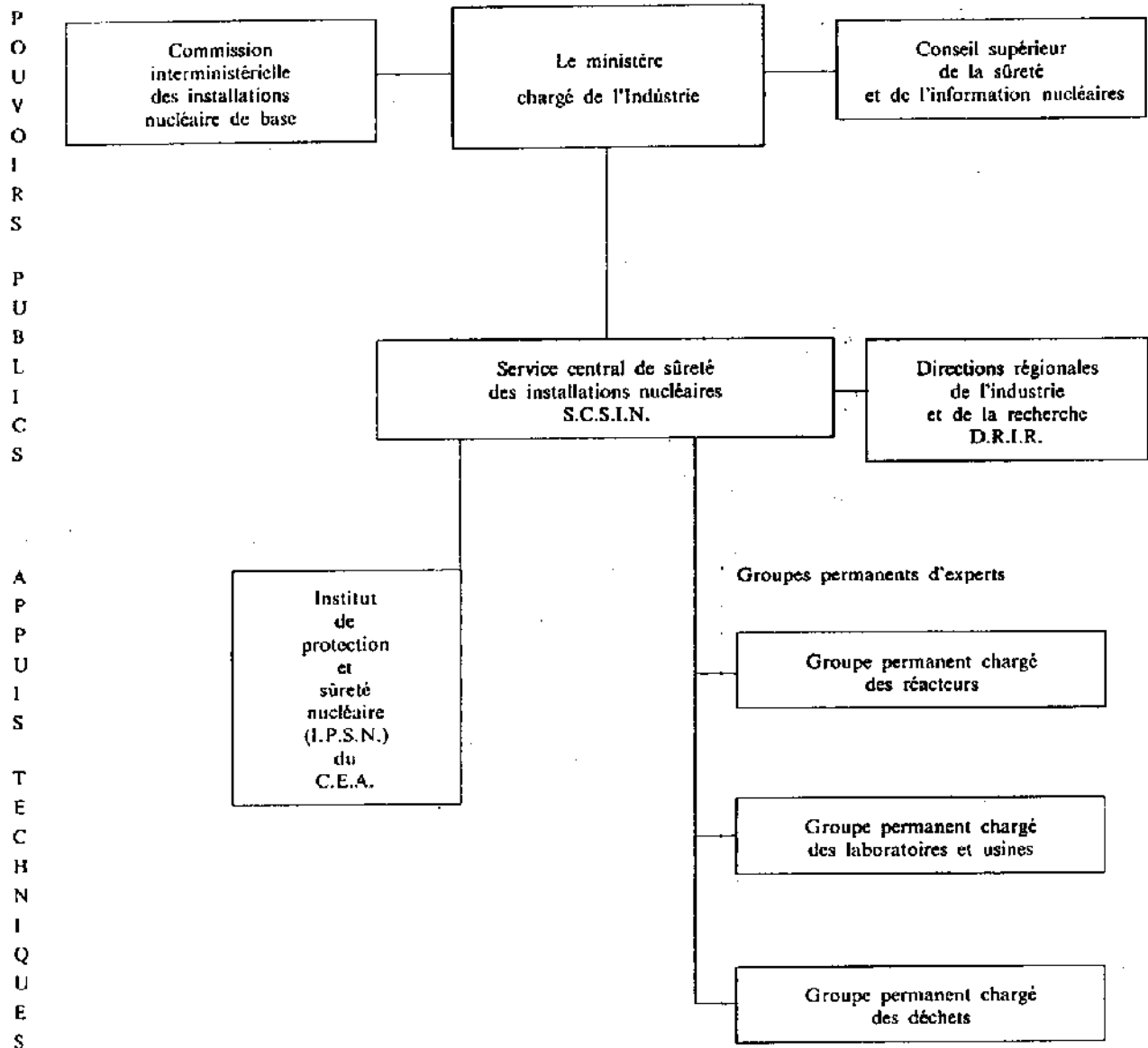
Un premier groupe traite des problèmes relatifs aux réacteurs nucléaires, un second des problèmes relatifs aux installations de stockage à long terme des déchets radioactifs, un troisième des problèmes relatifs aux autres installations nucléaires de base.

#### — La section permanente nucléaire de la commission centrale des appareils à pression.

Cette commission interministérielle est consultée notamment sur les modalités d'application de la réglementation des appareils à pression aux chaudières nucléaires.

L'organisation administrative de la sûreté nucléaire peut donc être schématisée de la façon suivante :

L'organisation de la sûreté nucléaire en France



### 1-3. Un système centralisé et efficace

#### 1-3-1. Un système centralisé

En matière de sûreté nucléaire, le Ministère chargé de l'Industrie est donc responsable de la définition de la politique générale et de sa mise en œuvre, de l'organisation et de l'animation d'ensemble, de l'élaboration et de l'application de la réglementation, de la préparation des négociations internationales.

Au Commissariat à l'énergie atomique incombe outre l'assistance technique le soin de proposer les mesures propres à assurer la protection des personnes et des biens et de contribuer à leur mise en œuvre dans le cadre fixé par le Ministère.

Il faut également remarquer que l'organisation industrielle de production d'énergie nucléaire renforce cette centralisation.

En effet, Electricité de France construit et exploite toutes les centrales, Framatome construit toutes les chaudières nucléaires, Alsthom-Atlantique fabrique et met en service les groupes turbo-alternateurs ainsi que les systèmes électriques hors chaudières. La COGEMA est, avec FRAGEMMA, filiale commune avec Framatome, le seul fabricant des éléments combustibles. Les sous-traitants relèvent également de ce type d'organisation, chacun recevant commande d'une série de fournitures avec obligation de garder les mêmes sources d'approvisionnement.

Compte tenu de la nature des risques et de la taille des installations, les pouvoirs publics exercent, à juste titre, dans ce domaine un contrôle plus direct et rigoureux que dans la plupart des autres secteurs industriels.

La centralisation de l'organisation de la sûreté nucléaire favorise l'action des pouvoirs publics pour coordonner les efforts poursuivis par les parties en présence en vue de les adapter à l'objectif de sûreté, et de faire en sorte que les connaissances acquises, notamment par l'exploitation du « retour d'expérience » ne présentent pas de lacunes graves.

Cette organisation permet aussi aux pouvoirs publics d'une part d'inciter, voire, en cas de besoin, de contraindre les constructeurs et les exploitants à prendre les mesures nécessaires et d'autre part, d'exercer plus ou moins directement certains contrôles. La sûreté dépend aussi, s'agissant de technologies avancées et en constante évolution, de l'existence et du fonctionnement d'équipes de chercheurs de haut niveau capables d'examiner les problèmes concrets de sûreté. Compte tenu des particularités de ce domaine, les contrôleurs de la sûreté doivent être nécessairement de très bons techniciens de l'énergie atomique : c'est la justification de la mission fondamentale que le Commissariat à l'énergie atomique conserve en matière de sûreté nucléaire et de l'appui qu'il doit apporter au S.C.S.I.N.

Incontestablement notre pays possède avec les remarquables équipes du C.E.A., un atout très important dans le domaine de la sûreté nucléaire : il est depuis sa création le meilleur centre de compétence scientifique et technique français en matière nucléaire.

### 1-3-2. *Un système efficace*

La première constatation qui s'impose est que, jusqu'ici, ce système s'est révélé efficace : aucun incident sérieux de nature à compromettre gravement l'intégrité de l'environnement ne s'est produit en France, alors que le nombre de réacteurs nucléaires est devenu très important.

L'existence de l'organisation industrielle a permis à l'industrie de planifier ses activités sur une longue durée, notamment sous l'angle de la qualité des productions, élément essentiel de la sûreté nucléaire. Elle a également facilité le lancement d'études génériques de sûreté, la normalisation et l'amélioration dans les conditions les plus favorables de la sûreté d'exploitation et du contrôle.

Si cette organisation possède une efficacité certaine, son caractère centralisé est cependant susceptible de nuire à sa crédibilité.

### 1-4. *Un système susceptible de manquer de crédibilité*

La rigueur avérée des normes édictées contraste avec la faiblesse relative des moyens disponibles pour en assurer le contrôle. En outre, la place tenue dans l'organisation actuelle de la sûreté nucléaire par le Ministère chargé de l'Industrie ainsi que le Commissariat à l'énergie atomique nous semble être de nature à remettre en cause sa crédibilité.

#### 1-4-1. *De rigoureuses normes de sécurité*

De strictes procédures régissent la construction et la mise en service des « installations nucléaires de base » (I.N.B.) (1).

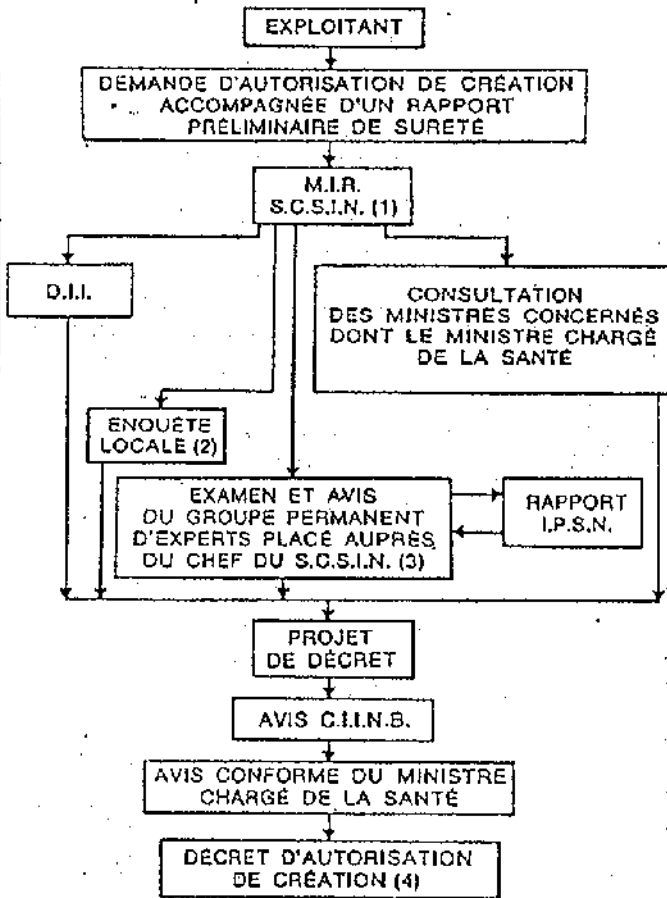
Les quatre tableaux reproduits ci-dessous, qui se suffisent à eux-mêmes et qui n'appellent aucun commentaire, résument fort bien les différentes étapes précédant la publication des textes requis.

---

(1) La réglementation des I.N.B. (décret du 11 décembre 1963, modifié par le décret du 27 mars 1973) est applicable aux réacteurs, aux accélérateurs de particules, à des usines de préparation, de fabrication ou de transformation de substances radioactives et à des installations destinées au stockage (y compris les déchets).



## PROCÉDURE D'AUTORISATION DE CRÉATION DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE



### REMARQUES

(1) Le S.C.S.I.N. est chargé de mener toutes les actions écrites dans le schéma ci-contre.

(2) Dans le cas où une enquête a déjà été effectuée dans le cadre de l'instruction d'une demande de déclaration d'utilité publique (ce qui est le cas général pour les centrales E.D.F.), celle-ci tient lieu d'enquête locale.

L'enquête locale dure généralement de 15 jours à un mois en fonction de l'importance de l'installation.

(3) Les groupes permanents d'experts sont prévus et sont consultés selon la nature des installations (réacteurs, autres installations).

L'examen de la sûreté de l'installation projetée a une durée très variable selon l'installation concernée ; pour les installations importantes (réacteurs électrogènes, usines), cette durée varie approximativement entre six et dix-huit mois selon la nouveauté du projet par rapport à des projets déjà examinés par le Groupe Permanent.

(4) En plus du décret d'autorisation de création, le M.I.R. peut notifier des recommandations.

M.I.R. : Ministère de l'Industrie et de la Recherche.

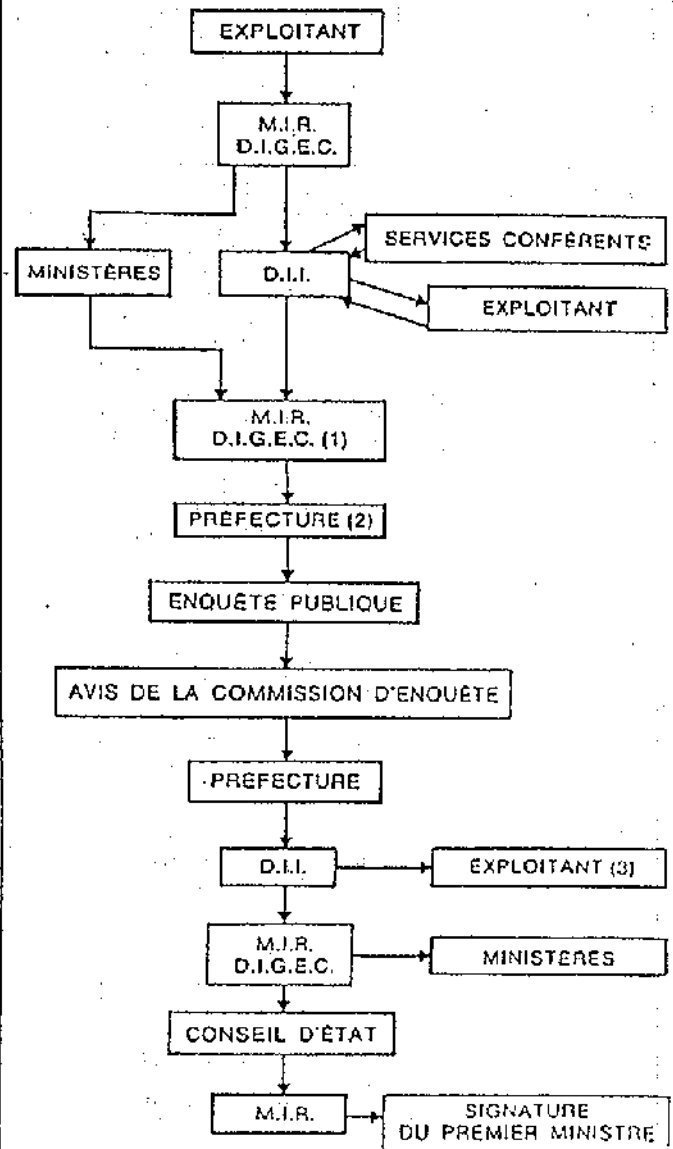
S.C.S.I.N. : Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires.

D.I.I. : Direction Interdépartementale de l'Industrie.

C.I.I.N.B. : Commission Interministérielle des Installations Nucléaires de Base.

I.P.S.N. : Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire.

## PROCÉDURE RELATIVE A LA DÉCLARATION D'UTILITÉ PUBLIQUE (cas de centrales nucléaires)



D.I.G.E.C. : Direction du Gaz, de l'Électricité et du Charbon.

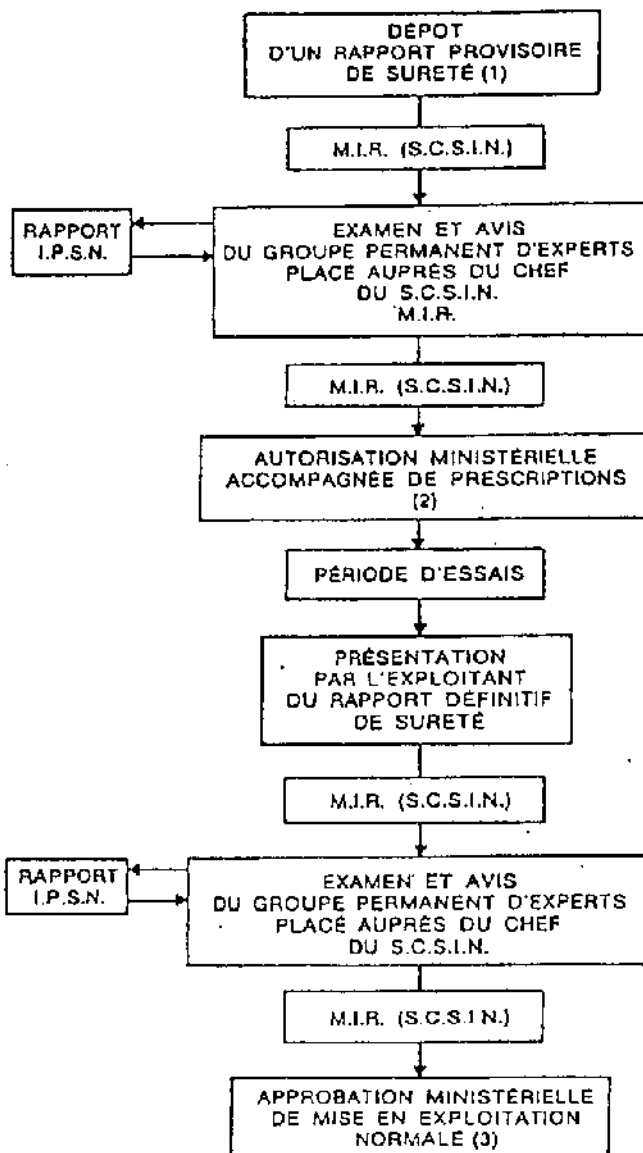
### REMARQUES

(1) Examen et décision d'ouverture de l'enquête et éventuellement consultation de la D.I.I. et de l'exploitant pour la mise au point définitive du dossier.

(2) Arrêté préfectoral de mise à l'enquête publique et désignation d'une commission d'enquête.

(3) Réponses aux remarques du public.

## PROCÉDURE D'AUTORISATION DE MISE EN SERVICE DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE



### REMARQUES :

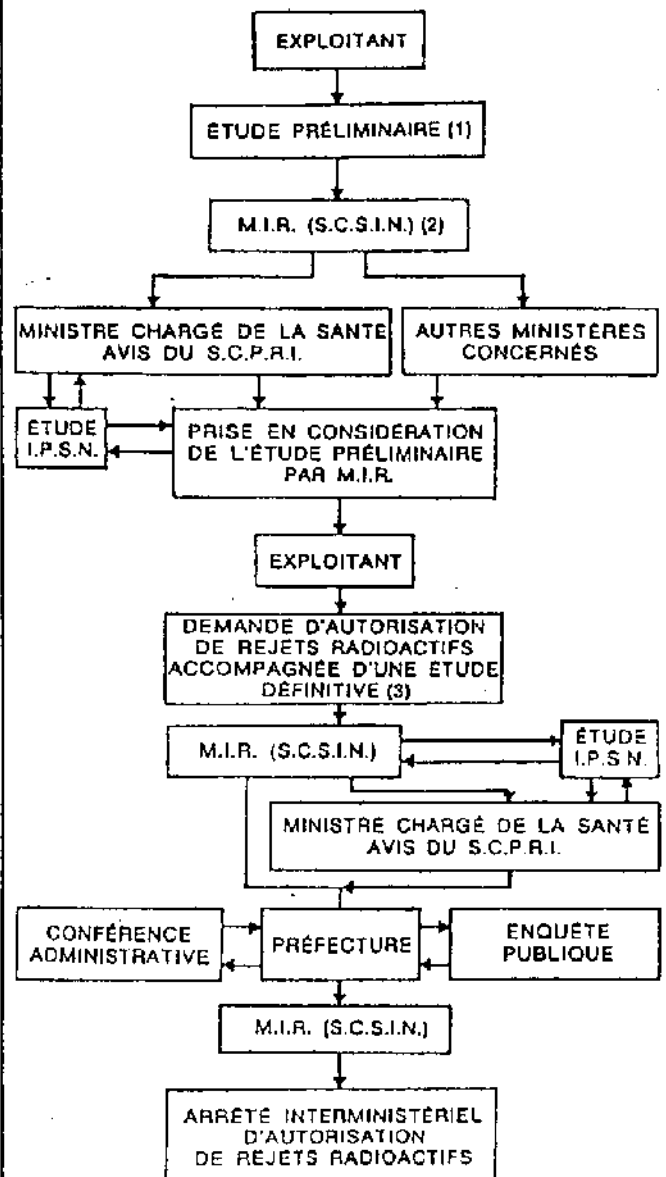
(1) Pour un réacteur cette demande doit être déposée au moins six mois avant le chargement.

(2) Pour les réacteurs à eau, la mise en service de l'appareil à pression est subordonnée à la délivrance du procès-verbal après épreuve du circuit primaire.

(3) Au sens de l'article 5 du décret du 11 décembre 1963. Cette approbation doit intervenir dans un délai fixé par le décret d'autorisation de création.

L'approbation est donnée par le ministre de l'Industrie et de la Recherche.

## PROCÉDURE D'AUTORISATION DE REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS LIQUIDES OU GAZEUX



S.C.P.R.I. : Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants.

### REMARQUES

(1) Dans le cas des installations nucléaires de base, cette étude doit être adressée au plus tard lors de la demande d'autorisation de création.

(2) Le ministre de l'Industrie et de la Recherche (S.C.S.I.N.) est chargé de conduire l'ensemble de la procédure administrative.

(3) La demande doit être déposée au plus tard un an avant les premiers rejets.

En cours de fonctionnement, les centrales sont soumises à des normes de sécurité.

Le débat intéresse ici directement notre propos.

Il s'agit d'abord de définir une doctrine de la sûreté.

Une première approche, dite **déterministe**, a d'abord été suivie : on a identifié quatre catégories d'accidents de « dimensionnement », afin de pratiquer une défense « en profondeur », fondée sur l'existence de **barrières** successives, mises en place pour éviter la dispersion de produits radioactifs.

Toutefois, dès 1977, une autre approche, **probabiliste**, a été utilisée pour vérifier et, le cas échéant, améliorer, la démarche déterministe.

On a donc développé, au début des années 1980, les procédures dites **H** (pour « hors dimensionnement ») et **U** (pour « ultimes ») : tout événement, dont la probabilité n'excède pas, en ordre de grandeur,  $10^{-7}$  par an et par réacteur, est alors pris en compte « hors dimensionnement » d'une tranche.

Ces procédures **H** et **U** correspondent succinctement aux situations suivantes :

**Prévention de la fusion du cœur du réacteur :**

— **H1** : perte totale de la source froide ; dispositions en place « (pour l'essentiel », selon l'administration...) ;

— **H2** : perte totale de l'eau alimentaire des générateurs de vapeur ; dispositions en place (toujours « pour l'essentiel »...) ;

— **H3** : perte totale des alimentations électriques externes et internes ; dispositions théoriquement en place pour la fin de l'année 1987 (E.D.F. « met tout en œuvre »...) ;

— **H4** : secours mutuel à long terme des systèmes d'injection de sécurité et d'aspersion de l'enceinte ;

— **U3** : secours de ces mêmes systèmes par des moyens mobiles ; pour **H4** et **U3**, dispositions théoriquement mises en place fin 1987 ;

— **H5** : protection contre les inondations extrêmes (centrales du bord de Loire) ; dispositions en place, « pour l'essentiel », avant la fin de 1986 ;

— U1 : passage à une conduite par « états » de la chaudière, en cas de situation dégradée à laquelle les procédures séquentielles ne permettent pas de faire face ; dispositions, « pour l'essentiel », en place.

**Prévention de la ruine de l'enceinte de confinement :**

— U2 : fuite de l'enceinte de confinement ; dispositions « pour une part » en place ; achèvement en 1987 ;

— U4 : percement du radier par le corium (pour les enceintes dont le percement du radier conduit à une communication avec l'atmosphère) ; l'étude des dispositions est en voie d'achèvement ; mise en place « pour l'essentiel » en 1987 ;

— U5 : rupture de l'enceinte par surpression : écrêtement de la pression, voire décompression, de l'enceinte, par filtration à travers un bac à sable ; l'étude des dispositions est en voie d'achèvement ; les premières tranches pourraient être équipées de système de filtration « dès le second trimestre » de 1987.

Ces différentes approches probabilistes partielles ont été à l'origine de **deux évaluations probabilistes globales de la sûreté des tranches :**

— sur **les tranches de 900 MW**, dès 1983, par l'I.P.S.N. (fin prévue pour 1987) ;

— sur **les tranches de 1 300 MW**, en 1985, par E.D.F. (fin prévue pour 1988).

Un examen global des tranches de 900 MW aura lieu en 1987.

Une réévaluation de la sûreté des réacteurs « **graphite-gaz** » a été effectuée en 1984 et en 1985 ; les études continuent.

Un deuxième élément du débat intéresse **l'aptitude de l'administration à tirer les conséquences des accidents les plus graves (Three Mile Island ; Tchernobyl) sur le fonctionnement des centrales françaises.**

Selon M. LAVERIE, Chef du S.C.S.I.N., entendu le 3 décembre 1986, **des programmes ont bien été définis.**

Le Ministère de l'Industrie, des P et T et du Tourisme a récemment demandé, le 20 mai 1986, d'engager des travaux destinés à « tirer les enseignements susceptibles », après Tchernobyl, « de concerner la sûreté des réacteurs nucléaires français ».

Le 28 juillet 1986, une note, intitulée « Suites données à la demande du 20 mai 1986 », élaborée par le S.C.S.I.N., en tenant compte des thèmes proposés par E.D.F., le C.E.A. et l'I.P.S.N., a été rédigée, formulant, en conclusion, des propositions qui, après examen par le groupe permanent d'experts chargés des réacteurs nucléaires, ont été approuvées par le S.C.S.I.N.

Le texte reproduit ci-dessous résume ces propositions.

### **Prévention des accidents graves et limitation de leurs effets**

- Réexamen dès 1987 de la sûreté des tranches à eau sous pression de 900 MW et 1.300 MW, au vu de résultats des évaluations probabilistes globales ;
- Accélération de l'achèvement de la mise en place des procédures H et U pour les différents paliers de tranches à eau sous pression ;
- Etude d'une formation spécifique adaptée à l'ensemble de ces procédures.
- Réexamen d'accidents non pris en compte dans le dimensionnement et non couverts par des procédures H et U ;
- Achèvement des études et modifications menées sur les accidents de dépressurisation des réacteurs U.N.G.G. (graphite-gaz) ; extensions à de nouveaux scénarios ;
- Engagement des réflexions sur l'établissement de procédures ultimes sur les réacteurs U.N.G.G. ;
- Poursuite et renforcement sur les réacteurs à neutrons rapides de la mise en place des procédures H et U ;
- Réexamen des consignes de conduite accidentelles et incidentelles des réacteurs de recherche ;
- Mise en place de procédures particulières, dans les réacteurs de recherche, pour les accidents de fusion de cœur non pris en compte dans le dimensionnement ;
- Amélioration, après examen systématique, du confinement externe des réacteurs de recherche.

Une autre partie des dispositions — qui sera examinée ultérieurement — vise à mieux préparer les exploitants à la gestion des situations d'urgence.

Ces différentes mesures d'ordre pratique ne peuvent pourtant dissimuler les principales lacunes du dispositif actuel qui sont analysées ci-après.

Il est incontestable, compte tenu de ces différentes données, que l'administration et les exploitants poursuivent, en permanence, leurs recherches pour améliorer la sûreté des centrales. Mais leur programme demeure incomplet, dans la mesure où il ne prend pas en considération la totalité des accidents potentiels. Une amplification de cet effort supposerait pourtant une notable augmentation des moyens disponibles.

#### *1-4-2. Limites et difficultés du contrôle de l'application de la réglementation*

Le contrôle de l'application de la réglementation est confié à des **inspecteurs des installations nucléaires de base (I.N.B.)**.

Ces inspecteurs sont nommés parmi les inspecteurs des installations classées, par arrêté conjoint des Ministres chargés de l'Industrie et de l'Environnement ; ils exercent leur activité sous l'autorité du Chef du S.C.S.I.N.

Le S.C.S.I.N. établit, tous les semestres, en liaison avec les directions spéciales de l'industrie, l'I.P.S.N. et les inspecteurs, un **programme de visites de surveillance, annoncées à l'exploitant ou inopinées.**

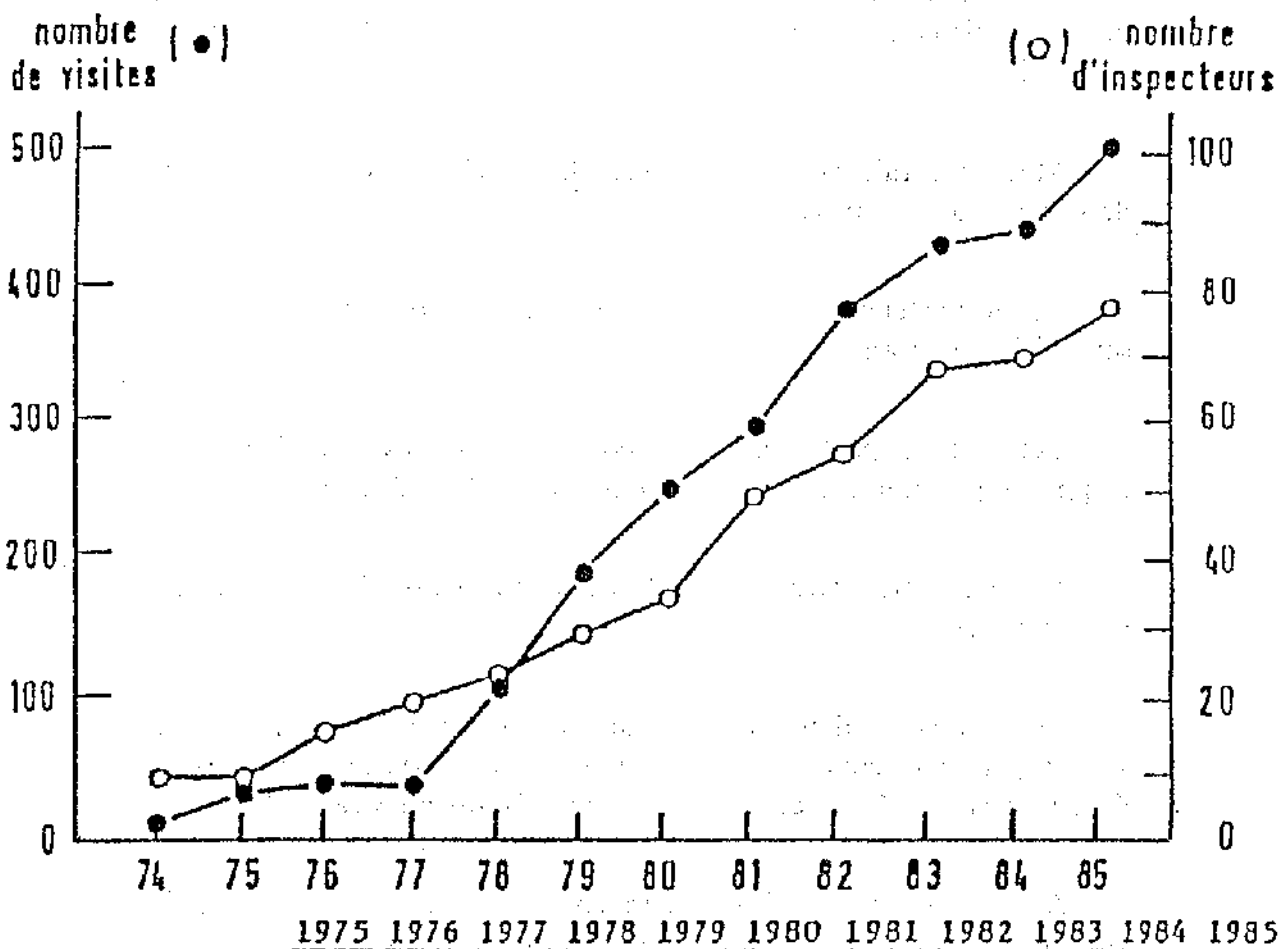
Dès 1979, un rapport d'information déposé par la Commission de la Production et des Echanges de l'Assemblée nationale (1) avait estimé nécessaire **d'augmenter le taux de fréquence des inspections.**

Huit ans après, un réel effort a été accompli en ce sens, puisque l'effectif d'inspecteurs et le nombre de visites a régulièrement progressé, comme le montre le graphique reproduit ci-dessous.

---

(1) Rapport d'information sur l'organisation de la protection de la population en cas d'accident pouvant entraîner des émissions radioactives (AN N° 1200, 1978-1979, tome II, p. 9).

**ÉVOLUTION DE L'FFECTIF D'INSPECTEURS DES I.N.B.  
ET DU NOMBRE DE VISITES DURANT L'ANNÉE**



<u>Nombre d'inspecteurs</u> (au 31 décembre)	10	16	19	23	29	34	49	54	68	69	78	(1)
<u>Nombre de visites</u> <u>durant l'année</u>	34	41	39	107	184	257	298	379	432	443	500	

(1) au 1er novembre 1986, 9 dossiers de radiation d'inspecteurs ayant quitté leurs fonctions étaient en cours d'instruction, ceux-ci ne sont donc pas comptabilisés ici.

Parmi les 78 inspecteurs actuellement en fonction, plusieurs effectuent moins de trois visites de surveillance dans l'année.

Une telle évolution ne saurait pourtant faire illusion, au moins pour deux raisons.

Tout d'abord, l'amplification du programme nucléaire a incontestablement accru, au cours de cette période, les besoins constatés.

Mais il serait surtout illusoire de stabiliser l'effort entrepris depuis quelques années.

Un inspecteur ne peut déjà assurer, en moyenne, que six à sept visites par an.

Certains, appartenant aux corps techniques de l'Etat ne disposent pas d'une formation spécifiquement nucléaire.

D'autres ont, certes, une véritable expérience du fonctionnement des centrales.

Mais dans les deux cas, ils accomplissent leur mission, le plus souvent, avec le concours **des ingénieurs spécialisés du département d'analyse et de sûreté de l'I.P.S.N., c'est-à-dire du C.E.A.**

Au surplus, certains inspecteurs consacrent seulement une partie de leur temps à ces tâches de contrôle des centrales.

Plus fondamentalement, les modalités de la surveillance des I.N.B. semblent **mal adaptées à la prévention des actes de malveillance**, et ce, malgré une attention particulière prêtée, depuis trois ans, par le S.C.S.I.N., au renforcement des systèmes de protection des installations, à la suite des visites des inspecteurs.

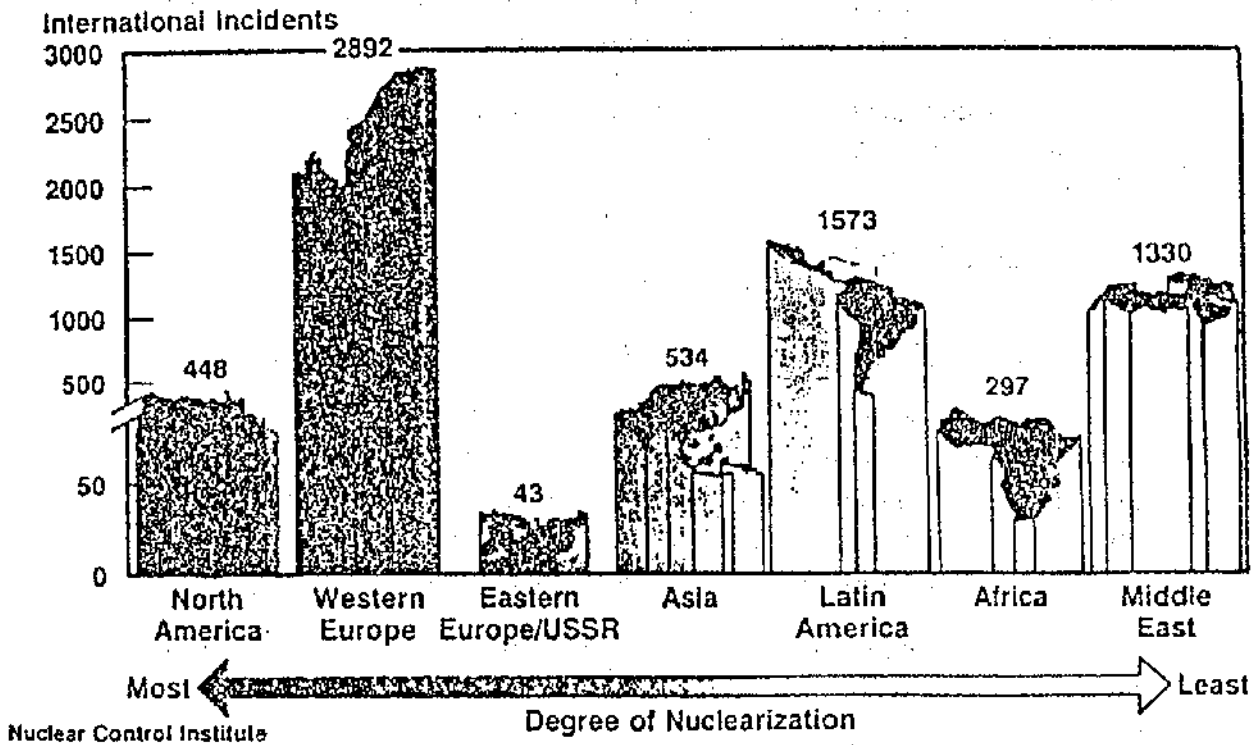
Le risque d'un attentat contre une centrale nucléaire ne peut être exclu ; il existe d'ailleurs de nombreux précédents (1).

---

(1) Attentats contre la centrale de LEMONIZ, près de Bilbao, en 1978 ; contre la centrale de SOLEURE, en Suisse, en 1979 ; en France, contre FESSENHEIM, en 1975 ; sabotage des conduits du circuit électrique de Bugey, en 1979.



## Nuclear/Terrorism World



(Source : rapport de Paul L. LEVENTHAL sur les risques du terrorisme nucléaire, Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe, 30 décembre 1986).

Dans ces conditions, il peut être inquiétant de constater que l'implantation des centrales, en France, a été réalisée, en partie, dans des sites théoriquement abrités de très fortes agressions (1); il s'ensuit, par rapport à la République fédérale d'Allemagne, par exemple, une moindre recherche d'un haut niveau de protection.

Une directive de janvier 1979 organise l'action des pouvoirs publics dans le domaine de la recherche du renseignement et de la définition de la menace.

Le Centre de recueil et d'analyse du renseignement nucléaire, placé auprès du directeur général de la police nationale, est chargé de centraliser la totalité des infractions sur la protection des installations nucléaires civiles.

(1) Cf. FABRA (Paul): « Les yeux de Chimène pour Cattenom » (« Le Monde », 4 novembre 1986, p. 36).

Les plans **PIRATOM**, établis dans chaque Ministère intéressé, définissent les missions des différentes autorités impliquées dans une crise nucléaire provoquée par la malveillance.

Le **Groupe permanent pluridisciplinaire d'intervention (G.P.P.I.)**, constitué en juin 1982, contribue à améliorer l'efficacité globale du dispositif.

La sûreté confine ici à la sécurité.

#### *1-4-3. La double compétence du Ministère chargé de l'Industrie.*

Depuis la réorganisation de mars 1973, l'essentiel du contrôle de la sûreté nucléaire a été détaché du C.E.A. pour être rattaché au Ministère chargé de l'Industrie. Ce rattachement avait paru constituer un progrès car il n'était pas bon que le C.E.A., établissement promoteur de l'énergie nucléaire, soit juge et partie.

Mais le même problème se repose au sein de l'organisation actuelle.

En effet, c'est le principal responsable de l'approvisionnement de la France en énergie, c'est-à-dire le ministre chargé de l'industrie, qui décide au sein du gouvernement de la construction des installations nucléaires et notamment des centrales.

Mais en même temps, c'est lui qui par sa signature confère le label de sûreté à de tels équipements.

Cette situation peut satisfaire la logique de l'organisation politique, puisqu'en définitive le ministre agit au sein d'un gouvernement chargé de l'ensemble des aspects de la vie du pays et qu'il prend la responsabilité des actes réglementaires qu'il signe.

Mais une telle argumentation est difficilement recevable par une opinion publique, de plus en plus sensibilisée aux questions de sûreté nucléaire.

Il n'est pas bon en effet que le ministre puisse apparaître comme juge et partie et que l'on puisse penser, qu'ayant à arbitrer entre des motifs de sécurité d'une part et des arguments économiques et industriels d'autre part, il ait la possibilité, un jour, de choisir en faveur de ces derniers impératifs. Le ministre et le gouvernement doivent être à l'avance garantis contre le soupçon d'avoir pu sacrifier la sûreté à des considérations économiques même impérieuses.

1-4-4. *Le double rôle du Commissariat à l'énergie atomique.*

La situation antérieure à 1973 subsiste en grande partie.

La mission d'appui technique de l'administration remplie par le C.E.A. est, nous l'avons vu, importante.

Mais le C.E.A. poursuit également, c'est même d'ailleurs sa vocation première, une mission de promotion de l'énergie nucléaire. C'est ce double rôle qui est susceptible d'engendrer des difficultés comme le montre l'organisation du contrôle des installations nucléaires de base effectué par les inspecteurs des installations nucléaires de base dépendant du S.C.S.I.N.

En effet, selon le rapport d'activité pour 1985 de ce service, « (...) les inspecteurs des installations nucléaires de base proviennent d'origines différentes. On peut cependant distinguer schématiquement :

« — des inspecteurs qui appartiennent aux corps techniques de l'Etat et qui ont, à ce titre, l'expérience du contrôle technique de l'industrie dans les domaines nucléaires ou autres que nucléaires ;

« — des inspecteurs qui ont effectué une partie importante de leur carrière dans des unités de production ou de recherche du commissariat à l'énergie atomique et qui ont acquis une longue expérience et une longue pratique des installations nucléaires. Ce sont souvent des spécialistes de certains domaines tels que le contrôle-commande, la chimie des composés de l'uranium, la lutte contre l'incendie, la mesure de la radioactivité, la technologie du plutonium (...).

« Les inspecteurs effectuent le plus souvent leurs visites de surveillance accompagnés par des ingénieurs du département d'analyse de sûreté de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire, qui apporte un appui technique au service central de sûreté des installations nucléaires.

« Ces ingénieurs sont soit des généralistes chargés de suivre le site visité en particulier, soit des spécialistes chargés plus particulièrement, au sein du département d'analyse de sûreté, du suivi et de l'analyse du sujet abordé au cours de la visite. Cette assistance apportée par les ingénieurs du département d'analyse de sûreté s'étend généralement aux phases de préparation des visites de surveillance.

« La collaboration entre le département d'analyse de sûreté et les inspecteurs est très profitable puisqu'elle permet aux seconds de bénéficier des connaissances du premier, et au premier de disposer de la source d'information indispensable fournie par l'inspection (...) »

Il apparaît donc à la lecture de ces textes que quel que soit le niveau de leur formation initiale, les inspecteurs du S.C.S.I.N. ne sont pas toujours suffisamment préparés à effectuer les tâches de surveillance des installations nucléaires dont la technologie est très spécifique.

Dès lors, ces inspecteurs doivent être accompagnés dans leurs visites par des ingénieurs plus spécialisés, c'est-à-dire les ingénieurs de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire du C.E.A.

Ces inspecteurs peuvent aussi avoir effectué une partie importante de leur carrière au sein du C.E.A.

Enfin, les ingénieurs de l'I.P.S.N. participent également « aux phases de préparation des visites de surveillance ».

Dans ces situations la distinction, qui doit être fondamentale, du contrôleur et du contrôlé n'est pas totalement assurée, situation qui ne peut que porter atteinte à la crédibilité du système de surveillance de la sûreté nucléaire.

Pour assurer de manière satisfaisante la crédibilité de l'organisation de la sûreté nucléaire en France, il est indispensable d'une part en ce qui concerne le C.E.A. d'assurer de manière rigoureuse la distinction du contrôleur et du contrôlé et d'autre part, concernant l'Etat, de mieux distinguer ses rôles de promoteur de l'énergie nucléaire et de gardien de la sécurité publique et de l'environnement.

Cette double exigence peut amener à envisager l'éventualité de la création d'une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires.

#### *1-5. Vers la création d'une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires ?*

Une des grandes préoccupations des responsables politiques devra être dans l'avenir de préserver la confiance des Français dans l'énergie nucléaire et pour ce faire dans l'organisation de la sûreté nucléaire.

Avant d'esquisser ce que pourrait être en France une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires, nous verrons quelles sont les solutions retenues à cet égard dans un certain nombre de pays étrangers.

#### 1-5-1. *Préserver la confiance des Français*

Avec 70 % de son électricité provenant de centrales nucléaires, la France est à l'avant-garde de l'utilisation industrielle de l'atome.

Le programme d'équipement en réacteurs nucléaires s'est poursuivi depuis 1973 sans réelle opposition et sans incidents majeurs.

Mais Tchernobyl a ébranlé la confiance accordée à l'énergie nucléaire civile.

Divers sondages récents ont montré que l'opinion publique française manifestait une certaine inquiétude à ce sujet.

Lors de notre mission en République fédérale d'Allemagne, plusieurs de nos interlocuteurs, et pas seulement des adversaires de cette énergie, nous ont déclaré qu'un nouvel accident du type de celui de Tchernobyl entraînerait, sous la pression de l'opinion publique, la fermeture immédiate de toutes les centrales allemandes.

Un tel accident aurait probablement aussi des conséquences très importantes en France.

A cet égard, les incidents récents intervenus dans les installations nucléaires françaises — réacteur n° 4 de Tricastin, fuite de sodium de Superphénix — et dans une installation non nucléaire mais faisant partie du cycle du combustible, l'usine COMURHEX de Pierrelatte — ont relancé le débat.

Pourtant le dossier du nucléaire est bon.

En effet, l'énergie nucléaire est l'un des domaines de la technologie du XX<sup>e</sup> siècle où les risques ont été évalués avec le plus de soin. Des moyens de prévention ont été étudiés, développés et installés pour limiter ces risques à un niveau admissible et, en France, EDF est en train d'accumuler des records de production d'électricité d'origine nucléaire sans accident grave et une expérience d'exploitation sans précédent dans le monde.

Cependant, ainsi que le rappelait récemment M. Pierre Tanguy, dans la revue « Que Choisir ? », un accident est toujours possible.

En effet personne ne peut raisonnablement prétendre qu'un accident grave n'arrivera jamais. Les incidents qui se produisent régulièrement et qui sont bénins pour la grande majorité d'entre eux rappellent cette nécessité d'augmenter toujours la sûreté.

C'est en assurant, avec le plus grand soin, la transparence de l'exploitation des centrales que l'opinion française gardera confiance. Pour cette raison, les décisions concernant la sûreté et plus largement la sécurité nucléaire doivent être prises avec une clarté et une impartialité totales qui ne doit pas laisser prise au soupçon, faute de quoi l'opinion sera amenée à avoir une certaine défiance envers les informations touchant au nucléaire, créant ainsi un terrain propice à des comportements irrationnels.

Avant d'aborder l'esquisse d'une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires, nous examinerons la situation dans un certain nombre de pays étrangers.

#### 1-5-2. *Les expériences étrangères*

##### 1-5-2-1. États-Unis

Aux Etats-Unis, l'organisation de la sûreté nucléaire repose sur une agence fédérale créée par l'« Energy Reorganization Act » de 1974, la « Nuclear Regulatory Commission » (N.R.C.).

Dirigée par cinq commissaires nommés par le Président des Etats-Unis avec le consentement du Sénat, la N.R.C. a pour mission de garantir que les matières nucléaires sont utilisées dans le respect de la sécurité et de la santé de la population, de la préservation de l'environnement, de la sécurité nationale et enfin des lois anti-trust.

Les interventions de la N.R.C. concernent principalement la réglementation des installations nucléaires produisant de l'électricité.

Dans ce domaine, la N.R.C. :

— autorise la construction et la mise en service des réacteurs et des autres installations nucléaires ;

— réglemente les activités autorisées en veillant à ce que toutes les mesures soient prises pour la protection physique des installations et des combustibles ;

- procède à des inspections des activités et des installations autorisées ;
- enquête sur les incidents et accidents ;
- sanctionne le non-respect des réglementations ;
- procède à des auditions publiques sur la sûreté nucléaire et radiologique.

La N.R.C. procède à une revue systématique des paramètres de fonctionnement des installations, incluant l'étude de tous les événements survenant dans les réacteurs pour permettre la prévention et la résolution des problèmes de sécurité.

L'inspection des activités autorisées par la N.R.C. est effectuée par cinq bureaux régionaux assistés par les inspecteurs de sécurité qui doivent se trouver sur chaque site nucléaire.

Enfin la N.R.C. peut conclure des contrats d'études sur les recherches jugées nécessaires dans les domaines de sa compétence.

#### 1-5-2-2. La République fédérale d'Allemagne

Si la sûreté nucléaire en RFA s'inspire des mêmes principes qu'en France, son organisation présente de notables différences avec le système en vigueur dans notre pays, essentiellement à cause de la structure fédérale de notre voisin.

L'organisation de la sûreté nucléaire résulte de la répartition des compétences fixée par la Constitution entre le gouvernement fédéral et les gouvernements des différents Länder.

La base de cette organisation est la loi atomique (Atomgesetz) du 23 décembre 1959 qui a subi depuis de nombreux remaniements. Cette loi dont l'objet principal est la sûreté nucléaire (protection des personnes et des biens) couvre également les domaines de la recherche, de la sécurité du territoire et des relations internationales en matière nucléaire.

L'application de cette législation et notamment le contrôle du fonctionnement des centrales est de la compétence des Länder.

Toutefois, le gouvernement fédéral a le pouvoir d'édicter, en accord avec le Bundesrat, des ordonnances et des règlements d'administration publique applicables dans l'ensemble des Länder.

Le ministre fédéral compétent, c'est-à-dire, depuis avril 1986, le Ministre de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sûreté Nucléaire, a également la possibilité d'adresser au gouvernement d'un Land des injonctions dans l'intérêt de la loi et de l'ordre public, s'il apparaît des difficultés dans l'application de la loi.

Il existe trois groupes de spécialistes chargés d'assister et de conseiller les autorités dans ce domaine : le Conseil technique nucléaire (Kerntechnischer Ausschuss), la Commission de sûreté des réacteurs (Reaktor Sicherheits Kommission), la Commission de protection contre les rayonnements (Strahlenschutz Kommission).

Ces organismes sont gérés administrativement par l'institut de sécurité des réacteurs (Gesellschaft für Reaktorsicherheit) qui est l'équivalent à bien des égards de l'I.P.S.N. Cet organisme financé par l'Etat fédéral et les ressources provenant des expertises, effectue des études de sûreté et de protection dans le cadre de la procédure d'autorisation et des expertises ; les études fondamentales de sûreté étant poursuivies dans les centres d'études nucléaires relevant du Ministère fédéral de la recherche et de la technologie.

Cette organisation n'est sans doute pas, à notre avis, la mieux à même d'assurer l'indispensable unité du traitement des problèmes de sécurité.

Un certain nombre de personnalités rencontrées lors de notre mission dans ce pays ont reconnu que la France était avantagée pour résoudre les problèmes liés au nucléaire, du fait de la centralisation de son système de sûreté.

### 1-5-2-3. La Suisse.

Le 24 novembre 1957 le peuple et les cantons suisses ont adopté l'article 24 quinquies de la Constitution fédérale prévoyant que :

— la législation sur l'énergie atomique est du domaine de la Confédération ;

— la Confédération édicte les prescriptions sur la protection contre les rayonnements ionisants.

Se fondant sur cette disposition, le Parlement fédéral a approuvé le 23 décembre 1959, la Loi fédérale sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique et la protection contre les radiations, qui est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 1960.



L'Office fédéral de l'énergie (O.F.E.N.) qui fait partie du Département (Ministère) fédéral des transports, des communications et de l'énergie est chargé de préparer et de veiller à l'application des textes régissant l'utilisation de l'énergie nucléaire.

La surveillance des installations nucléaires est exercée par la Confédération.

A cet effet, le Conseil fédéral et les organes qu'il aura désignés peuvent prescrire et contrôler l'application des mesures édictées en vue de la protection des personnes et des biens.

En pratique, c'est la Division principale de la sécurité des installations nucléaires qui est, au sein de l'O.F.E.N., chargée de la majeure partie des inspections techniques des installations. Elle peut faire appel à des experts choisis en dehors de l'administration fédérale.

En France, un système moins centralisé, mais tout aussi efficace pourrait être mis sur pied avec la création d'une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires.

### 1-5-3. *Esquisse d'une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires*

La création d'une telle structure est nécessaire, afin que les Français soient assurés d'une part que les décisions importantes concernant la sécurité nucléaire sont prises avec la plus grande impartialité et d'autre part qu'ils peuvent disposer d'informations fiables dans ce domaine.

Nous ne ferons que l'esquisse d'une telle structure dans la mesure où sa création devra être précédée d'un large débat.

Nous indiquerons donc seulement notre position sur quelques points importants.

Tout d'abord nous estimons qu'il est nécessaire de prévoir un certain nombre de sauvegardes.

#### 1-5-3-1. Prévoir des sauvegardes

Il est nécessaire de sauvegarder d'une part certaines prérogatives du gouvernement et d'autre part la compétence des équipes des techniciens du nucléaire.

a) *Les prérogatives du Gouvernement*

Il est difficile de transposer purement et simplement la structure américaine de la N.R.C. dans la mesure où les pouvoirs qui lui appartiennent sont détenus en France par le Gouvernement.

Il est absolument nécessaire que le Gouvernement conserve de façon exclusive la maîtrise des décisions qui revêtent un caractère éminemment politique. Il doit donc conserver, dans le cadre de sa politique énergétique, le pouvoir de décider de la construction d'installations nucléaires et notamment de réacteurs.

Il doit également conserver l'entière responsabilité de l'établissement et de la mise en œuvre éventuelle des plans de protection civile visant à assurer la sauvegarde des personnes, des biens et de l'environnement.

b) *La compétence des équipes techniques*

Il est indispensable de sauvegarder la compétence des équipes techniques françaises et, en premier lieu, celles de l'I.P.S.N.

Pour cela, il est nécessaire que les techniciens de cet institut ne perdent pas le contact avec les problèmes techniques qui se présentent dans le domaine de l'énergie nucléaire. Compte tenu d'une part qu'il y a une certaine osmose entre l'I.P.S.N. et les autres équipes du Commissariat à l'énergie atomique, leur personnel respectif étant périodiquement brassé, et d'autre part que le nombre de spécialistes des problèmes nucléaires reste malgré tout limité dans notre pays, il est préférable de conserver l'I.P.S.N. à l'intérieur du C.E.A.

1-5-3-2. Les missions et les moyens de l'Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires.

a) *Les missions de l'Agence*

Les missions de l'Agence s'organiseraient autour de deux axes principaux :

- la surveillance des installations nucléaires ;
- l'information du public.

Il est proposé de charger cette agence de l'essentiel des tâches du S.C.S.I.N. et notamment :

- mener les procédures d'autorisation relatives aux installations nucléaires de base,
- organiser et animer la surveillance des installations,
- élaborer et suivre l'application de la réglementation technique générale,
- examiner les problèmes posés par le choix des sites.

Cette agence serait compétente pour donner l'autorisation de mise en service.

Il lui appartiendrait également, le cas échéant, en cas d'incident ou d'accident de décider l'arrêt d'une installation nucléaire.

Enfin cette agence reprendrait les compétences de toutes les structures existantes ayant pour finalité la diffusion de l'information sur les problèmes nucléaires.

L'agence assurerait donc à la fois la collecte de l'information et sa diffusion tant auprès des relais d'opinion que du public.

#### b) *Les moyens d'action*

La direction de cette agence serait assurée par des personnalités choisies en fonction de leur compétence et de leur indépendance.

Elle disposerait d'un budget propre.

Les personnels actuellement affectés au S.C.S.I.N. pourraient être mis à sa disposition.

Le texte créant l'agence prévoirait les modalités de la collaboration de l'I.P.S.N. et des exploitants d'installations nucléaires avec les équipes de l'agence.

Enfin, l'agence se verrait reconnaître un véritable pouvoir normatif pour mener à bien ses missions.

## 2. — L'organisation technique de la sûreté nucléaire

### 2-1. *Les principes*

Dans le domaine de l'énergie nucléaire comme dans toutes les autres activités industrielles, la sûreté absolue n'existe pas. Dès lors qu'une installation nucléaire contient une quantité importante de produits radioactifs une probabilité d'accident nulle ne peut être atteinte.

Les dispositions techniques de sûreté qui visent à prévenir les nuisances et les accidents, mais aussi à limiter les effets de ceux qui pourraient éventuellement se produire peuvent varier suivant le type de filière (graphite-gaz, eau ordinaire, neutrons rapides) mais reposent toutes sur les mêmes principes de base : la méthode des barrières, le principe de défense en profondeur, l'expérience d'exploitation.

#### 2-1-1. *La méthode des barrières*

Suivant le principe des poupées gigognes plusieurs barrières étanches successives sont interposées entre les produits radioactifs et l'environnement. Pour les réacteurs elles sont généralement constituées :

- de la gaine du combustible ;
- de l'enveloppe du circuit de refroidissement ;
- d'une enceinte de grand volume capable d'éviter le relâchement de radioactivité à l'extérieur si les deux premières barrières venaient à perdre leur étanchéité.

Chacune de ces barrières est examinée successivement sous l'angle de la prévention de sa rupture ou de la surveillance de son étanchéité et enfin des moyens d'action à mettre en œuvre pour limiter les conséquences de sa rupture.

#### 2-1-2. *Le principe de défense en profondeur*

La défense en profondeur est un ensemble de concepts et une méthode de raisonnement permettant d'examiner la totalité d'une installation tant au niveau de sa conception que de l'analyse de sûreté.

Elle prévoit plusieurs niveaux successifs :

— le premier niveau consiste à prendre des marges de manière à garantir un bon comportement de l'installation en fonctionnement normal et à lui conférer une résistance intrinsèque à ses propres défaillances. La qualité de la conception, de la construction et de l'exploitation joue ici un rôle essentiel,

— le second niveau consiste à mettre en place des systèmes de régulation et de protection capables d'arrêter une évolution anormale dans tous les cas de phénomènes transitoires et d'incidents prévisibles. Le plus important des systèmes de protection, sur le réacteur, est l'arrêt d'urgence. Il permet l'insertion rapide dans le cœur d'éléments absorbant les neutrons, qui stoppent immédiatement la réaction en chaîne,

— en plus des dispositions préventives retenues aux deux niveaux précédents, on établit une liste de tous les accidents plausibles d'origine interne ou externe à l'installation. Pour chaque type d'accident retenu on considère celui qui aurait les conséquences les plus graves et on met en place des systèmes de secours capables de limiter ses conséquences.

L'un de ces dispositifs, d'une grande importance, est le circuit de refroidissement de secours capable, en cas de rupture du circuit de refroidissement normal, d'éviter un échauffement excessif du combustible.

Afin de leur assurer une excellente fiabilité, les systèmes de protection et les systèmes de secours sont redondants, c'est-à-dire qu'ils peuvent remplir leurs fonctions même si une défaillance supplémentaire, indépendante de l'accident initial, les affecte.

Pour se protéger enfin contre les accidents très graves, même à probabilité très faible, qui impliqueraient la perte totale des systèmes précédents, des procédures et des équipements additionnels d'ultimes secours ont été étudiés depuis quelques années. Progressivement installés sur les centrales nucléaires françaises, ils sont destinés à la prévention et à la minimisation des conséquences d'un accident et concernent en particulier les cas de perte totale de la source froide, de l'eau d'alimentation des générateurs de vapeur ou des sources électriques externes ou internes.

Depuis une dizaine d'années, les méthodes d'analyse de sûreté ont été complétées par une approche probabiliste permettant de classer les différents types de défaillance et leurs conséquences, l'intérêt de cette méthode étant de pouvoir identifier les composants les plus sensibles de l'installation.

TMI a permis de confirmer l'approche générale de la sûreté fondée sur la défense en profondeur. Celle-ci a été parfaite : après l'accident de TMI, 46 modifications techniques ont été réalisées. Les principaux thèmes techniques ont été : l'interface entre la conception et l'exploitation, les modes de refroidissement du cœur du réacteur, le circuit primaire, les dispositifs de sûreté, les bâtiments des auxiliaires nucléaires et du combustible, les effluents radioactifs, le contrôle commande, la qualification des équipements, les situations hors dimensionnement, la fiabilité des circuits importants pour la sûreté, le plan d'urgence.

La mise en œuvre totale de ces mesures a été réalisée à la fin de 1986 pour les réacteurs de 900 MWe et de 1300 MWe. Ce plan d'action a coûté environ un milliard de francs en études et en modifications.

### 2-1-3. *L'expérience d'exploitation.*

L'utilisation de l'expérience d'exploitation — le retour d'expérience — est un élément essentiel de la démarche de sûreté. En permanence, le comportement réel des installations est comparé à celui qui avait été prévu, et les incidents, même mineurs, qui se produisent sont analysés, de façon à examiner s'ils auraient pu dégénérer vers une situation plus sérieuse et à prendre des mesures correctives éventuelles.

Ce retour d'expérience a permis de concentrer davantage l'attention sur les aspects de sûreté propres à l'exploitation des installations. Se sont vus ainsi reconnaître toute leur importance la formation du personnel et ce que l'on appelle l'interface entre l'homme et la machine que nous examinerons en détail plus loin.

L'accident de Three Mile Island et celui de Tchernobyl ont focalisé l'attention sur le problème de l'enceinte de confinement. A TMI, elle a évité que ne se répandent dans l'environnement des produits radioactifs. A Tchernobyl, toutes les structures ont été pulvérisées, permettant l'évasion de produits radioactifs.

L'enceinte de confinement apparaît alors comme la barrière ultime.

## 2-2. *L'enceinte de confinement, rempart ultime ?*

Votre rapporteur a confié l'étude de cette très importante question à M. Luc Gillon, professeur en génie nucléaire et en technologie des réacteurs à l'Université catholique de Louvain. Les résultats de l'expertise qu'il a bien voulu effectuer figurent ci-après légèrement remaniés.

Il a paru utile à votre rapporteur de solliciter l'avis de M. François COGNE, Directeur de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (I.P.S.N.) et de M. Pierre TANGUY, Inspecteur général pour la sûreté et la sécurité nucléaires d'Electricité de France sur un certain nombre de problèmes évoqués par le Pr. Luc GILLON.

Les avis de MM. COGNE et TANGUY sur ces questions sont insérés légèrement remaniés à la suite du passage de l'expertise du Pr GILLON abordant ces points.

### 2-2-1. *L'évaluation technique des enceintes des différents types de réacteurs*

L'enceinte de confinement est, en principe, dimensionnée en fonction de l'accident de référence qui est pris en considération comme possible lors de la conception du réacteur.

#### 2-2-2-1. Les enceintes de confinement des réacteurs à uranium naturel graphite-gaz (UNGG)

- *La conception des enceintes de confinement.*

Il y a deux types d'enceintes UNGG :

- les enceintes **intégrées** des réacteurs de Bugey et de Saint-Laurent-des-Eaux I et II,
- l'enceinte **non intégrée** du réacteur Chinon 3.

##### 1. *Les enceintes intégrées*

Le terme **intégré** signifie que la **totalité** du circuit primaire comportant le bloc réacteur, les générateurs de vapeur et les soufflantes de circulation de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) se trouvent dans un même caisson : le fluide caloporteur CO<sub>2</sub> circule essentiellement à l'intérieur de ce caisson.

Les enceintes intégrées présentent un maximum de sécurité vis-à-vis de ruptures majeures, de séismes importants ou d'agressions extérieures. Seuls des circuits auxiliaires de CO<sub>2</sub> sont extérieurs au caisson : on installe, au Bugey, sur ces circuits extérieurs des clapets permettant leur isolement en cas de rupture.

Ces installations minimisent la probabilité de dépressurisation du circuit primaire et rendent extrêmement peu probable l'entrée d'air atmosphérique dans le réacteur.

## 2. L'enceinte non intégrée de Chinon 3

Dans cette installation, le circuit primaire se compose :

- du caisson en béton précontraint contenant le réacteur,
- de deux bâtiments contenant les générateurs de vapeur et les soufflantes,
- de huit tuyaux en acier de grand diamètre reliant le caisson du réacteur au bâtiment des générateurs de vapeur.

Ces tuyaux constituent la partie la moins résistante du circuit primaire, surtout en cas de séisme, compte tenu de la réaction probablement fort différente du caisson du réacteur et de celle des bâtiments des générateurs de vapeur. La rupture de ces tuyaux conduirait à une dépressurisation rapide du circuit primaire et pourrait permettre l'entrée d'air atmosphérique dans le caisson du réacteur car aucun clapet n'est installé à l'entrée de ce caisson.

Les liaisons entre le bâtiment du réacteur et les bâtiments contenant les générateurs de vapeur ont été visitées en détail le 16 juillet 1987.

Il ressort des échanges de vues et de la visite du réacteur « Chinon 3 » que :

— L'exploitant ne considère pas qu'une rupture majeure des tuyauteries de circulation du gaz caloporteur CO<sub>2</sub> entre le bâtiment réacteur et les bâtiments des générateurs doit être prise en compte comme un « accident de dimensionnement ».

En conséquence, aucun dispositif n'est prévu pour empêcher une entrée d'air dans le réacteur en cas de rupture de ces tuyauteries.



— Les responsables de la centrale estiment que ces tuyauteries ne peuvent présenter une rupture majeure qu'en présence d'un phénomène extérieur violent, tel un tremblement de terre ou une agression conduisant à une explosion dans l'espace entre le bâtiment réacteur et les bâtiments des générateurs de vapeur.

— Les tuyauteries elles-mêmes ont été renouvelées partiellement, il y a quelques années et leurs vérifications périodiques ne révèlent pas de corrosion significative.

Il est regrettable que les clapets d'obturation de ces tuyauteries aient été installés à l'entrée des bâtiments des générateurs de vapeur et non pas à l'entrée du bâtiment du réacteur.

Il a été constaté qu'il y avait l'espace disponible pour placer des dispositifs d'obturation de ces tuyauteries au ras de leurs entrées dans le bâtiment réacteur :

- soit sous forme d'obturation « guillotine »,
- soit sous forme de vanne « papillon ».

Il est donc regrettable qu'il y a 5 ans, lorsque furent entrepris les travaux de réparation du réacteur, l'exploitant n'ait pas jugé utile d'installer de telles obturations.

A quelques semaines de l'achèvement des travaux de réparation, il est trop tard pour faire une telle modification avant la remise en marche du réacteur prévue pour novembre 1987.

Notre expert continue à penser qu'une rupture majeure de ces tuyauteries avec rentrée d'air dans le caisson du réacteur pourrait conduire à une inflammation d'abord du gainage du combustible, puis de l'uranium, pouvant entraîner éventuellement l'incendie du graphite.

E.D.F. fait procéder à une nouvelle étude des risques sismiques pouvant entraîner une rupture des tuyauteries.

- *L'étanchéité des enceintes*

L'enceinte d'un UNGG et la seule barrière entre le fluide caloporteur  $\text{CO}_2$  et l'environnement, alors que dans un REP il y a une barrière intermédiaire : le circuit primaire d'eau pressurisé.

Les enceintes des UNGG sont traversées par de nombreuses ouvertures pour permettre le changement du combustible durant le fonctionnement du réacteur et pour donner accès aux barres de contrôle.

Ces ouvertures sont fermées par des bouchons. Il n'est pas aisé de rendre tous ces bouchons parfaitement étanches : le circuit caloporteur qui contient quelque 200 tonnes de  $\text{CO}_2$  en perd 3 à 4 tonnes par jour à travers les ouvertures de l'enceinte et la machine de chargement du combustible.

Il importe donc de veiller à ce que le  $\text{CO}_2$  soit très peu contaminé bien qu'il traverse le réacteur.

Sa contamination vient principalement de défauts d'étanchéité du gainage du combustible et elle devient importante lorsqu'il y a des fentes ou des porosités dans ce gainage.

Pour détecter et localiser très rapidement des contaminations éventuelles, des renifieurs de  $\text{CO}_2$  sont installés dans le cœur à la sortie des canaux de combustible (détecteur de rupture de gaine). Dès qu'une contamination est détectée il y a lieu d'enlever les éléments de combustible dans le canal suspect.

Il ne semble pas possible, dans l'état actuel des réacteurs, d'éviter ces pertes importantes de  $\text{CO}_2$ .

#### 2-2-2-2. Les enceintes de confinement des réacteurs à neutrons rapides (RNR)

- *La conception des enceintes*

Le réacteur Super Phénix à Creys Malville peut être considéré comme celui dont l'installation présente le maximum de sécurité. Il est utile de comparer à cette installation celle du réacteur Phénix à Marcoule.

Les enceintes de confinement de Super Phénix comprennent :

- la cuve principale et la dalle formant l'enceinte intermédiaire de confinement,
- la cuve de sécurité et le dôme métallique formant l'enceinte principale de confinement,
- le bâtiment du réacteur, en béton, formant l'enceinte secondaire de confinement.

Le réacteur Super Phénix comporte donc au-dessus de la dalle porteuse du réacteur un dôme métallique qui constitue, avec la cuve de sécurité, une barrière d'étanchéité appelée barrière de confinement primaire.

LE REACTEUR PHENIX NE POSSEDE PAS DE DOME AU-DESSUS DE LA DALLE PRINCIPALE DU REACTEUR.

Les enceintes de Phénix sont donc :

— la cuve principale et la dalle formant l'enceinte principale de confinement,

— le bâtiment du réacteur en béton (structure parallélépipédique) formant l'enceinte secondaire de confinement.

• Les fonctions particulières des enceintes des RNR :

— *Le dôme de Super Phénix.*

Le dôme de Super Phénix a en particulier comme fonction d'empêcher un feu de sodium, se produisant sur la dalle, d'atteindre l'enceinte en béton du réacteur. Inversement, le dôme doit empêcher un feu de sodium, qui se produirait dans le bâtiment réacteur, d'atteindre la dalle avec tous les organes importants qui s'y trouvent : pompes, mécanismes des barres de contrôle, etc... Le dôme est normalement rempli d'air ventilé ; il est accessible à travers un sas.

A PHENIX, L'ABSENCE DE CE DOME PEUT FAIRE CRAINDRE QU'UN FEU IMPORTANT DE SODIUM AU-DESSUS DE LA DALLE PUISSE METTRE EN DANGER L'INTEGRITE DU BATIMENT EN BETON.

— *Le bâtiment du réacteur.*

Le réacteur Super Phénix est contenu dans un bâtiment en béton armé de forme cylindrique surmonté d'une calotte hémisphérique et reposant sur un radier monolithique. Le diamètre intérieur du cylindre est de 64 m. L'épaisseur de la paroi en béton est comprise entre 0,9 m et 1 m. L'épaisseur de la calotte sphérique est de 0,9 m, l'épaisseur du radier qui porte l'ensemble est de 5,30 m.

Ce bâtiment a été calculé dans une classe de séismes majorés et est apte à résister à un certain nombre d'agressions externes (chutes d'avions) et d'agressions internes (grand feu de sodium).

Le bâtiment du réacteur Phénix est une structure en béton parallélépipédique constitué de deux parties : une partie inférieure de forte épaisseur supportant la dalle principale du réacteur et s'étendant jusqu'aux fondations et une partie supérieure à la dalle du réacteur qui constitue une enceinte en béton relativement peu épaisse dont la structure parallélépipédique rend la fragilité beaucoup plus grande que s'il s'agissait d'un cylindre et d'un dôme.

Il est bien clair qu'une telle enceinte est beaucoup plus fragile que celle de Super Phénix et, vu l'absence de dôme, toute agression externe qui endommagerait l'enceinte pourrait amener des projectiles sur le plancher de la salle du réacteur. Ce plancher est distinct de la dalle en béton qu'il surplombe de 3 m, et est constitué simplement d'une série de pièces en tôle permettant la circulation sans assurer une étanchéité quelconque.

Selon M. François Cogné, « A Phénix, l'absence de dôme et la « fragilité » du bâtiment réacteur ne posent pas de problème, car il a clairement été prouvé que l'enceinte primaire, en l'occurrence la fermeture supérieure de la cuve principale, résisterait de façon convenable au dégagement d'énergie de 500 MJ, dans le sens que la masse de sodium éjectée à travers cette fermeture est nettement inférieure à 100 kg, quantité prise en compte pour le dimensionnement du bâtiment réacteur qui tient à des surpressions internes de 40 mbar. Les connaissances actuelles permettent d'affirmer que l'énergie dégagée dans un accident de fusion du cœur ne dépasserait pas 200 MJ.

« Dans le dimensionnement du bâtiment réacteur, on ne tient pas compte du plancher surplombant la fermeture supérieure (dalle en béton) car il ne joue aucun rôle d'étanchéité.

#### « Fragilité » de l'enceinte

« La tenue de l'enceinte constituée par le bâtiment réacteur a également été appréciée vis-à-vis des agressions extérieures, en examinant les probabilités d'explosion d'hydrocarbures et les probabilités d'impact sur des fonctions vitales dues aux chutes d'avion ou aux projectiles provenant d'un éclatement de la turbine. Les différentes probabilités ont été jugées suffisamment faibles (inférieures à  $10^{-7}$  par an) pour que le renforcement du bâtiment réacteur ne soit pas jugé nécessaire ».

### 2-2-2-3. Les enceintes de confinement des réacteurs à eau pressurisée (REP)

- *La conception des enceintes.*

Les enceintes de confinement des REP contiennent la totalité du circuit caloporteur primaire.

Les REP 900 MWe construits en France ont une enceinte de confinement en béton précontraint doublée d'une peau d'étanchéité en acier. Le volume libre dans l'enceinte est de 50 000 m<sup>3</sup>.

Les REP 1 300 MWe ont une double enceinte en béton précontraint. Il n'y a plus de peau d'étanchéité en acier. Le volume libre dans l'enceinte est de 70 000 m<sup>3</sup>.

La pression intérieure à laquelle l'enceinte d'un REP 900 MWe doit résister est de 0,4 MPa. Celle prévue pour les enceintes des REP 1 300 MWe est de 0,5 MPa. Les essais de ces enceintes sont faits avec une pression 1,3 fois supérieure à la pression à laquelle elles doivent résister.

Le dimensionnement de conception est fait pour que l'enceinte en béton précontraint résiste à la pression qui pourrait se produire dans le bâtiment si toute l'eau du circuit primaire venait à se répandre sous forme de vapeur dans cette enceinte, par suite d'une rupture importante dans le circuit primaire.

L'enceinte extérieure des 1 300 MWe est conçue pour résister à l'impact d'un avion de type déterminé tombant sur la centrale, à l'impact d'un missile tiré de l'extérieur sur la centrale et pour limiter des fuites se produisant si l'enceinte intérieure perdait partiellement son étanchéité.

L'adjonction de cette enceinte extérieure aux REP 1 300 MWe n'est pas considérée comme une amélioration **déterminante** de la sécurité des réacteurs par la Nuclear Regulatory Commission (NRC) qui a fait une étude approfondie de l'installation des réacteurs de Paluel.

- *Les sollicitations accidentelles des enceintes.*

On étudie actuellement avec soin, pour les enceintes intégrées du type REP, leur comportement lors d'accidents **hors dimensionnement**, appelés souvent accidents sévères.

On prend en considération les éléments suivants :

— l'explosion de vapeur dans la cuve du réacteur. Il est extrêmement peu probable qu'une telle explosion entraîne la rupture de l'enceinte ;

— l'explosion de vapeur hors de la cuve suite à une fusion du cœur et une interaction du corium avec l'eau se trouvant dans le fond de l'enceinte ;

— la surchauffe et la surpression progressives de l'enceinte par interaction du corium avec le béton ;

— la combustion déflagrante ou la combustion détonante de l'hydrogène accumulé dans l'enceinte.

En fonction de ces divers accidents, on cherche à déterminer, pour les enceintes :

— la charge maximum qui leur serait imposée,

— le mode de défaillance : fuite ou rupture,

— les chemins et débits de fuite,

— le délai avant une défaillance précoce ou une défaillance tardive,

— la sauvegarde des équipements nécessaires à la sécurité et à l'analyse de la situation dans laquelle se trouve le réacteur,

— la possibilité de rétention et de fixation de radioisotopes,

— l'intérêt d'une dépressurisation provoquée.

Les principes à mettre en œuvre après un accident sont :

— maintenir l'intégrité aussi complètement que possible et aussi longtemps que possible,

— surveiller l'accumulation d'hydrogène,

— évacuer l'énergie thermique qui se développe,

— réduire les rejets radioactifs dans l'environnement,

— prévoir les rejets extérieurs pour adapter les plans d'urgence et de secours, en tenant compte des conditions météorologiques,

— faire une estimation des avantages et des inconvénients de diverses mesures préconisées en matière de protection des populations et de l'environnement tels que le confinement dans les habitations, la distribution d'iode et l'évacuation.

• *Appréciation de l'état actuel des études faites ou en cours.*

La défaillance précoce d'une enceinte ne semble possible que par une combustion **détonante** d'hydrogène qui peut être évitée dans les grandes enceintes du REP, s'il y avait une oxydation complète du zirconium, en additionnant à l'atmosphère une quantité adéquate de vapeur d'eau ou de CO<sub>2</sub>.

On considère comme possible la défaillance tardive de l'enceinte s'il y a fusion du cœur, de la cuve et interaction du corium avec le béton. Dans ce cas la dépressurisation contrôlée de l'enceinte est à envisager.

EDF a décidé d'équiper les enceintes de confinement des REP d'un dispositif permettant leur dépressurisation contrôlée à travers un filtre à sable. De tels filtres retiendraient, en principe, les 9/10<sup>e</sup> des produits de fission, à l'exception des gaz rares.

Il est certainement utile de disposer d'un moyen de dépressurisation en cas d'accident vraiment majeur.

Si l'on devait relâcher de la radioactivité à travers les filtres à sable, il faut être particulièrement prudent lorsque les centrales se trouvent à quelques kilomètres de la frontière de pays étrangers.

Si les traversées des enceintes par des tuyauteries et des câbles peuvent paraître des points faibles, il est probable que la dégradation de ces traversées conduirait à des fuites et non pas à des ruptures de l'enceinte.

Pour les REP qui représentent la quasi-totalité du parc français de réacteurs, la menace la plus importante pour l'intégrité de l'enceinte, proviendrait, en cas d'accident grave, des explosions d'hydrogène.

### *2-3. La résistance des enceintes des REP aux explosions d'hydrogène*

#### *2-3-1. La révélation du danger à TMI*

L'accident de Three Mile Island a montré combien le danger de la production d'hydrogène dans un accident sévère avait été sous-estimé.

Les règlements de la NRC prévoyaient avant l'accident de TMI qu'au maximum quelques pourcents du zirconium formant le gainage du combustible pouvaient s'oxyder en cas d'accident sévère.

A TMI, il y avait 18,8 tonnes de zirconium dans le gainage du combustible. On estime que 50 % de ce zirconium s'est oxydé, produisant environ 450 kg d'hydrogène correspondant à plus de 5 000 m<sup>3</sup> d'hydrogène gazeux en conditions normalisées.

Environ 325 kg d'hydrogène se sont échappés du circuit primaire pour arriver dans l'enceinte de confinement et quelques 125 kg sont restés prisonniers du circuit primaire en y formant une bulle de gaz incondensable. L'hydrogène répandu dans l'enceinte a commencé à brûler de manière non détonante 10 heures après le début d'accident, provoquant une surpression transitoire de 0,2 MPa.

On a estimé qu'au moment de l'inflammation de l'hydrogène, sa concentration était de l'ordre de 8 %.

Si la totalité des 450 kg d'hydrogène était arrivé dans l'enceinte, sa teneur aurait été de 10 %.

Il est clair que si à TMI la totalité du zirconium s'était oxydé, il aurait produit environ 900 kg d'hydrogène, soit plus de 10 000 m<sup>3</sup> d'hydrogène normalisé, ce qui aurait constitué dans l'enceinte de TMI (48 000 m<sup>3</sup>) un mélange pouvant être détonant, malgré la présence de vapeur d'eau.

Il est donc essentiel d'examiner avec soin le problème que pose la libération d'hydrogène dans l'enceinte d'un REP lors d'un accident sévère.

### *2-3-2. La production d'hydrogène lors d'un refroidissement inadéquat du cœur*

#### 2-3-2-1. La réaction métal/eau à proximité du combustible

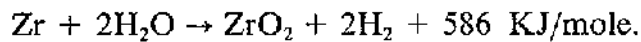
Les métaux les plus proches du combustible dans le cœur d'un REP sont le gainage du combustible et les structures et assemblages de celui-ci. Dans les REP ces métaux sont pour la plus grande part du zirconium et pour une moindre part de l'acier inoxydable.



- *Réaction zirconium-vapeur d'eau.*

Lorsqu'on a une perte de fluide de refroidissement sans fonctionnement adéquat des systèmes de refroidissement de secours, une bonne partie des faisceaux de combustible peut baigner dans la vapeur d'eau au lieu de baigner dans l'eau liquide. Les faisceaux sont alors mal refroidis et leur température peut monter rapidement au-delà de 1 000 °C.

A cette température commence la réaction exothermique :



Le zirconium fond à 1 852 °C.

A des températures supérieures à 1 000° il se forme rapidement une couche d'oxyde de zirconium. Celle-ci peut se fragmenter et tomber en poudre permettant ainsi à une nouvelle couche d'oxyde de zirconium de s'oxyder. De plus, sous l'effet des radiations il y a la formation d'oxygène naissant qui accélère la réaction mentionnée ci-dessus et provoque, dès que l'oxyde d'uranium est mis à nu par effritement du gainage, une oxydation de l'uranium et la production d'un complexe zirconium-uranium-oxygène.

- *L'oxydation de l'acier inoxydable dans la vapeur d'eau.*

L'oxydation de l'acier inoxydable est relativement faible à une température inférieure à 1 150 °C, mais elle devient importante aux températures supérieures à 1 150°. Le point de fusion des aciers inoxydables se situe généralement entre 1 370° et 1 500°, soit nettement plus bas que le point de fusion du zirconium.

Il y a aux environs des cœurs de réacteurs près de 1 000 m<sup>2</sup> de surface d'acier inoxydable qui pourrait participer à une réaction d'oxydation.

- *Choix du gainage.*

Comme l'oxydation du gainage du combustible, est, au début d'un accident sévère, la principale source de formation d'hydrogène, on peut se poser la question de savoir si l'on pourrait diminuer cette production d'hydrogène en remplaçant les gainages, actuellement en zirconium, dans les REP par des gainages en acier inoxydable.

Il y a un consensus pour estimer que pour les températures inférieures à 1 150° la réaction acier inoxydable — H<sub>2</sub>O est plus lente que la réaction Zr-H<sub>2</sub>O et produit donc moins d'hydrogène.

Par contre pour les températures supérieures à 1 150° la réaction inox-H<sub>2</sub>O devient aussi rapide et même plus rapide au-delà de 1 250° que la réaction Zr-H<sub>2</sub>O.

L'étude des débris du cœur de Three Mile Island et diverses expérimentations ont montré qu'en cas de mauvais refroidissement du cœur, la température du gainage dépasse rapidement 1 150° et que le phénomène d'oxydation du zirconium ou de l'acier étant un phénomène exothermique, la réaction d'oxydation a tendance à s'accélérer.

Il convient aussi de tenir compte des inconvénients du gainage en acier inoxydable :

— absorption importante de neutrons qui nécessite l'emploi d'un combustible plus enrichi en <sup>235</sup>U,

— perméabilité de l'acier inoxydable au tritium qui vient polluer l'eau du circuit primaire,

— point de fusion de l'acier inoxydable nettement plus bas que celui du zirconium.

IL NE SEMBLE DONC PAS Y AVOIR D'INTERET MANIFESTE A REMPLACER LE GAINAGE EN ZIRCONIUM PAR UN GAINAGE EN ACIER INOXYDABLE POUR DIMINUER LA PRODUCTION D'HYDROGENE.

- *Quantité d'hydrogène pouvant être produite lors de l'oxydation du gainage du combustible.*

Il est prudent de considérer que la totalité du zirconium du gainage pourrait s'oxyder en produisant 44 kg d'hydrogène/1 000 kg de zirconium, ce qui conduirait à la formation de plus de 1 000 kg d'hydrogène pour un REP 1 300 MWe dont le gainage contient 24 900 kg de Zr, et à la formation de 800 kg d'hydrogène pour un REP 900 MWe.

La production de cet hydrogène peut être rapide. En quelques minutes une partie du zirconium peut être fortement oxydé et en moins de deux heures la totalité du zirconium peut avoir réagi avec la vapeur d'eau.

### 2-3-2-2. Les autres sources d'hydrogène

L'oxydation des métaux se trouvant dans l'enceinte de confinement tels l'aluminium dans de nombreux éléments de structure et le zinc composant une partie des peintures de l'enceinte, conduirait à une production d'une centaine de kilogrammes d'hydrogène au maximum, réparti sur plusieurs jours.

La décomposition des isolants des câbles électriques pourrait produire environ 100 kg d'hydrogène en une trentaine de jours.

La radiolyse de l'eau, surtout sous forme de vapeur, dans le cœur du réacteur produirait une quantité d'hydrogène qui serait faible par rapport à celle produite par l'oxydation du gainage du combustible.

### 2-3-3. *La production d'hydrogène en cas de fusion du cœur et de formation d'un magma appelé corium*

En plus de la production d'hydrogène possible lors d'une découverte du cœur, il pourrait se produire dans ce cas extrême :

— l'oxydation de l'acier de la cuve en contact avec le corium et la fusion de cet acier,

— la décomposition radiolytique de l'eau se trouvant dans le puisard au fond de l'enceinte du réacteur et qui serait rapidement vaporisée lors de son contact avec le corium,

— l'interaction du corium avec le béton de la dalle de base du bâtiment du réacteur avec vaporisation et radiolyse de l'eau fixée dans le béton (4 à 9 % en poids) et libération de CO<sub>2</sub> et même de CO par décomposition des agrégats constitutifs du béton.

**CES INTERACTIONS POURRAIENT PRODUIRE DES QUANTITES IMPORTANTES D'HYDROGÈNE : plusieurs tonnes au bout de quelques jours.**

En résumé, dans la séquence d'un accident sévère sans possibilité de refroidissement du cœur, il y a au début une vaporisation de l'eau du circuit primaire, suivie de la formation rapide d'hydrogène par l'oxydation du gainage en zirconium et enfin la formation plus lente d'hydrogène par oxydation des aciers, radiolyse de l'eau et réaction du corium avec le béton libérant de la vapeur d'eau et de l'hydrogène.

#### 2-3-4. La combustion de l'hydrogène

L'hydrogène peut brûler dans l'air :

- de manière continue en flammes de diffusion,
- de manière **déflagrante**, lorsque la flamme se propage à une vitesse **subsonique** par rapport au gaz non encore brûlé,
- de manière **détonante**, lorsque la flamme se propage à une vitesse **supersonique** par rapport au gaz non encore brûlé.

Ce mode de combustion **détonante** engendre une onde de choc qui est violente et peut produire des surpressions en front d'onde pouvant atteindre plus de 2 MPa. Une telle onde de choc pourrait être de nature à menacer l'intégrité de l'enceinte de confinement d'un REP.

IL IMPORTE DONC D'EVITER ABSOLUMENT QUE L'HYDROGENE PRODUIT LORS D'UN ACCIDENT SEVERE NE PUISSE DONNER LIEU A UNE COMBUSTION DETONANTE DANS L'ENCEINTE.

La limite inférieure de la concentration d'hydrogène à partir de laquelle une combustion détonante peut se produire dans un mélange air-hydrogène est fonction :

- de la concentration en hydrogène,
- du phénomène initiateur de la combustion,
- de la géométrie du milieu, de sa dimension et des obstacles présents,
- de la température et de la pression,
- de l'état de turbulence du mélange gazeux,
- de la présence d'autres gaz tels que vapeur d'eau ou CO<sub>2</sub>,
- de l'accélération que peut prendre une flamme subsonique.

L'établissement de cette limite est une donnée essentielle de la sécurité des enceintes des réacteurs. Elle fait l'objet de nombreuses expérimentations.

Leurs résultats peuvent se formuler ainsi :

— un mélange H<sub>2</sub>O-air sec peut devenir détonant à partir de 10 à 13 % d'hydrogène,

— la présence de vapeur d'eau ou de CO<sub>2</sub> augmente fortement le pourcentage d'hydrogène nécessaire à la détonation,

— la détonation peut être initiée par un phénomène violent ou par l'accélération d'une flamme subsonique jusqu'à une vitesse supersonique : il s'agit d'une **transition de la déflagration vers la détonation (TDD)**. CE DERNIER PHENOMENE EST CELUI QUE L'ON DOIT CRAINDRE DANS LES ENCEINTES LORS D'UN ACCIDENT SEVERE,

— la TDD est généralement favorisée par la présence d'obstacles, ceux-ci étant nombreux dans les enceintes de réacteurs. La TDD est également favorisée par la hausse des températures et des pressions ainsi que par des turbulences importantes.

Les résultats expérimentaux faits dans des chambres d'essais de petites dimensions sont peu fiables. Les résultats les plus significatifs sont ceux obtenus dans diverses installations de grande taille, telles celles existantes dans les laboratoires de Sandia à Albuquerque (États-Unis) où l'on dispose d'un tube chauffé de 43 cm de diamètre et de 13 m de long (HDT) ainsi qu'une chambre de combustion à température ambiante de 1,8 m × 2,4 m et d'une longueur de plus de 30 m (FLAME).

Il y a aussi dans les laboratoires de Battelle à Francfort (RFA) une chambre de 1 m × 1 m × 6 m et d'autres dispositifs de grandes dimensions sont réalisées à Ranfoss en Norvège pour étudier des mélanges acétylène-air.

Selon M. François Cogné, « Toutes les études de combustion (et en particulier de détonation) de l'hydrogène sont fondées sur des données acquises au début de ce siècle, et couramment utilisées en chimie et en métallurgie. Ces données sont rassemblées dans des diagrammes appelés diagrammes de SHAPIRO qui indiquent pour des mélanges d'air, d'hydrogène et de vapeur d'eau, les proportions relatives de ces composants à partir desquels le mélange présente des risques d'inflammabilité ou de détonation, et ceci dans différentes conditions de température et de pression comme le montre la figure suivante :

LIMITES D'INFLAMMABILITE

—————	24°C , 1 bar
- - - - -	149°C , 1 bar
- · - · -	149°C , 7,9 bars

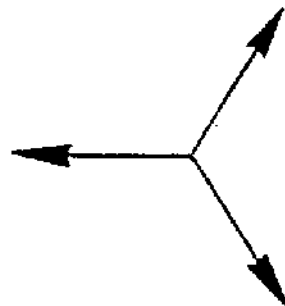
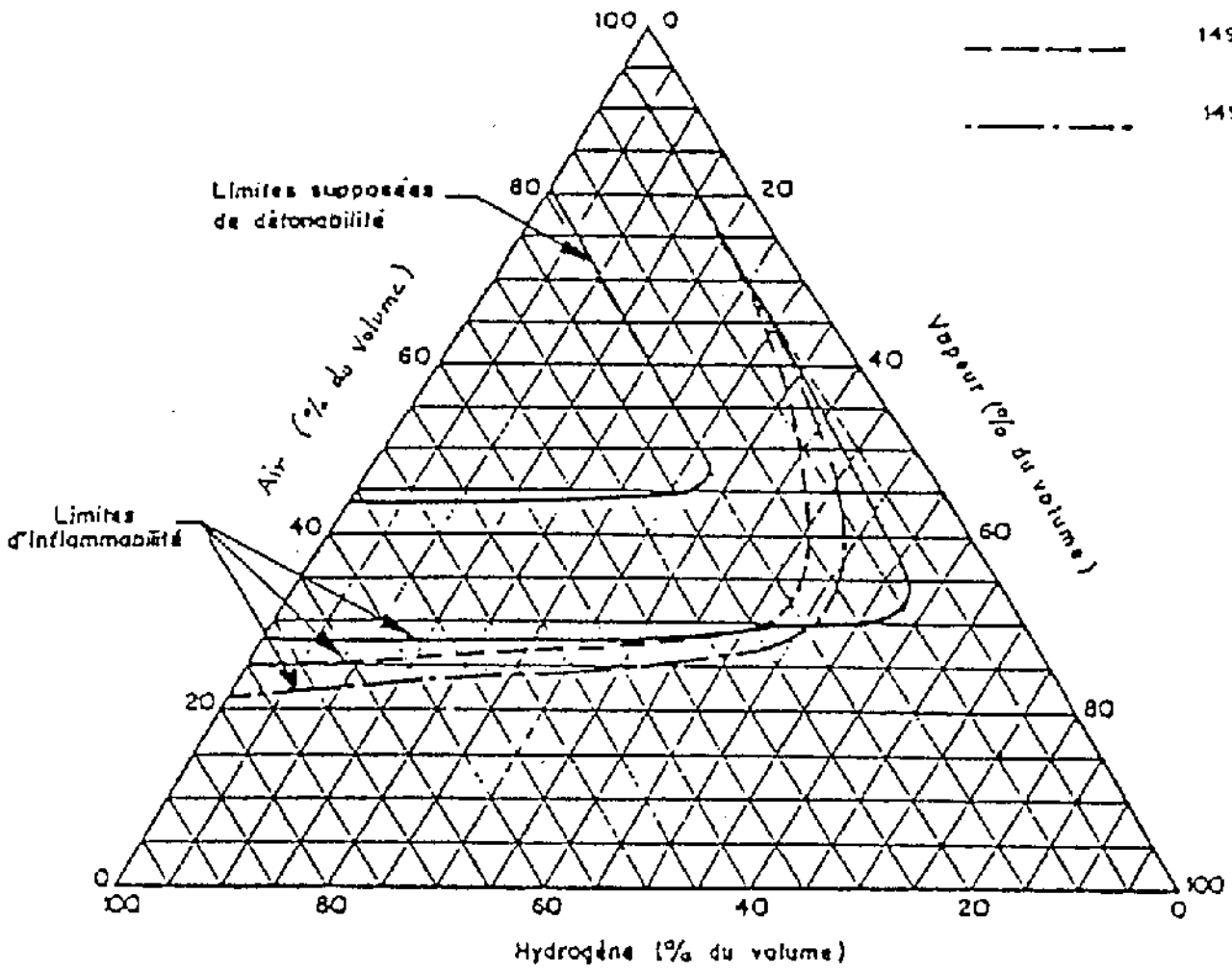


Diagramme de SHAPIRO

« Ces données universellement reconnues n'ont jamais été remises en cause, mais ont été précisées ou complétées pour les besoins propres au nucléaire et notamment à la suite de l'accident de Three Mile Island : des études expérimentales ont été menées d'une part pour mieux cerner les limites d'inflammabilité et de détonabilité pour les mélanges ternaires contenant de l'air, de la vapeur d'eau et de l'hydrogène ; d'autre part pour étudier l'influence de gaz tels que l'oxyde de carbone ou le gaz carbonique susceptibles de se dégager au cours d'un accident grave dans un réacteur nucléaire.

« Les risques de détonation n'existent que si les conditions sont réunies pour obtenir une déflagration, comme le montrent les diagrammes de SHAPIRO.

« Pour un réacteur à eau pressurisée par exemple, dans le cas très hypothétique où aucun système de sauvegarde n'aurait fonctionné et où aucune procédure n'aurait permis de maîtriser l'accident, l'hydrogène est d'abord produit par l'oxydation des gaines en zircaloy et, plus tard dans le déroulement de l'accident, par l'interaction éventuelle du corium et du béton.

« Dans tous les scénarios étudiés, il apparaît que la production d'hydrogène est précédée par un fort dégagement de vapeur d'eau, ce qui inhibe la détonation : en effet, les points correspondants se situent dans la zone non dangereuse des diagrammes de SHAPIRO. Dans la plupart des cas, en admettant une distribution homogène d'hydrogène dans l'enceinte, on montre que, dans les accidents graves, il n'y a pas ou peu de risque de déflagration et donc de transition vers la détonation.

« Au cours du déroulement de l'accident, il peut se produire en certains endroits des surconcentrations en hydrogène, mais l'on a de bonnes raisons de penser que ces surconcentrations sont localisées dans des casemates par où passe le circuit primaire. Dans ce cas, il est vraisemblable qu'une détonation n'endommagera pas l'enceinte de confinement.

« Des calculs sont actuellement en cours pour conforter ces hypothèses.

« Les moyens d'éviter le passage de la déflagration à la détonation ont été recensés. Leur principe consiste à consommer l'hydrogène avant que celui-ci n'atteigne des concentrations importantes, soit par combustion soit par recombinaison catalytique. Les dispositifs correspondants nécessiteraient la mise en œuvre d'igniteurs ou de catalyseurs. »

Selon M. Pierre TANGUY, « les conditions à remplir pour avoir un risque de détonation sont définies par le diagramme de Shapiro.

« Pour atteindre le domaine ainsi défini, il faudrait prendre en compte des séquences accidentelles allant au-delà de l'oxydation de la totalité des gaines combustibles associées à une température enceinte relativement basse (inférieure à 70°C environ). D'autre part l'énergie nécessaire pour initier une détonation directe est beaucoup (de l'ordre de  $2 \times 10^8$  fois) plus grande que celle nécessaire pour initier une déflagration. Il est donc hautement improbable qu'il se produise une détonation généralisée dans l'enceinte : s'il existe une source d'allumage c'est très vraisemblablement une déflagration ou combustion locale qui aura lieu.

« Une détonation peut, aussi, résulter du phénomène dit de transition déflagration-détonation (TDD). Des études, avec expérimentation à petite échelle, sont en cours pour déterminer si une déflagration initiée dans l'espace confiné d'une des casemates du circuit primaire peut donner lieu à la propagation d'une onde de détonation dans le volume libre de l'enceinte ».

#### 2-3-5. *La limite inférieure de détonabilité d'un mélange hydrogène-air*

Divers essais faits antérieurement semblaient montrer que la limite inférieure de détonabilité de mélange hydrogène-air se situait à plus de 15 % d'hydrogène.

Des études récentes, tant théoriques qu'expérimentales, semblent montrer qu'un tel mélange hydrogène-air peut devenir détonable à partir de 10 à 13 % d'hydrogène dans une enceinte de grande dimension présentant divers obstacles.

Le seuil inférieur de détonabilité s'élève nettement à plus de 13 % si l'on ajoute au mélange hydrogène-air une quantité supérieure à 15 % de vapeur d'eau ou de  $\text{CO}_2$ .

Le seuil de détonabilité s'abaisse en fonction de la hausse de température et de pression et les turbulences sont plutôt considérées comme dangereuses.



### 2-3-6. *La répartition de l'hydrogène dans l'enceinte*

S'il est aisé de calculer la teneur moyenne de l'hydrogène dans une enceinte en fonction du volume de celle-ci et de la quantité d'hydrogène produit, il est clair que la répartition de l'hydrogène, surtout dans les premières heures d'un accident, peut-être très variable en fonction de l'endroit où l'hydrogène s'échappe du circuit primaire et des différents cloisonnements existants dans l'enceinte de confinement.

Des études en cours montrent que divers « compartiments » à l'intérieur de l'enceinte d'un REP peuvent avoir des concentrations d'hydrogène nettement supérieures à la moyenne et contenir des mélanges détonables.

### 2-3-7. *Le comportement des enceintes de REP*

Une **combustion déflagrante** d'hydrogène ne semble pas de nature à pouvoir compromettre l'étanchéité des enceintes REP 900 MWe compte tenu de la peau d'acier de ces enceintes et des caractéristiques de leur construction en béton.

Par contre, on estime qu'il serait possible de provoquer dans des enceintes de REP 1 300 MWe des fissures de l'enceinte interne si plus de 75 % du gainage de ces réacteurs s'oxydait.

Si l'on considère la possibilité d'une **combustion détonante** d'hydrogène, compte tenu de l'onde de choc qui peut produire des surpressions dépassant 2 MPa pendant un temps court de quelques microsecondes, il n'est pas certain que les enceintes actuelles des REP résistèrent à une telle détonation.

L'interaction d'une onde de choc avec des enceintes est un problème extrêmement complexe pour lequel des études sont en cours.

**EN CONCLUSION, IL FAUT METTRE EN ŒUVRE DES MOYENS RAISONNABLES POUR EVITER QU'UNE DETONATION D'HYDROGENE PUISSE AVOIR LIEU DANS L'ENCEINTE D'UN REACTEUR A EAU PRESSURISEE.**

### 2-3-8. La détection de l'hydrogène

Les mesures basées sur le prélèvement de gaz dans l'enceinte avec son analyse à l'extérieur de celle-ci semblent être lentes et peu diversifiables.

**IL DOIT ETRE POSSIBLE D'INSTALLER DES DETECTEURS DIRECTS, PAR EXEMPLE, DE TYPE CATALYTIQUE** dans l'enceinte et de pouvoir transmettre électriquement leur signal en dehors de celle-ci.

Ces détecteurs doivent être fiables entre 2 et 20 % d'hydrogène, tant dans l'air sec qu'en présence de vapeur d'eau. Ils doivent fonctionner à une température ambiante jusqu'à 300 °C, pouvoir résister à la contamination de produits de fission et leur électronique doit être stable en présence de doses élevées de radiations.

De tels détecteurs, s'ils ne sont pas encore disponibles sur le marché, doivent cependant pouvoir être obtenus dans des délais et à des prix raisonnables.

Selon M. Pierre TANGUY, « l'installation de détecteurs catalytiques d'hydrogène dans l'enceinte a été envisagée et non retenue.

« En effet deux catégories de situation sont à envisager :

« — Les accidents pris en compte dans le dimensionnement des tranches qui conduisent à une production d'hydrogène avec une *cinétique lente*.

« Dans ces situations, l'installation, dans un délai de l'ordre d'une semaine, de recombineurs d'hydrogène, acheminés depuis le site de FESSENHEIM, est prévue pour diminuer la quantité d'hydrogène éventuellement produit lors de l'accident. Les centrales sont équipées d'un système de mesure de la concentration en hydrogène de l'air de l'enceinte par échantillonnage compatible avec les conditions de mise en œuvre de ces recombineurs. Ceci permet de gérer le fonctionnement de ces appareils.

« — Les accidents hautement improbables qui conduisent à une production massive d'hydrogène avec une *cinétique en principe rapide*. Dans ces conditions, les recombineurs catalytiques ne sont pas des appareils appropriés, il convient de s'assurer que les enceintes de confinement résistent à une éventuelle déflagration de l'hydrogène formé. »

2-3-9. *La neutralisation des enceintes de réacteurs et l'élimination de l'hydrogène*

2-3-9-1. La neutralisation des enceintes de réacteurs

Après TMI la Nuclear Regulatory Commission a imposé la **neutralisation** des enceintes de petite taille pour les réacteurs à eau bouillante Mark I et Mark II (9 000 m<sup>3</sup>), en éliminant l'oxygène contenu dans ces enceintes dans les 24 heures qui suivent la mise en marche d'un réacteur.

Une autre méthode d'éliminer l'oxygène présente dans l'enceinte a été proposée en installant dans celle-ci un moteur diesel consommant l'oxygène de l'air pour le transformer en CO<sub>2</sub>. Cependant cette méthode est sujette à contestation, car il est difficile d'installer ce moteur diesel de façon à être sûr qu'il brûle la grosse majorité de l'oxygène présent dans l'enceinte avant de s'arrêter faute de comburant.

Les études de la limite de détonabilité du mélange hydrogène-air montrent que l'addition de vapeur d'eau relève fortement la teneur en hydrogène nécessaire à pouvoir provoquer une détonation : dans un accident impliquant une fuite majeure ou une rupture du circuit primaire d'un REP, une partie importante de l'eau du circuit primaire arrivera sous forme de vapeur dans l'enceinte de confinement et donc remplira le rôle anti-détonant lié à l'addition de vapeur d'eau. Cependant, après un jour ou deux, il est possible que la vapeur d'eau se condense en majeure partie et que sa teneur devienne inférieure au pourcentage inhibiteur de la transition vers la détonation. Rappelons qu'à TMI il y a eu peu de vapeur d'eau dans l'enceinte.

S'IL N'Y A PAS ASSEZ DE VAPEUR D'EAU IL SERAIT SOUHAITABLE DE POUVOIR INJECTER DANS L'ENCEINTE UNE CERTAINE QUANTITE DE CO<sub>2</sub> (20 %) QUI REMPLIRAIT A SON TOUR LE ROLE D'INHIBITEUR.

Ceci devrait se faire dans les deux jours qui suivent un accident majeur. On pourrait installer en permanence dans l'enceinte de confinement des tuyauteries appelées généralement « tuyauteries sèches » partant de l'extérieur de l'enceinte et se ramifiant à l'intérieur de celle-ci. Ces tuyauteries seraient normalement vides et fermées. Elles pourraient être raccordées à une citerne mobile contenant du CO<sub>2</sub> liquide, amenée à l'extérieur de l'enceinte, soit

à partir d'un stock central pouvant arriver sur place dans les douze heures après un accident majeur, soit à partir d'un stock local. Il s'agit ici d'un investissement simple et peu coûteux pouvant renforcer la sécurité.

Selon M. Pierre TANGUY, « une injection de CO<sub>2</sub> aurait pour but d'empêcher la combustion de l'hydrogène dans l'enceinte de confinement en ramenant sa concentration volumique en dehors des limites du domaine de combustion.

« Cependant les volumes nécessaires sont de l'ordre de grandeur du volume des enceintes et surtout conduisent à une augmentation supplémentaire de pression dans l'enceinte de l'ordre de 1 bar.

« Cette mesure ne constitue donc pas une parade valable. Par ailleurs, elle induit certainement des risques vis-à-vis du personnel lors de l'exploitation normale. »

Il semble peu indiqué de prévoir l'injection dans l'enceinte de gaz halogène, tel le fréon ou le halon, car ils peuvent se décomposer sous l'action des rayonnements et des produits de fission, être corrosifs et générer de l'hydrogène.

L'injection de brouillard de gouttelettes d'eau est controversée en fonction de la dimension des gouttelettes. L'injection de mousse semble peu pratique.

### 2-3-9-2. L'élimination de l'hydrogène

- *La recombinaison catalytique de l'hydrogène*

Les appareillages de **recombinaison catalytique** de l'hydrogène tels qu'ils existent actuellement dans certaines enceintes de réacteurs, ne peuvent recombinaison plus de 60 à 200 m<sup>3</sup>/heure d'hydrogène normalisée. Ils sont donc totalement insuffisants en cas d'accident sévère.

Des catalyseurs beaucoup plus actifs ont été envisagés par exemple sous forme de poudres catalytiques répandues dans l'enceinte lorsqu'une présence significative d'hydrogène serait identifiée.

Cependant l'installation de tels dispositifs est fortement contestée, car il n'est pas évident d'une part que les catalyseurs seront libérés au bon moment, et d'autre part, que leur action ne sera pas inhibée par les pollutions en vapeur d'eau et en produits de fission pouvant exister dans l'enceinte après l'accident.

• *La combustion de l'hydrogène*

La combustion de l'hydrogène avant que sa concentration n'ait atteint une valeur dangereuse est actuellement une action prévue par la NRC dans des enceintes de taille moyenne (35 000 m<sup>3</sup>), telles celles des réacteurs à eau bouillante Mark III et des REP avec condensateur à glace.

Il faut donc pour cela « allumer » l'hydrogène avant qu'il n'ait atteint une concentration dangereuse.

Les allumeurs peuvent être :

— soit un filament chaud, genre bougie de préchauffage des moteurs diesel,

— soit une source d'étincelles, genre bougie d'allumage des moteurs à essence : ce dernier type est bon marché, efficace et ne demande qu'une faible source d'énergie qui peut être aisément maintenue par batterie en cas de perte totale du réseau électrique,

— soit des allumeurs catalytiques, mais leur fonctionnement pourrait être aléatoire en cas de contamination par des produits de fission.

L'INSTALLATION D'ALLUMEURS N'EST ACTUELLEMENT PAS IMPOSÉE DANS LES ENCEINTES DE TYPE REP 900 MWe OU 1 300 MWe, MAIS IL NOUS SEMBLE QUE CE SERAIT UN ÉLÉMENT SUPPLÉMENTAIRE DE SÉCURITÉ QUE DE LES Y INSTALLER. Ceci ne représenterait pas un effort important.

Les objections à la combustion délibérée d'hydrogène sont la surchauffe et les dommages que cette combustion peuvent apporter à l'appareillage dans l'enceinte.

Des études sont en cours, spécialement aux États-Unis, sur la résistance de ces appareillages à des conditions de température et de contaminations importantes. Il faut aussi veiller, dans la mesure du possible, à placer les appareillages délicats dans les meilleurs endroits possibles de l'enceinte.

Selon M. Pierre TANGUY, « les principales difficultés de mise en œuvre des allumeurs résident dans la détermination de leur répartition spatiale et de la séquence de fonctionnement à adopter.

« Compte tenu du fait que les enceintes des réacteurs à eau sous pression (REP) français résistent à la combustion de l'hydrogène produit par l'oxydation de la totalité des gaines combustibles, l'installation de tels dispositifs n'a pas paru nécessaire.

« Rappelons de plus que, pour tous les accidents de dimensionnement, qui par nature même sont les moins improbables, la production d'hydrogène est lente et compatible avec la mise en œuvre de recombineurs. Ceux-ci permettent de maintenir la teneur en hydrogène dans l'enceinte en-dessous de 4 % ce qui exclut tout risque de combustion et, *a fortiori*, d'explosion. »

### 3. — Les problèmes posés par l'interface homme/machines sont-ils suffisamment pris en compte ?

L'accident de Three Mile Island a montré avec acuité que l'homme est le maillon faible de la sûreté nucléaire. Un certain nombre de mesures ont donc été prises pour prévenir d'éventuelles défaillances : formation et entraînement des exploitants ; amélioration des conditions de pilotage des centrales ; création du corps des ingénieurs de sûreté et de radioprotection (I.S.R.). Après Tchernobyl, il convient d'améliorer encore ces mesures et de promouvoir une « culture de sûreté ».

#### 3-1. *La sûreté en exploitation : la prise en compte du facteur humain et les mesures post TMI*

Si la sûreté d'une centrale nucléaire est directement fonction de la qualité de la conception, des fabrications et de la construction, elle dépend également, lors de son fonctionnement, de la qualité de sa conduite par les exploitants. Celle-ci doit exclure toute défaillance pouvant causer un accident compte tenu des systèmes de sécurité existants.

Le concepteur d'une installation nucléaire doit avoir pour principal souci d'élaborer une machine et des systèmes de sécurité qui limitent les effets d'une erreur possible de l'opérateur, l'homme faisant les erreurs que la machine ne l'empêche pas de faire. Cependant, l'expérience montre qu'un accident grave a toujours une composante « facteur humain », même s'il trouve son origine dans une défaillance du matériel ou dans un événement extérieur : les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl sont suffisamment éclairants à cet égard.

Ce qui est également moins connu, c'est que même lorsque l'on se limite seulement aux incidents ou aux seules pertes de production, le facteur humain intervient selon M. Pierre Tanguy, dans une proportion qui varie de 30 à 60 % selon le type d'événement considéré.

C'est T.M.I. qui a constitué le véritable révélateur de ce problème.

Depuis cet accident, EDF s'est doté d'équipes chargées de prendre en compte le facteur humain dans l'exploitation et la conception des centrales nucléaires.

Les principaux sujets traités sont :

— l'analyse du comportement humain en centrales et sur simulateurs ;

— l'amélioration de l'interface homme-machine : modifications ergonomiques des salles de commande, meilleur repérage des matériels et des locaux, automatisation de certaines tâches, etc. ;

— l'amélioration de l'organisation du travail : coordination entre les différents intervenants, passation de consignes entre équipes, communication, etc.

— l'intégration des facteurs humains dans les études probabilistes de risque.

Enfin des études plus fondamentales ont été engagées, notamment sur l'analyse des facteurs de stress en centrale nucléaire ou la recherche des erreurs de représentation.

Outre les modifications techniques apportées aux réacteurs, EDF a, également dans le cadre du plan dit « post TMI », modifié les procédures d'exploitation dans le sens d'une prise en compte plus importante du facteur humain.

Les modifications ont principalement porté sur :

— la formation et l'entraînement des exploitants ;

— les améliorations apportées aux conditions de pilotage des centrales ;

— la création d'un corps d'ingénieurs de sûreté et de radioprotection (ISR).

### 3-2. *La formation et l'entraînement des exploitants*

La qualité de la formation donnée aux agents de conduite des installations nucléaires et des centrales en particulier est un élément fondamental de leur sûreté.

E.D.F. a dès l'origine disposé d'une structure de formation de ses agents combinant les formes traditionnelles avec l'apprentissage sur le terrain.

Outre la formation à la conduite normale des centrales, l'accent a été mis, à juste titre, sur la gestion des situations accidentelles dans la mesure où celle-ci peut être considérée comme la dernière barrière à opposer à une évolution catastrophique.

A titre d'exemple, nous évoquerons la formation des opérateurs-chef de quart, adjoint chef de quart, chef de bloc et assistant chef de bloc.

Celle-ci comprend une formation initiale, un perfectionnement et un entraînement périodique.

#### — La formation initiale.

La formation initiale des opérateurs s'articule essentiellement en trois phases. Chacune, d'une durée de deux semaines, est précédée en centrale par une étude des procédures correspondantes :

- la première concerne la conduite normale,
- la seconde complète la première par l'analyse des principaux incidents d'exploitation (arrêt d'urgence, flottage,...),
- la troisième permet de traiter les accidents et d'assimiler l'organisation et la pratique des consignes accidentelles.

Chaque phase comprend des analyses en salle et des applications sur simulateur (trois heures par jour sur simulateur).

Cette formation initiale est complétée par un stage de deux semaines consacré aux incidents de perte de sources électriques de puissance et de contrôle de commande. Se déroulant dans les mêmes conditions que la formation initiale, il offre aux opérateurs l'occasion d'appliquer toutes les consignes de conduite adaptées à ce type d'événement.



— Le perfectionnement.

Un stage de trois semaines sur la sûreté en exploitation destiné aux chefs de quart permet une analyse plus approfondie des incidents ou accidents étudiés ou survenus sur des installations existantes, et des principales procédures accidentelles et hors dimensionnement. L'approche par état et ses applications aux procédures d'urgence sont également abordées.

Des séances de simulateur sont intégrées à ce stage et permettent l'application de ces procédures.

— L'entraînement périodique.

Deux stages d'entraînement périodique sont offerts aux opérateurs en alternance annuelle. Leur durée respective est d'une semaine. Le premier appelé « recyclage » est centré sur la mise à jour individuelle des connaissances : il est donc adapté aux besoins de chacun et est soumis à une appréciation qui est nécessaire pour le renouvellement de l'habilitation de chaque agent. Ce stage couvre l'ensemble du domaine de fonctionnement de l'installation.

Le second porte sur un entraînement collectif d'une équipe de quart. Cette « mise en situation » des équipes de conduite porte essentiellement sur des scénarios d'accidents. Elle permet une révision de chaque famille d'accidents et une analyse des relations entre les membres de l'équipe en situation perturbée.

Comme on peut le voir, le travail sur simulateur revêt une grande importance. Bien avant TMI, E.D.F. avait déjà décidé de se doter de simulateurs où les opérateurs pourraient s'entraîner à la conduite dans des situations anormales.

Sept simulateurs correspondant aux tranches de 900 MWe et 1300 MWe ont été installés depuis 1978. Ils permettent de traiter plus de cinq cents types d'accidents, tels le fonctionnement défectueux d'une vanne, une petite rupture de canalisation, une panne électrique, etc...

Mais d'autres accidents leur échappent.

En effet, un simulateur doit calculer en temps réel le déroulement de l'accident que l'on souhaite représenter. Dans certains cas, comme par exemple lorsqu'une brèche importante du circuit primaire entraîne une ébullition de l'eau, le volume de calculs est trop important.

Aussi étudiait-on depuis dix ans la réalisation d'un simulateur beaucoup plus puissant, capable de traiter l'évolution d'un mélange eau-vapeur et de modéliser le comportement d'un réacteur dans des conditions extrêmes, l'accident de TMI ayant, entre-temps, mis en évidence son intérêt.

Cet appareil, dénommé « SIPA », dont la construction a été menée à bien par Thomson, permettra la simulation d'un grand nombre d'accident graves et notamment la perte de refroidissement.

Les simulateurs permettent aux opérateurs d'apprendre et de répéter les manœuvres à effectuer en cas d'incident ou d'accident. Mais préalablement, il est nécessaire d'établir un diagnostic exact de la situation afin d'éviter les fausses manœuvres génératrices d'accident, comme cela a été le cas à TMI.

Pour cela des améliorations ont été apportées aux conditions de pilotage des centrales.

### *3-3. Les améliorations apportées aux conditions de pilotage des centrales.*

Trois actions ont été conduites dans ce domaine : amélioration de l'ergonomie de la salle de commande, et des procédures de conduite post-accidentelles, création d'un panneau de sûreté.

#### *3-3-1. L'amélioration de l'ergonomie de la salle de commande*

A la lumière de l'accident de TMI des études de la salle de commande ont été effectuées, avec l'aide de spécialistes de l'exploitation des centrales nucléaires, mais également de l'exploitation des complexes industriels.

Deux types de modifications que votre rapporteur a pu voir lors de sa visite à la centrale de Cattenom ont été apportées :

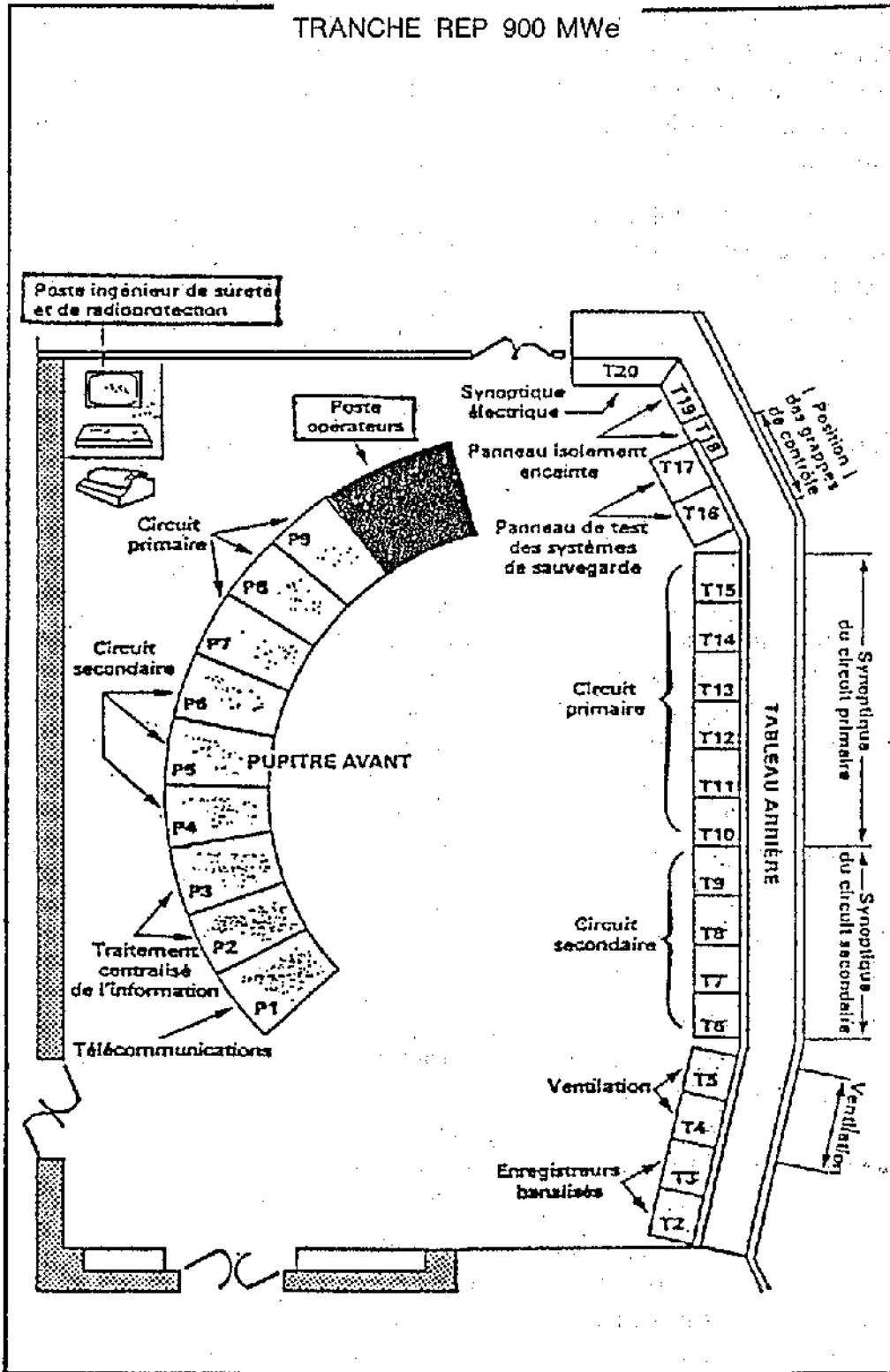
— ajout d'informations supplémentaires : alarmes, état des vannes de certains systèmes importants pour la sûreté ;

— amélioration de l'accès aux informations par regroupement des systèmes d'affichage et de visualisation des données relatives à un même ensemble de matériels ; délimitation des zones fonctionnelles par des panneaux colorés ; amélioration de la clarté du repérage sur tous les pupitres ; utilisation de symboles différents pour les équipements tournants (pompes, ventilateurs,...) et les vannes, utilisation des mêmes échelles sur les différents indicateurs ; développement des moyens informatiques (écrans interactifs,...) etc...

Une salle de commande se présente donc de la façon suivante :

### SALLE DE COMMANDE

TRANCHE REP 900 MWe



Source : E.D.F.

### 3-3-2. *L'amélioration des procédures de conduite post-accidentelles*

Les procédures de conduite post-accidentelles ont été revues afin de réduire le risque d'erreur en cas d'accident, car, ainsi que l'a déclaré M. Lucien Bertron, sous-directeur, chef-adjoint du Service de la Production Thermique d'EDF à votre rapporteur, ces procédures, bonnes sur le fond, étaient dans la forme mal adaptées à la compréhension par le personnel dans la mesure où elles ont été élaborées de façon assez théorique.

Ainsi que votre rapporteur a pu également le constater, la forme des consignes de conduite accidentelles a été profondément remaniée dans sa structure, avec un document par opérateur et un document de coordination, et dans sa présentation (vocabulaire, graphisme) à la suite de nombreuses expérimentations sur simulateur.

Sur le fond, les résultats d'études post-accidentelles ont été intégrés à une présentation plus cohérente de chaque accident.

### 3-3-3. *La création du panneau de sûreté*

La création du panneau de sûreté est complémentaire de l'action sur les procédures. En effet, rien n'est plus complexe pour un opérateur de centrale nucléaire que de prendre une décision rapide au moment où son tableau d'alarmes se met à clignoter de toutes parts parce qu'un incident vient de se produire. Si toutes les anomalies de fonctionnement déclenchent des alarmes, très vite toute la salle de contrôle s'illumine : c'est selon l'expression des techniciens d'EDF, « l'arbre de Noël » : on ne sait plus quelle est la panne d'origine et l'opérateur est débordé.

Il faut donc donner sous une forme claire les informations pertinentes qui permettront de prendre les décisions adaptées à la situation réelle de l'installation.

Ni à TMI, ni à Tchernobyl, l'opérateur n'avait sous les yeux, pendant les longues heures où il aurait pu stopper le développement de l'accident, l'information essentielle : la marge à la saturation à TMI qui lui aurait montré que l'eau commençait à bouillir dans le cœur, la marge de réactivité opérationnelle à Tchernobyl qui lui aurait montré que le réacteur n'était plus contrôlé.

Le principe du panneau de sûreté consiste donc, comme l'a constaté votre rapporteur à Cattenom, à fournir une information regroupée en un même endroit et hiérarchisée. Les paramètres sont présentés de façon à assister les opérateurs dans l'exécution des diagnostics et dans l'application des procédures.

Ce dispositif comporte plusieurs fonctions :

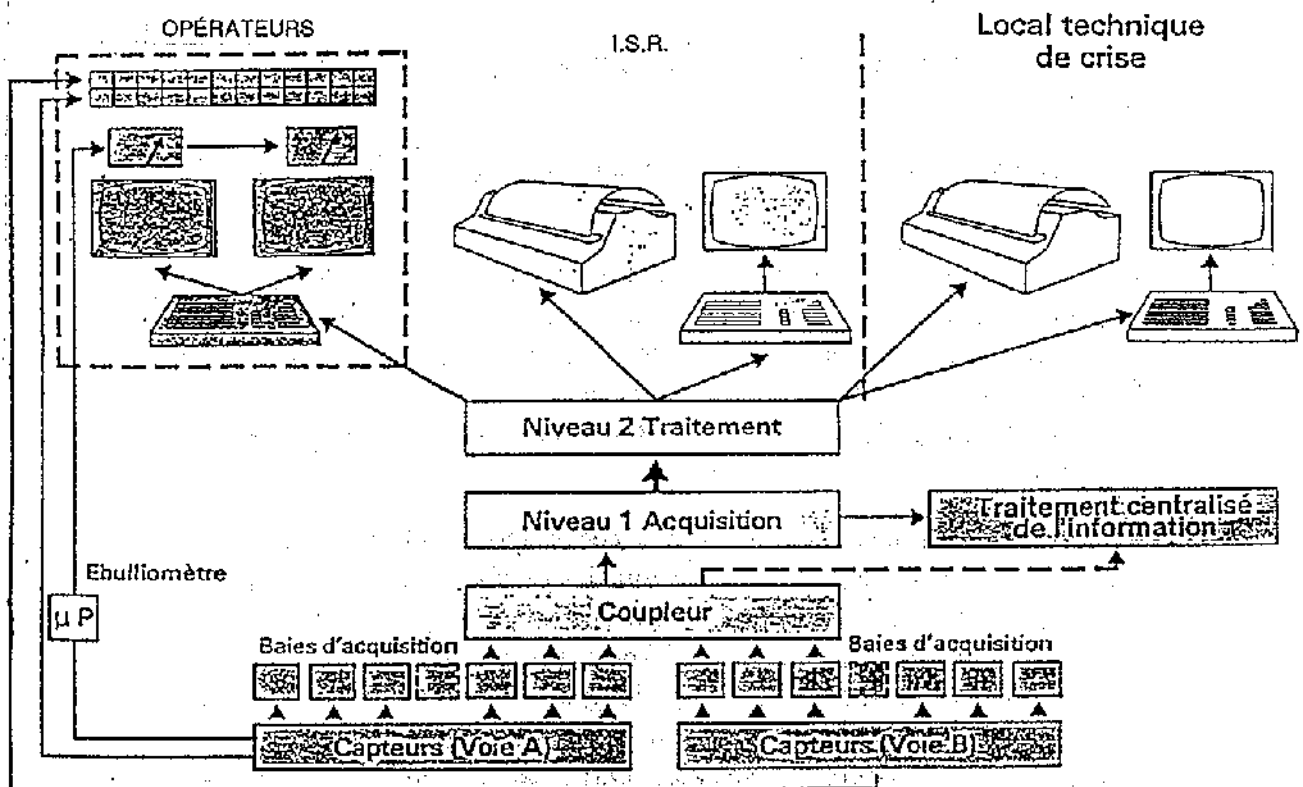
- l'identification du premier défaut,
- la surveillance des actionneurs,
- l'aide au diagnostic et à la sélection des procédures suite à une injection de sécurité,
- la surveillance de certains paramètres dont la marge à la saturation,
- la surveillance continue après incident,
- l'assistance à l'application de la procédure d'urgence UI qui doit permettre aux opérateurs de « sauver le cœur » lorsqu'il apparaît en danger.

En situation accidentelle, trois catégories de personnes sont concernées :

- les opérateurs en salle de commande,
- l'ingénieur de sûreté et de radio-protection en salle de commande,
- les experts dans le local de support technique.

L'architecture du panneau de sûreté est donc la suivante :

### ARCHITECTURE DU PANNEAU DE SÛRETÉ SALLE DE COMMANDE



Comme on peut le voir sur le schéma précédent, le panneau de sûreté comporte un pupitre pour les opérateurs de la salle de commande, un pupitre pour l'ISR et un pupitre pour l'équipe locale de crise formée par les experts appelés à la suite d'un accident. Il permet également tout échange d'informations sur l'état de la tranche avec l'équipe nationale de crise.

Il faut noter que le panneau de sûreté est considéré comme un équipement complémentaire de l'instrumentation existante en salle de commande. En cas d'indisponibilité du panneau de sûreté, les méthodes usuelles de diagnostic ou d'application des procédures basées sur la seule utilisation des indicateurs et enregistreurs de la salle de commande sont toujours possibles.

### *3-4. Les ingénieurs de sûreté et de radioprotection (ISR)*

La décision d'assurer la présence permanente dans chaque centrale d'un ingénieur spécialement formé aux procédures de sûreté et de radioprotection est la décision la plus significative adoptée après TMI. Actuellement l'effectif des ISR s'élève à 130 personnes.

#### *3-4-1. La formation des ISR*

Leur formation est principalement axée sur le domaine accidentel.

Ils sont formés soit par la filière normale, soit par la filière interne.

Les ingénieurs recrutés par la filière normale sont des diplômés des grandes écoles scientifiques. Ils suivent une formation de deux ans comprenant des stages en salle de commande et sur simulateur, et une formation théorique. Ils reçoivent également une formation à la sûreté en exploitation. Les ISR exercent leurs fonctions pendant au moins trois ans renouvelables.

Ces personnels n'exercent pas ces responsabilités durant toute leur vie professionnelle, car il y aurait un risque que s'installe une certaine routine préjudiciable à la sécurité. Ces agents peuvent alors occuper d'autres fonctions de responsabilité au sein d'EDF. Une filière interne permet aux chefs de quart de devenir ISR, ce qui assure ainsi une valorisation importante de leur expérience du pilotage des tranches nucléaires. Dans ce cas la durée minimale des fonctions est de cinq ans.

### 3-4-2. *Les fonctions de l'ISR*

Nous examinerons d'abord ses fonctions en période incidentelle ou accidentelle, et ensuite en période normale.

#### 3-4-2-1. Ses fonctions en période incidentelle ou accidentelle

En cas d'incident sur un réacteur, l'équipe de quart et l'ISR analysent *indépendamment* la situation. Ils confrontent ensuite leurs diagnostics. Si l'incident peut être traité dans le cadre des procédures normales, la conduite reste assurée par l'équipe de quart. Mais l'ISR peut prendre le commandement dès qu'il le juge utile et décider d'appliquer des mesures exceptionnelles.

Le chef de quart est tenu de faire appel à l'ISR sur des critères précis caractéristiques de l'entrée de la tranche en situation incidentelle tels que, notamment :

- augmentation de l'activité du circuit primaire,
- augmentation de l'activité rejetée à la cheminée,
- augmentation du débit de fuite du circuit primaire,
- tout transitoire incidentel important sur la production etc..

#### 3-4-2-2. Ses fonctions en période normale

En situation normale d'exploitation l'ISR est notamment chargé :

- de détecter les incidents pouvant avoir un caractère précurseur ;
- d'effectuer l'analyse critique des différents paramètres d'exploitation et de leur évolution ;
- de porter un jugement critique sur les conditions d'exploitation ;
- d'analyser les différents événements d'exploitation et de rédiger les rapports correspondants ;
- d'assurer la coordination, à l'échelle du site des actions concernant la sûreté, la protection de l'environnement, la sécurité, la radioprotection et la protection du site ;
- de participer à la formation du personnel de conduite.

Spécialement formé aux situations accidentelles, l'ingénieur de sûreté et de radioprotection assure donc une redondance des diagnostics et peut corriger, si nécessaire, des actions inappropriées des opérateurs. Votre Rapporteur considère donc l'institution de l'ISR comme tout à fait fondamentale, celle-ci prenant un relief particulier après l'accident de Tchernobyl dû à un nombre élevé d'erreurs humaines.

### *3-5. Après Tchernobyl : promouvoir une culture de sûreté*

Tchernobyl a montré une fois de plus qu'en matière de sûreté, rien n'est jamais définitivement acquis. Si cet accident ne remet pas profondément en cause les dispositions de sûreté prises en France, votre Rapporteur estime qu'il constitue un événement dont les pouvoirs publics et les exploitants de réacteurs nucléaires doivent tirer parti afin que la routine des tâches d'exploitation n'altère pas la sensibilité des opérateurs au strict respect des règles de sûreté relatives à la prévention des accidents dans la mesure où il y a, même dans les centrales qui fonctionnent bien, un risque d'accident grave.

Naturellement, la réflexion sur la composante humaine en situation accidentelle doit être également poursuivie. Il s'agit ici de la formation des opérateurs aux situations accidentelles, y compris celles hors dimensionnement, ce qui suppose une connaissance des risques associés et de leur évolution dans une situation particulièrement grave. Il s'agit aussi du problème des moyens de conduite disponibles sur l'installation concernée et sur les installations voisines, compte tenu des niveaux d'irradiation et de contamination sur le site.

Les mesures prises après TMI concernant la prise en compte du facteur humain dans la conduite des centrales constituent sans aucun doute des progrès considérables.

Cependant Tchernobyl a montré qu'un accident est toujours possible et que la plus grande vigilance s'impose.

A cet égard l'incident survenu sur le réacteur n°4 du centre de Tricastin à la fin du mois de février 1987 qui a engendré selon les termes du Directeur général d'EDF une « situation (qui) devait incontestablement être considérée comme un incident significatif sur



le plan de la sûreté» et due à «une erreur d'appréciation» a démontré qu'il est nécessaire que soit développée sans cesse ce qu'on peut appeler la «culture de sûreté».

Cette culture de sûreté restera à l'avenir la meilleure garantie de sécurité.

#### 4. L'avenir : les nouvelles générations de réacteurs « intrinsèquement sûrs »

Votre Rapporteur a également confié à M. Luc GILLON l'étude de ces nouvelles générations de réacteurs.

Les résultats de cette expertise figurent ci-après légèrement remaniés.

##### 4-1. *Les caractéristiques de sûreté*

###### 4-1-1. *Réactivité*

Un réacteur « sûr » doit éviter tout accroissement brusque de sa réactivité et, en tout cas, un accroissement pouvant conduire à une réactivité prompte (supérieure à 0,5 %).

La réactivité d'un réacteur change avec sa température, sa puissance, l'état de son fluide de refroidissement et de son modérateur.

Il faut que toute tendance à la hausse de température, puissance, évaporation du caloporteur entraîne une diminution spontanée de la réactivité.

Un réacteur « sûr » est celui dont les différents coefficients de température, de puissance, de vide, sont négatifs.

Un réacteur ne doit jamais avoir tendance à s'emballer. SA SECURITE DOIT ETRE ASSUREE PAR SES CARACTERISTIQUES INTERNES ET NE DOIT PAS DEPENDRE D'ABORD DES ACTIONS DE L'OPERATEUR.

Pour fonctionner adéquatement, un réacteur demande une réserve de réactivité. Cette réserve doit être strictement contrôlée : une libération brusque de plus de 0,5 % de réactivité est dangereuse. L'importance de sa réserve de réactivité dépend, d'une part des caractéristiques du réacteur et, d'autre part, de la longueur du cycle de combustible que l'on désire mettre en œuvre.

UN REACTEUR « SUR » EST CELUI DANS LEQUEL LA RESERVE DE REACTIVITE NECESSAIRE EST AUSSI FAIBLE QUE POSSIBLE.

#### 4-1-2. *Refroidissement du cœur*

Le cœur est refroidi par un fluide caloporteur qui peut être liquide ou gazeux.

Les caloporteurs liquides sont efficaces tant qu'ils restent liquides. Il faudra donc les utiliser de préférence à des températures nettement inférieures à celles de leurs points d'ébullition. Si le caloporteur liquide se met à bouillir, il refroidit moins bien et peut donc entraîner un risque de surchauffe du cœur.

Les gaz sont des caloporteurs plus sûrs car ils ne peuvent changer de phase mais ils demandent de plus grandes surfaces d'échange pour refroidir le cœur.

Il faut choisir un caloporteur qui soit chimiquement compatible avec le milieu dans lequel il chemine normalement et, chimiquement aussi peu réactionnel que possible avec le milieu qu'il peut rencontrer en cas d'accident (sodium/eau).

LE CALOPORTEUR LE PLUS SUR EST L'HELIUM.

#### 4-1-3. *Evacuation de la chaleur résiduelle.*

La fission engendre des déchets radioactifs : les produits de fission. Leur radioactivité, inévitable, se prolonge après l'arrêt de la réaction en chaîne et chauffe le réacteur. La chaleur résiduelle produite est importante : 6 % de la puissance thermique du réacteur peu après l'arrêt. Cette chaleur résiduelle doit être évacuée, sinon le cœur du réacteur se surchauffe et peut fondre.

UN REACTEUR « SUR » EST CELUI OU L'EVACUATION DE CETTE CHALEUR RESIDUELLE PEUT SE FAIRE AVEC LE MAXIMUM DE SECURITE, DE PREFERENCE DE FACON PASSIVE, sans besoin d'une source extérieure d'énergie.

Pour limiter la chaleur résiduelle, après la disparition des radioéléments à courte vie, il faut éviter d'accumuler dans le cœur des radioéléments à longue vie. Le rechargement continu d'un réacteur est préférable à un rechargement discontinu. Dans ce dernier cas, LA PERIODE ENTRE LES RECHARGEMENTS NE DOIT PAS ETRE PROLONGEE INDUMENT.

#### 4-2. *Les réacteurs à haute température à neutrons thermiques refroidis à l'hélium*

Ce type de réacteur met en œuvre du combustible gainé de graphite et refroidi à l'hélium. Il est contenu dans une enceinte intégrée en béton précontraint.

Deux réacteurs de puissance de ce type fonctionnent :

— le réacteur HTGR (High Temperature Gas Reactor) de 300 MWe à Fort St Vrain (Etats-Unis) dont le combustible est dispersé dans des blocs de graphite percés de trous de circulation d'hélium,

— le réacteur THTR (Thorium Hochtemperatur Reaktor) à Uentrop (RFA) dont le combustible est dispersé dans un grand nombre de boulets baignant dans la circulation d'hélium.

Il existe depuis 1967 un réacteur de recherche AVR à Jülich (RFA) qui fonctionne d'une manière très satisfaisante.

Un réacteur de recherche DRAGON a fonctionné au Royaume-Uni pour le compte de l'Euratom de 1964 à 1976 et un réacteur de démonstration (semi-industriel) a fonctionné de 1966 à 1974 à Peach Bottom (Etats-Unis).

Le combustible des réacteurs THTR et AVR est fait de microsphères d'oxyde d'uranium et de thorium contenues dans deux couches de graphite et enrobées d'une couche de carbure de silicium (SiC) et d'une couche de graphite formant des boulets de 5,5 cm de diamètre.

Il y a 92.000 boulets dans le réacteur AVR et 675.000 boulets dans le réacteur THTR. Les boulets de combustible sont introduits par le haut du cœur et retirés par le bas de manière continue durant le fonctionnement du réacteur.

Tout le circuit primaire (y compris les circulateurs d'hélium et les générateurs de vapeur) est contenu dans une enceinte **intégrée** en béton précontraint, offrant un maximum de garantie contre l'entrée accidentelle d'air dans le cœur du réacteur.

Le combustible chauffe l'hélium à 750° en restant lui-même à des températures inférieures à 850° C. Dans AVR on peut chauffer l'hélium à 1000 °C avec une température de combustible inférieure à 1150 °C. Le carbure de silicium reste parfaitement étanche aux produits de fission, c'est donc un gainage bien supérieur aux gainages métalliques.

Le combustible possède un coefficient de température suffisamment négatif pour que la réaction en chaîne s'arrête d'elle-même, **sans introduction de barre de contrôle**, par échauffement, avant que la température du réacteur ne devienne dangereuse, même en l'absence de circulation d'hélium.

C'est donc un réacteur d'une sécurité intrinsèque plus élevée que celle des autres réacteurs actuels REP — UNGG — RNR.

La chaleur résiduelle, après arrêt de la réaction en chaîne peut s'évacuer **passivement** en absence de toute source d'électricité.

Le thorium, matière fertile, incorporé dans le combustible se transforme en uranium 233. Le réacteur a un facteur de conversion de 80 % plus élevé que celui des REP qui est d'environ 68 %, mais plus faible que celui des RNR où il atteint 110 %.

Si l'on pouvait faire fonctionner le cœur avec de l'uranium 233 comme combustible initial, le facteur de conversion dépasserait 95 % et pourrait même s'approcher de 100 %. Ce serait un réacteur **presque surrégénérateur** beaucoup moins délicat qu'un RNR.

Il est regrettable que des difficultés techniques (de nature non nucléaire) aient entravé gravement le fonctionnement du réacteur HTGR à Fort St Vrain.

Les performances du réacteur THTR sont très satisfaisantes et la RFA espère bien poursuivre le développement de cette filière.

Les promoteurs de cette filière de réacteur offrent de construire :

— un modèle modulaire de 200 Mj/sec avec échangeur hélium-hélium fournissant de l'hélium secondaire à 700° pour utilisation directe dans l'industrie chimique,

— un modèle HTR 100 de 100 MWe,

— un modèle HTR 500 de 500 MWe.

Ces réacteurs devraient être économiquement compétitifs avec les REP tout en présentant des caractéristiques d'une sûreté accrue et d'un rendement thermique supérieur à 40 %.

Le retraitement du combustible n'a pas encore été effectué de manière industrielle.

#### 4-3. *Les réacteurs à neutrons rapides refroidis à l'hélium*

Un groupe de travail a été constitué sous l'égide de la CEE pour l'étude d'un réacteur surrégénérateur refroidi à l'hélium.

Les représentants de la France dans ce groupe sont EDF et le CEA.

L'utilisation d'hélium comme caloporteur écarte les deux objections principales aux réacteurs refroidis au sodium (RNR) :

- le danger de la vive réactivité chimique du sodium,
- le danger de l'effet de vide de sodium pouvant entraîner une excursion de puissance.

Evidemment il sera nécessaire de pressuriser l'hélium à plus de 8 MPa alors que le sodium ne doit pas être pressurisé mais cette pression est encore bien inférieure à celle des REP : 15 MPa.

Une perte de pression de l'hélium n'entraîne aucune excursion de puissance.

Dans un premier stade ce réacteur pourrait être développé en utilisant des faisceaux de combustibles analogues à ceux des RNR actuels (combustible Phénix). Avec du combustible gainé d'acier inoxydable, la température de l'hélium ne pourra dépasser 600°C. EDF et CEA ont proposé de transformer le réacteur EL4 de Brennilis pour en faire un réacteur rapide refroidi à l'hélium. Cette proposition n'a pas été retenue faute de moyens financiers.

Dans un second stade ce réacteur devrait être développé avec du combustible gainé au carbure de silicium afin de pouvoir atteindre des températures de l'hélium plus élevées (800 à 900°C), mais il faudra réaliser ce gainage avec un minimum de graphite pour ne pas ralentir les neutrons.

## II. — DEFENSE CIVILE ET SECURITE NUCLEAIRE

La sécurité nucléaire vise à remédier à toute situation de crise. Elle comporte deux volets : d'une part l'ensemble des mesures tendant à empêcher ou à limiter l'exposition des populations civiles aux rayonnements ionisants, d'autre part les moyens permettant la prise en charge sanitaire des personnes contaminées ou irradiées à l'occasion d'un accident survenu dans une centrale nucléaire.

### 1. L'efficacité de l'organisation administrative de la sécurité nucléaire n'est pas démontrée

Cette organisation est fondée sur la coordination interministérielle. Il peut en résulter une certaine incapacité à réagir avec rapidité et efficacité.

#### 1-1. Une organisation fondée sur la coordination

On trouve, au plan local :

— l'exploitant nucléaire lui-même, le directeur de la centrale pouvant déclencher le plan d'urgence interne (P.U.I.) ;

— le commissaire de la République, doté de la faculté de mettre en vigueur le plan particulier d'intervention (P.P.I.), intégré au plan ORSEC-RAD.

Il existe, au plan national :

— le SCSIN, assisté de l'IPSN, chargé, grâce à son concours technique, de contrôler les mesures prises par l'exploitant ;

— le Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI), surveillant les conséquences radiologiques des rejets immédiats non prévisibles ;

— la direction de la sécurité civile, avec pour mission de coordonner les moyens de secours ;

— éventuellement, d'autres services (armées, police).

Le directive du 30 octobre 1981 du Premier ministre précise le rôle de tous les acteurs.

L'instruction interministérielle du 26 octobre 1982 a intégré les P.P.I. aux plans de secours radiologiques départementaux (plan ORSEC-RAD).

De nombreux textes d'application ont été pris.

*1-2. Cette organisation serait-elle apte à réagir avec rapidité et efficacité à une crise nucléaire ?*

13 février 1983.

Une fuite sur le circuit primaire de refroidissement d'un réacteur nucléaire est décelée.

Tous les acteurs précédemment décrits se trouvent mobilisés pour intervenir.

Leur action concertée permet de maîtriser l'événement. Chacun joue son rôle. On peut ainsi successivement localiser l'accident, mettre en alerte les moyens disponibles, limiter un phénomène pudiquement dénommé « mouvements d'évacuations spontanées », enfin, éviter une dégradation tendant à la fusion du cœur. Un animateur, conseil en communication, présente enfin, sur une chaîne de télévision, les différents responsables, soucieux de souligner, à tour de rôle, les mérites du dispositif de crise.

Mais, l'heureuse issue de la crise, certes rassurante, était, à coup sûr, inéluctable, puisque l'incident était provoqué dans le cadre d'un exercice de simulation.

La réalité risque d'être plus complexe.

Le risque nucléaire, malgré son caractère inédit est, en effet, abordé selon des conceptions traditionnelles.

1. Le principe d'une organisation des secteurs définie par des plans établis à l'avance — et uniformément, pour tout le territoire — a été posé par l'instruction du 5 février 1952.

Le plan ORSEC prévoit ainsi, sous l'autorité du commissaire de la République, la mobilisation et la mise en œuvre des moyens nécessaires à la protection des personnes et des biens.

Le plan **ORSEC-RAD** — ou plan de secours radiologique départemental — mentionne les différentes possibilités : équipes locales de détection de la radioactivité, cellules mobiles d'intervention radiologique (CMIR), groupement aérien, etc...).

Les **plans particuliers d'intervention (P.P.I.)**, à l'extérieur du site, visent à protéger le public pendant la phase d'un éventuel accident.

Ainsi, pour Cattenom, le P.P.I., selon ses propres termes, « comporte trois niveaux d'application qui fixent, pour chacun d'eux, les dispositions techniques et administratives de l'organisation des secours, les modalités de l'information et les rôles respectifs des services » (accident à caractère non radiologique ; accident à caractère radiologique limité au site ; accident pouvant entraîner des rejets radiologiques à l'extérieur du périmètre de l'installation).

Au demeurant, dès le préambule, le P.P.I. de Cattenom précise bien que « la probabilité... d'un accident susceptible, par ses conséquences, d'affecter les populations voisines, est extrêmement faible »...

Les **plans d'urgence interne (P.U.I.)** intéressent uniquement les actions à entreprendre à l'intérieur de l'installation.

Ces différents plans ont évidemment le mérite d'exister ; mais leur efficacité n'a jamais pu être démontrée... et les « tests » accomplis chaque année sur les dispositions opérationnelles des P.P.I. ont lieu, évidemment, sans le concours des populations.

**2. Aucune doctrine n'a précisément été arrêtée sur le rôle des pouvoirs publics, en situation de crise, face aux populations.**

Sans doute a-t-on récemment innové, en créant, sur **MINITEL** (code 36-14, « **MAGNUC** »), un **service permanent d'information nucléaire**, permettant de connaître l'état de la radioactivité dans les différentes régions et les conditions de fonctionnement des centrales (1).

Mais, en cas d'accident, le souci majeur semble bien de **rassurer**, avant tout, et ce, **quelle que soit la gravité d'une éventuelle catastrophe**.

---

(1) La presse a ironisé sur les informations données par **MAGNUC** sur la centrale nucléaire de Belleville (« Centrale en construction, rien à signaler »), en rappelant l'existence, en décembre 1986, d'un défaut d'étanchéité dans l'enceinte de confinement de Belleville-1 (cf. « Le Monde » du 5 mars 1987, p. 15).



La mesure préconisée consiste à **confiner**, à domicile, les habitants d'une zone sinistrée. Visiblement, les hypothèses d'évacuation inquiètent et dérangent.

L'accident de Tchernobyl a pourtant prouvé que, dans des circonstances bien définies, la seule parade réside dans des transferts massifs de personnes.

Il est douteux, dans ces conditions, de compter sur les seules vertus de la coordination interministérielle. **Seule, une autorité disposant du pouvoir de décision et du monopole de la planification des opérations pourrait être efficace.**

Encore faudrait-il que les populations soient correctement informées.

Actuellement, il est prévu deux types d'actions (directives du 30 octobre 1981, instructions du 26 octobre 1982, directive du 13 mars 1986) :

— au niveau local, le commissaire de la République exerce une mission de **coordination** ; il conclut notamment des **conventions** avec les exploitants de centrales ; ceux-ci « **doivent** », selon les textes, « **diffuser l'information avec rapidité, notamment en début d'incident ou d'accident** » ;

— au niveau national, le ministre chargé du contrôle de la **sûreté des installations nucléaires** assure, « **en tant que de besoin** », la « **coordination de l'information du public et des médias** ».

Il est bon de s'attarder quelque peu sur le rôle de ce Ministre.

Sa première tâche est de « **faire connaître... en tant que de besoin, aux médias, l'existence d'une coordination de l'information pendant la durée de la crise** » (directive du 13 mars 1986).

Les populations pourront ainsi être immédiatement rassurées...

Le ministre doit ensuite « **définir et mettre en œuvre une stratégie d'information** » (réunir, contrôler et exploiter les renseignements « **en adoptant un langage choisi, simple, accessible au public et aux médias** »...) et... à « **diriger** » ces informations vers les membres du Gouvernement « **ou d'autres autorités qualifiées** ».

Ces bonnes intentions, empreintes d'un certain dirigisme de la communication, ne suffisent pas.

M. Patrick Lagadec a dénoncé, en ce domaine, les « recettes garantissant l'échec » :

— « bâtir un embrouillamini dans lequel le vrai et le faux restent aussi insaisissables que les responsables ;

— « offrir cet embrouillamini à la curiosité d'observateurs convaincus, à force de faux pas de la part des responsables, que chaque... interrogation donnera lieu à un enchaînement sans fin de « révélations » (1).

**Un effort de réflexion doit donc être entrepris pour améliorer considérablement l'information des populations.**

Ainsi, par exemple, quatorze **commissions locales d'information** ont-elles été créées, depuis 1981, auprès des centrales nucléaires.

Mais elles avaient été précédées par la Commission de surveillance de Fessenheim, née en 1976, à l'initiative du Conseil général du Haut-Rhin ; siégeant actuellement environ quatre fois par an, cet organisme obtient notamment, du Chef de la centrale, un compte rendu de tous les événements marquants.

Les élus ont ici devancé les initiatives de l'administration.

**3. Le rôle des élus mérite précisément d'être mieux défini en cas d'accident.**

Les maires se trouvent simplement obligés, en réalité, d'attendre les informations de la préfecture.

Pourtant, la police municipale comprend notamment « le soin de prévenir, par des précautions convenables, les accidents et les fléaux calamiteux » (article L. 131.2, 6<sup>e</sup> alinéa du Code des communes).

Le **Conseil de l'information sur l'énergie électronucléaire**, créé par le décret du 10 novembre 1977, malheureusement supprimé par le décret du 3 août 1982, comprenait, à juste titre, quatre maires de communes intéressées par l'implantation de centrales nucléaires. Les élus pouvaient ainsi utilement contribuer à l'information du public et de l'administration.

**4. L'accident de Tchernobyl doit surtout fournir l'occasion d'améliorer la gestion, par les exploitants eux-mêmes, des situations d'urgence.**

---

(1) Lagadec (Patrick) : « *Stratégies de communication en situation de crise* » (« *Futuribles* », juillet-août 1986, p. 76).

A la suite de la demande précitée du 20 mai 1986 du Ministre de l'Industrie, des P. et T. et du Tourisme, le SCSIN a recommandé de procéder aux études suivantes :

— réexamen des plans d'urgence internes actuels à la lumière des difficultés rencontrés à Tchernobyl ;

— formation complémentaire des personnels à la mise en œuvre des plans d'urgence internes ;

— application aux plans particuliers d'intervention des résultats d'une étude en voie d'achèvement destinée à mieux définir les activités rejetées en cas d'accident grave ;

— engagement de réflexions destinées à définir l'utilisation qui pourrait être faite de robots après un accident grave ;

— approfondissement des connaissances permettant de réduire les conséquences d'un accident grave :

- possibilité de refroidissement d'un cœur dégradé,
- études sur la traversée d'un radier par un corium,
- amélioration des connaissances sur les conséquences d'un accident grave dans un réacteur UNGG,
- études sur les transferts de contamination dans les nappes phréatiques.

**5. Les moyens disponibles localement, insuffisants, demeurent inadaptés à une grave crise nucléaire.**

Il s'agit des effectifs de sapeurs-pompiers spécialisés dans les interventions radiologiques, qui animent les équipes locales de détection de la radioactivité (environ 400) et les cellules mobiles d'interventions radiologiques (CMIR).

Ces moyens ne sauraient suffire en cas d'accident grave : le renfort d'autres Ministères — notamment celui de la Défense — serait indispensable.

\*  
\* \*

Le risque nucléaire présente trois caractéristiques.

Il s'agit d'abord d'un **risque spécifique** géré comme on l'a vu, par de multiples instances aux compétences enchevêtrées.

Il s'agit ensuite d'un **risque inédit**, traité selon des conceptions traditionnelles.

Il s'agit enfin d'un **risque dangereux**, abordé avec des moyens inadapés à l'ampleur d'une éventuelle catastrophe.

Le **Conseil des ministres du 16 juillet 1986** a examiné les orientations de la future politique de la **sécurité civile**, fondée sur :

— l'amélioration de l'organisation du secours aux populations : un plan ORSEC national sera élaboré et les **préfets de zone de défense** seront chargés de la mise en œuvre de ce plan ORSEC national et des plans « zonaux » ;

— la modernisation des moyens d'intervention : une unité d'instruction de la sécurité civile, spécialisée dans la lutte contre les risques chimiques et nucléaires, sera créée, en complément des unités existantes de Brignoles, Nogent-le-Rotrou et Corte ;

— le développement des actions de prévention ;

— l'information des populations : publication des plans ORSEC et des PPI ; établissement d'un manuel pratique sur les risques naturels et technologiques ; possibilité de réserver, en cas de menace grave, des canaux de radio et de télévision pour diffuser les consignes.

Ces orientations ont été formalisées dans la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs.

Ces intentions sont louables. Mais elles traduisent une volonté renouvelée de traiter un éventuel accident nucléaire comme une simple catastrophe parmi d'autres.

En analysant « les enseignements tirés de Tchernobyl », dans le cadre de la réunion du 3 décembre 1986 de la Société française d'énergie nucléaire, l'Inspecteur Général pour la sûreté et la sécurité nucléaires a d'ailleurs ainsi exposé la doctrine d'Electricité de France :

« L'approche d'E.D.F. peut se résumer comme suit :

« 1. La sûreté nucléaire exige une vigilance permanente. Tchernobyl renforce les conclusions de Three Mile Island : l'importance du facteur humain. La prévention des accidents demande l'excellence. C'est notre première priorité.

« 2. Malgré toutes les précautions prises, un accident sérieux sur une de nos centrales ne peut être totalement exclu, mais il doit être très peu probable.

« 3. Si un tel accident survient, les mesures prises depuis Three Mile Island pour garantir une barrière ultime de confinement permettent de garantir que les rejets radioactifs dans l'environnement resteront limités, et qu'un rejet de l'ampleur de Tchernobyl est impossible.

« 4. Les plans d'urgence donnent aux populations proches l'assurance qu'en cas d'accident elles seront efficacement protégées contre les effets de ces rejets radioactifs ».

De telles déclarations, rassurantes au plus haut point, traduisent les certitudes, en cas de crise, d'une parfaite maîtrise de tout accident. Elles n'en incitent pas moins à redouter les conséquences d'éventuels incidents imprévisibles...

## **2. Une organisation sanitaire relativement bien adaptée**

Même si les circonstances de l'accident soviétique apparaissent spécifiques et difficilement imaginables en France, Tchernobyl a pour la première fois montré qu'un accident de niveau III impliquant des rejets radioactifs à l'extérieur d'une centrale n'est pas impossible.

A la différence de l'accident de Three Mile Island, celui de Tchernobyl est en effet riche d'enseignement sur le plan médical.

Il convient par ailleurs de souligner qu'il existe des risques d'accidents d'irradiation en dehors des centrales nucléaires. De ce point de vue, le bilan des accidents survenus entre 1945 et 1984 fait apparaître que 30 % d'entre eux résultent de la gammagraphie, 15 % des utilisations médicales des rayonnements, 15 % du cobalt, 60 et 30 % de la cristallographie.

Ceci étant, il apparaît que l'accident de Tchernobyl a conduit EDF et, d'une façon plus générale, l'ensemble des responsables de la santé en France à s'interroger sur l'efficacité du dispositif existant dans notre pays pour faire face à un éventuel accident et à rechercher les moyens de l'améliorer.

Votre rapporteur tentera, pour sa part, de répondre dans cette partie, à la question suivante : si un tel accident survenait en France, serions-nous en mesure d'y faire face sur le plan sanitaire ?

Avant d'étudier les capacités de soin disponibles dans notre pays, il convient de rappeler les particularités qui caractérisent le traitement des grands irradiés : la conduite à tenir dépend de multiples facteurs dont les trois principaux sont :

- l'importance de la dose reçue ;
- le type d'exposition, externe ou interne ;
- son étendue.

L'irradiation ne constitue pas en règle générale une urgence thérapeutique : en effet les mécanismes de l'action des rayonnements sur le corps humain, déjà évoqués, n'ont d'effet qu'au terme d'un délai plus ou moins long selon les cas. Seules les contaminations externes et internes doivent être traitées immédiatement.

Ces observations permettent de comprendre l'importance du tri préalable des personnes atteintes, qui devra permettre de déterminer le mode d'irradiation subie, la dose reçue ainsi que son étendue, éléments déterminants de la nature des soins à dispenser. A Tchernobyl, c'est environ 500 personnes qui ont du faire l'objet de ce type d'analyse. Il importe donc de disposer de structures capables d'assurer ce type d'opérations à grande échelle.

S'agissant des soins aux victimes d'irradiation, la France a acquis une expérience certaine et s'est dotée de structures spécialisées sans équivalent dans la plupart des pays européens ; toutefois malgré l'avance acquise en ce domaine, un certain nombre de critiques peuvent être formulées.

L'expérience acquise par la France en matière de radiopathologie est ancienne et est en partie due au rôle de pionnier joué par notre pays dans le domaine de la connaissance et de l'utilisation de l'énergie nucléaire. L'institut Curie a joué à cet égard un rôle très important et beaucoup de pays ne disposant pas de structures spécialisées se sont adressés à cet institut pour assurer le traitement de personnes victimes d'irradiation accidentelle. C'est ainsi que sur les 40 cas d'irradiation sérieuse qui ont pu être recensés avant l'accident de Tchernobyl, les services français en ont traités 18 précocement. On peut donc considérer que, au regard du faible nombre de cas survenus dans le monde, les services français ont

une bonne connaissance des exigences qu'imposent les soins aux personnes fortement irradiées. Il convient cependant d'examiner les capacités d'accueil offertes par les services français dans l'hypothèse d'un accident du type de celui de Tchernobyl, c'est-à-dire portant non sur quelques cas isolés, mais impliquant un assez grand nombre de victimes.

Il faut également souligner que l'une des difficultés qui pèse sur la mise en place d'une organisation sanitaire apte à faire face à un accident nucléaire tient au caractère hypothétique d'un tel accident — on ne sait s'il se produira ni quand — conjugué au caractère évolutif des connaissances et des moyens thérapeutiques relatifs aux effets de l'irradiation sur la santé.

Les équipements disponibles sont de deux ordres : civil et militaire.

### 2-1. *Les équipements civils*

Les équipements civils comportent des équipements spécialisés relevant du S.C.P.R.I, du centre international de radiopathologie, de l'institut Curie, de l'EDF auprès de chaque centrale nucléaire, du CEA. Par ailleurs, il conviendrait d'y ajouter s'ils s'avéraient insuffisants, un certain nombre de lits de services hospitaliers non spécialisés, mais qui pourraient être utilisables pour les soins aux irradiés.

#### 2-1-1. *Les équipements spécialisés*

Ils comportent des centres de tri, des centres de décontamination et enfin des structures de soin.

a) *Les centres de tri* : on a déjà eu l'occasion de souligner l'importance du tri préalable des personnes irradiées en fonction de la dose reçue, de la surface irradiée, et de la répartition de la dose dans le temps. Ce sont en effet des éléments déterminants de la thérapeutique à mettre en œuvre. Par ailleurs, il faut souligner que dans la plupart des cas les surexpositions accidentelles ne constituent pas une urgence thérapeutique mais en revanche sont une urgence dosimétrique : les efforts doivent donc porter en premier lieu sur le recueil des données ou des prélèvements nécessaires à la dosimétrie.

— *Le SCPRI* dispose, au Vésinet, d'un laboratoire médical permettant de mesurer la contamination radioactive. Il possède par ailleurs des laboratoires mobiles susceptibles d'intervenir sur les lieux d'un accident éventuel. Il s'agit en premier lieu de semi-remorques de 30 à 40 tonnes qui sont utilisés en temps normal pour le contrôle des travailleurs du nucléaire et permettent de contrôler 4 personnes à la fois. Le SCPRI s'est par ailleurs doté d'un wagon de chemin de fer équipé pour la détection des radiations ionisantes. Cette voiture est avant tout destinée à effectuer des contrôles sur les populations en cas d'accident et doit permettre le contrôle de 32 personnes à la fois, soit jusqu'à 5 000 personnes par jour. Ces contrôles permettent de déterminer la quantité et la nature des radioéléments en cause. Enfin, le SCPRI complète actuellement son réseau normal par un système original d'intervention, constitué d'une série de minibus sanitaires « Master Renault » comportant chacun 4 sièges anthropogammamétriques. Chaque minibus a un rayon d'activité d'environ 150 km et peut mesurer la radioactivité de 30 personnes par heure.

— Le centre international de radiopathologie : ce centre regroupe les praticiens compétents en radiopathologie de l'institut Curie et du département de protection de l'IPSN. Il dispose d'une unité de dosimétrie et de radiotoxicologie chargée d'évaluer les doses délivrées aux sujets irradiés ou contaminés en cas d'accident. En cas d'irradiation externe, l'équipe spécialisée procède au bilan dosimétrique et à la reconstitution de l'accident en se rendant, le cas échéant sur les lieux. Dans le cas de contamination interne, elle évalue les quantités incorporées lors de l'accident. Un code de procédures en cas d'accident radiologique sur personne irradiée ou contaminée a été mis en place afin de répondre aux appels et de mettre en action les équipes médicales et techniques dans les meilleurs délais.

— Le CEA dispose également de médecins spécialisés en radioprotection et donc capable de formuler un diagnostic sur la gravité de l'irradiation. Par ailleurs, tous les centres du CEA possèdent des médecins du travail ayant reçu une formation en radiopathologie et radioprotection ; il faut noter que le rôle des médecins du CEA est de conseiller, d'orienter mais non d'assurer les soins.

— Enfin, dans les centrales nucléaires, le personnel est doté de dosimètres permettant de mesurer les doses reçues, ce qui n'était — semble-t-il — pas le cas à Tchernobyl.



b) *Les moyens de décontamination*

Les contaminations externe et interne doivent être traitées immédiatement, d'où la nécessité de moyens de décontamination sur le lieux d'un accident éventuel ou, à tout le moins, aisément mobilisables.

Différents organismes disposent de moyens de décontamination :

*Le Centre international de radiopathologie* dispose, en dehors du service d'hospitalisation, d'un bloc de décontamination externe. Cet ensemble, isolé de l'extérieur par un sas d'entrée et de sortie, comprend des cabines de douches, des systèmes permettant de décontaminer la chevelure, un bac dans lequel le sujet, même inconscient ou assisté au point de vue respiratoire, peut être plongé et décontaminé ; ce bac peut être recouvert d'une enceinte du type boîte à gants permettant l'isolement total du sujet et la maîtrise de la contamination.

Ce bloc de décontamination possède ses appareils de contrôle adaptés aux différents types de rayonnements. L'existence de ce bloc de décontamination, en dehors de la formation hospitalière, empêche toute contamination massive de cette dernière.

Le Centre dispose, en plus, de postes de décontamination externe légers et amovibles.

Ils sont destinés, soit à parachever la décontamination pratiquée au bloc, soit à la décontamination pré ou post-opératoire.

— *Le SCPRI* doit également se doter d'une salle de décontamination ; il semble cependant à votre rapporteur que, ce faisant, le SCPRI sort du rôle essentiel qui doit être le sien et qui est d'assurer les mesures de radioactivité.

• *Les équipements disponibles auprès des centrales nucléaires.*

Chaque centrale nucléaire possède des locaux de décontamination capables de traiter plusieurs dizaines de personnes. Il existe également des locaux de regroupement, situés à l'extérieur des centrales et également équipés de moyens de décontamination.

### c) *Les structures de soins*

Il convient d'évoquer en premier lieu l'organisation des secours en cas d'accident. Comme pour toute catastrophe, les SAMU (services d'aide médicale urgente) devraient jouer un rôle prédominant. Afin de tenir compte de particularités des soins à dispenser aux blessés victimes d'irradiation, souvent mal connues des non-spécialistes, des conventions ont été signées entre les centrales, les SAMU et les hôpitaux situés au voisinage des centrales, aux termes desquelles EDF assure la dosimétrie et la décontamination des blessés et les accompagne également jusqu'au service hospitalier d'accueil.

S'agissant des structures de soin proprement dites, spécialisées en radiopathologie, il convient de remarquer qu'elles sont peu nombreuses et ont des capacités limitées, mais qui ont toujours été suffisantes pour faire face aux incidents et accidents survenus jusqu'à présent. Il faut rappeler à cet égard, que l'hospitalisation en milieu spécialisé ne se justifie que pour les surexpositions graves supérieures à 1 gray et pour les irradiations externes globales ; de tels cas exigent cependant la mobilisation de moyens importants, car la réanimation d'un grand irradié est d'abord une réanimation générale portant sur tous les organes sans exception.

Le principal service de radiopathologie disponible est celui de l'institut Curie. Il dispose d'une dizaine de lits. Le SCPRI dispose pour sa part d'une infirmerie d'attente permettant d'héberger 25 patients dans l'attente de lits dans des services spécialisés.

#### *2-1-2. Les services hospitaliers non spécialisés en radiopathologie*

Si les services de radiopathologie sont peu nombreux en raison du faible nombre de malades à traiter en temps normal, d'autres services hospitaliers peuvent apporter leur concours au traitement des irradiés. Citons notamment l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, les services d'hématologie des hôpitaux Tenon et St Louis à Paris, et plus généralement tous les services pratiquant des greffes de moelle.

Par ailleurs, chaque centrale est liée, par convention, certaines étant en cours de négociation, avec un hôpital local capable d'assurer les premiers soins à d'éventuelles victimes d'irradiation.

## 2-2. *Les équipements militaires*

L'organisation du service de santé des armées a pour premier objectif de répondre aux besoins de la défense militaire, mais les moyens dont-il dispose pour faire face à l'éventualité d'une guerre nucléaire pourraient, le cas échéant, être utilisés pour la sécurité des civils dans l'hypothèse d'un accident nucléaire civil.

Les moyens du service de santé des armées peuvent être mis en œuvre, soit directement, sur réquisition du préfet dans le cadre du Plan ORSEC RAD (par l'intermédiaire de l'état major régional ou du délégué militaire territorial), soit par l'intermédiaire de l'administration centrale en cas de dispositif à l'échelle nationale.

Ces moyens consistent d'une part en des postes de décontamination fixes et mobiles et d'autre part en un soutien hospitalier en raison de l'existence d'hôpitaux des armées spécialement équipés.

### 2-2-1. *Les postes de décontamination*

Des bases de décontamination fixe existent auprès des installations militaires (cf. carte). Il s'agit de locaux aménagés pour effectuer la décontamination des blessés et de toutes les personnes valides justiciables d'une décontamination externe fixe. Ces locaux comprennent :

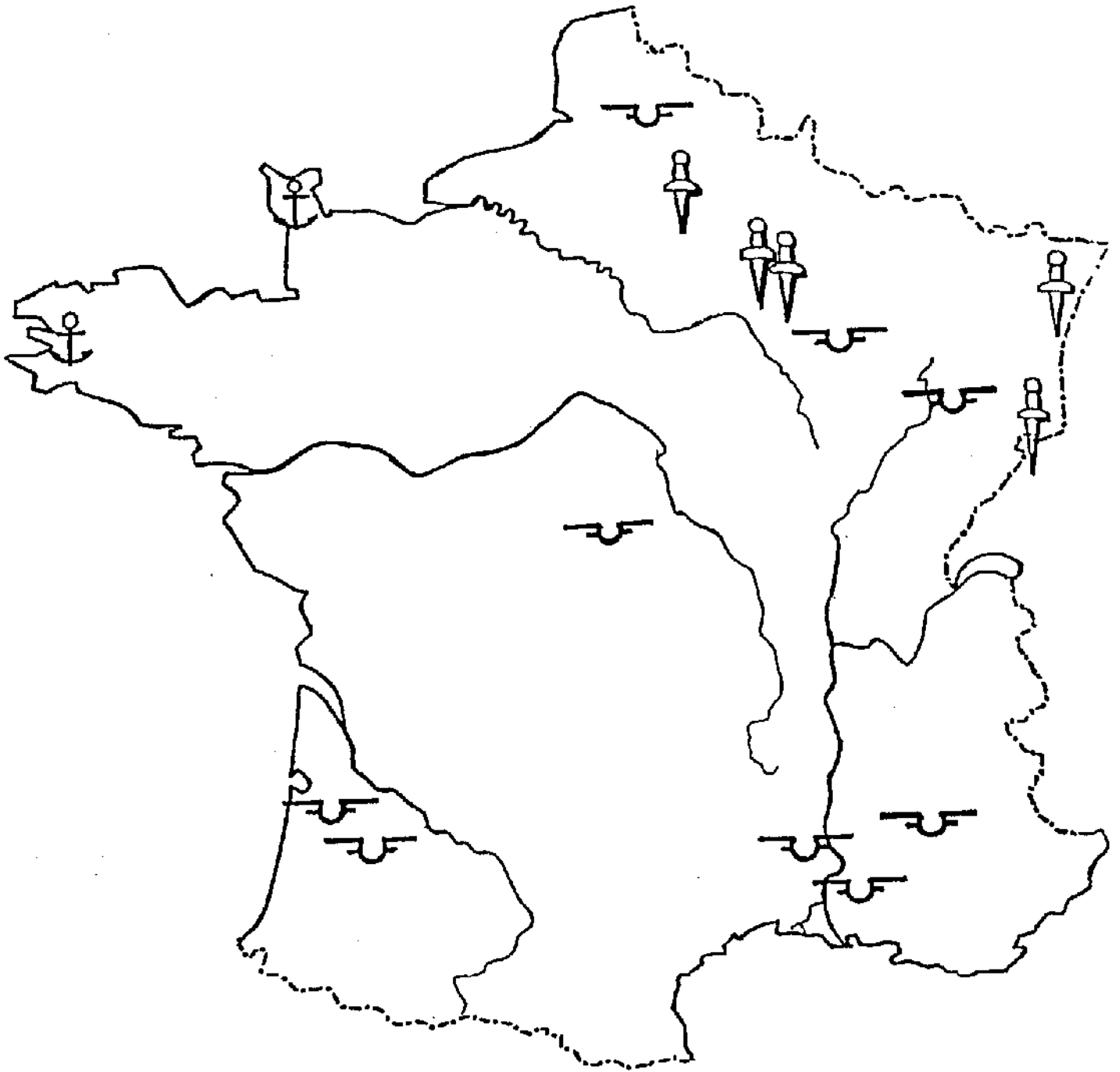
- une salle d'habillage du personnel médical,
- une salle de détection et de déshabillage des blessés,
- un local d'entreposage des effets contaminés,
- une salle réservée à la décontamination proprement dite.

Ces locaux sont en dépression et l'air est filtré avant d'être rejeté vers l'extérieur. Les eaux contaminées sont évacuées dans une cuve extérieure.

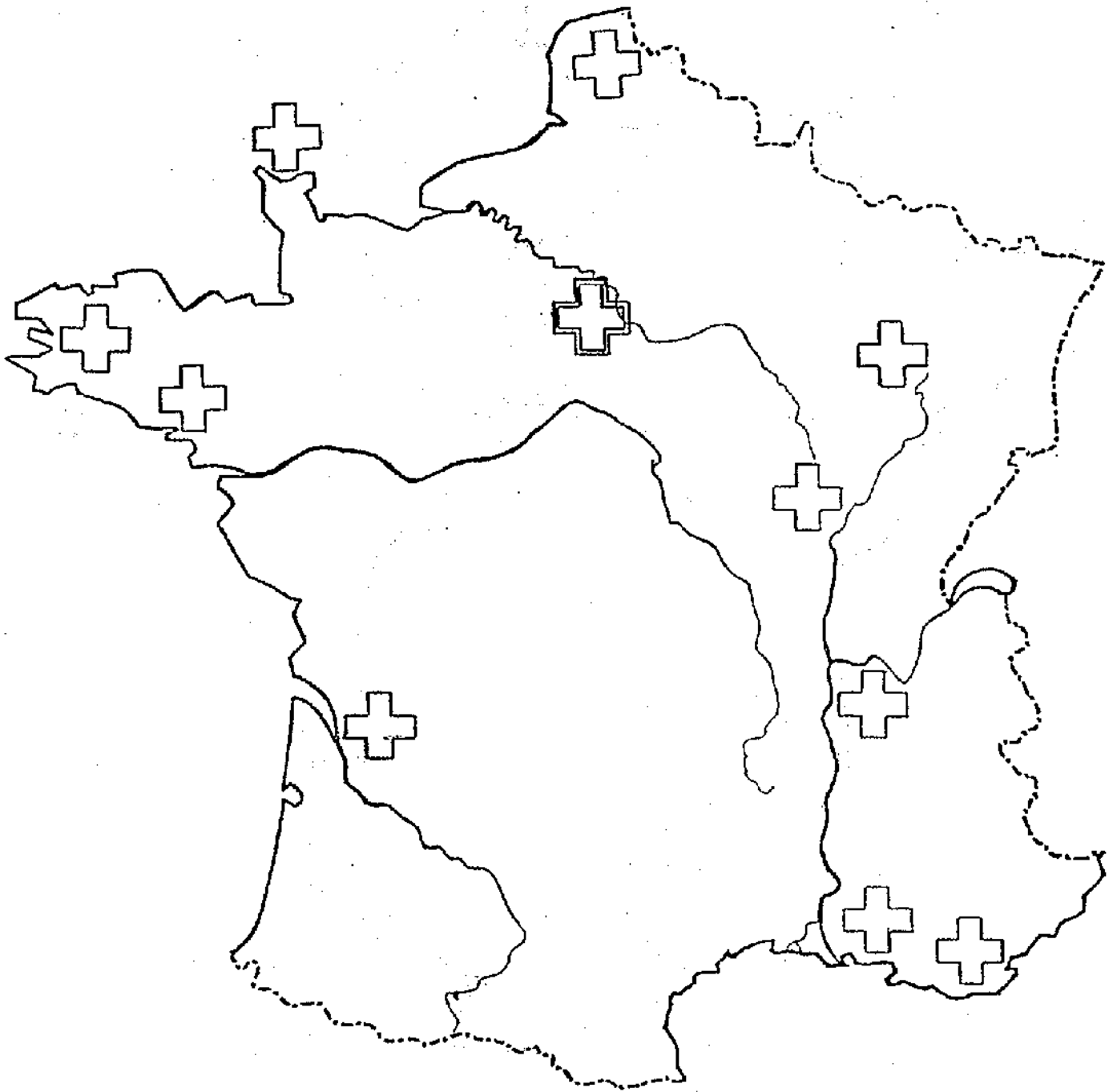
Le service de santé des armées estime à une cinquantaine le nombre de personnes à l'heure qui peuvent être traitées par poste de décontamination fixe.

### 2-2-2. *Les hôpitaux des armées spécialement équipés.*

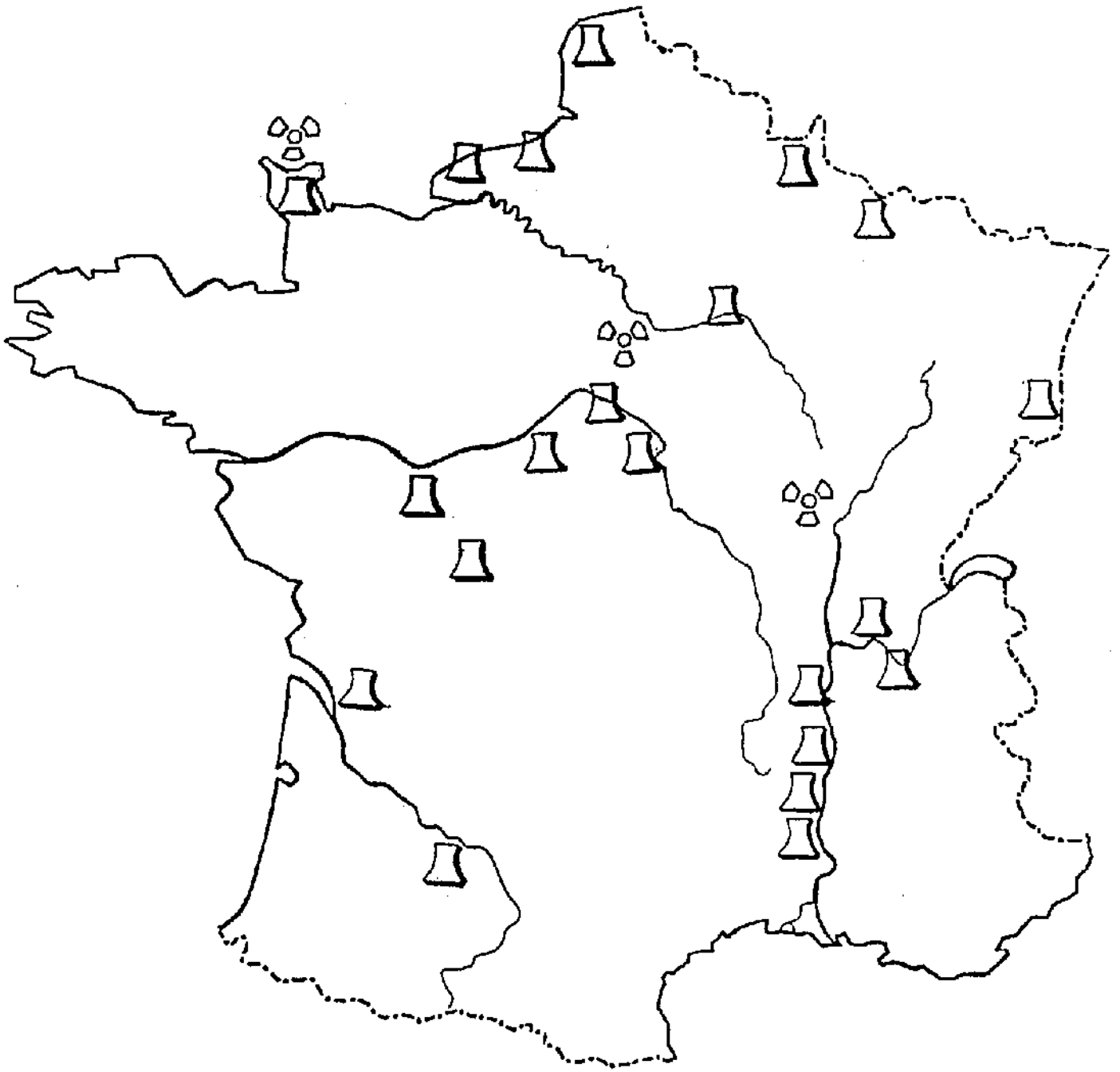
Leur répartition géographique est retracée par la carte suivante. La comparaison avec celle des sites nucléaires civils permet de constater une relative adéquation entre les deux.



UNITES  
NUCLEARISEES



**Hôpitaux des armées équipés**



**Sites nucléaires (civil)**

Ces dix hôpitaux reçoivent les blessés radiocontaminés que l'urgence n'a pas conduit à hospitaliser dans une autre formation ainsi que, dans certains cas, les sujets radiocontaminés sans lésion associée.

Ils disposent d'une dotation spéciale en matériels et médicaments dont la composition est fixée par décision ministérielle. Leurs médecins chefs prévoient de façon permanente les dispositions relatives à l'accueil et à la décontamination des arrivants.

Une instruction particulière est donnée à leurs chirurgiens et à leurs radiologues.

Après décontamination sommaire, ces hôpitaux effectuent en tant que de besoin :

- le diagnostic de la contamination externe résiduelle,
- la décontamination fine,
- la mise en route ou la poursuite du traitement précoce de la contamination interne,
- les prélèvements nécessaires au diagnostic de celle-ci,
- la décontamination chirurgicale des plaies.

Ces dix hôpitaux possèdent deux équipes chirurgicales pouvant fonctionner simultanément et pratiquer 12 à 15 interventions par jour. Les capacités d'hospitalisation chirurgicale sont de 50 à 100 lits selon les établissements. Au niveau national, le service de santé des armées dispose de l'hôpital d'instruction des armées (HIA) de Percy.

L'HIA PERCY reçoit et traite les sujets :

- irradiés externes,
- radiocontaminés, avec ou sans lésion associée,
- brûlés, avec ou sans radiocontamination associée qui lui sont adressés, soit directement par la formation où s'est produit l'accident, soit par d'autres hôpitaux après mise en condition ou traitement chirurgical, soit secondairement pour contrôle et complément de traitement radiobiologique.

Le service de radiobiologie de l'HIA PERCY dispose de 15 lits dont 5 stériles et de 19 lits pour brûlés dont 10 stériles.

*2-3. Un certain nombre de critiques  
peuvent cependant être formulées*

*2-3-1. Les structures disponibles ne sont pas conçues pour répondre  
à un accident nucléaire de grande ampleur*

Les structures de soin qui viennent d'être décrites ne sont pas conçues pour répondre à un accident nucléaire de grande ampleur, mais pour faire face à un petit nombre de blessés, comme cela a d'ailleurs toujours été le cas dans le passé. Ainsi le nombre maximum de personnes victimes d'irradiation que l'Institut Curie ait jamais eu à traiter simultanément était de 7.

On peut, dans ces conditions, s'interroger sur le caractère opérationnel de ce dispositif dans l'hypothèse d'un accident nucléaire majeur. Des capacités hospitalières autres que celles des services spécialisés pourraient cependant être utilisées mais se pose alors un problème de coordination des actions à mener.

*2-3-2. La coordination entre services semble insuffisante*

Si la concertation est organisée entre services spécialisés notamment grâce au centre international de radiopathologie dirigé par le professeur Jammot, elle semble en revanche insuffisante en ce qui concerne les différents services hospitaliers auxquels il pourrait être fait appel dans l'hypothèse d'un accident impliquant un nombre de blessés excédant les capacités, au demeurant limitées des services spécialisés. Il s'agit notamment des services pratiquant les greffes de moelle et la réanimation hématologique. Or, ces services n'ont pas, semble-t-il, jusqu'à présent, été associés à l'organisation des plans de secours. Il convient de rappeler à cet égard les déclarations du professeur Boiron, spécialiste des greffes de moelle osseuse à l'hôpital Saint-Louis. « Au plan médical, je voudrais qu'il y ait une concertation avec nos partenaires français (C.E.A., ministères, etc...) sur les greffes de moelle et sur la réanimation hématologique. Car, en cas d'accident nucléaire, les personnes irradiées ont besoin d'un environnement protégé, de chambres stériles et éventuellement d'une greffe de moelle. Tout cela ne peut s'improviser, il faut des rencontres et un plan d'action avec un responsable unique ».



Le problème de la prise en charge de la responsabilité des opérations en cas d'accident nucléaire ne semble pas, en effet, très bien résolu, à l'heure actuelle, dans notre pays. Plusieurs services pourraient assurer cette fonction, mais aucun ne semble pour l'instant investi de l'autorité suffisante pour coordonner les opérations, ce qui peut engendrer certaines tensions, chacun essayant de jouer le rôle de chef d'orchestre. A cet égard, votre rapporteur estime que le S.C.P.R.I., n'est pas en mesure d'assurer la direction des opérations en cas de crise nucléaire, son rôle, au demeurant essentiel, devant essentiellement être d'assurer les mesures de radioactivité.

### 2-3-3. *La formation dispensée aux professions de santé est insuffisante*

Les médecins, les pharmaciens pourraient, votre rapporteur l'a déjà souligné, jouer un rôle important non seulement en matière d'information du public mais également, en cas d'accident, pour préconiser et mettre en œuvre les mesures à prendre. Malheureusement, leur formation sur les risques sanitaires liés à une irradiation accidentelle et sur les moyens de prévention et de traitement paraît très lacunaire. Par ailleurs, en cas de crise, ils sont réduits à l'état de simple citoyen en ce qui concerne leur information sur l'accident lui-même. Il semble donc souhaitable d'améliorer la formation de base qui leur est dispensée, plus particulièrement pour tous ceux d'entre eux exerçant leur profession dans les régions où sont implantées des centrales nucléaires, d'autre part de leur donner un accès privilégié à l'information en cas de crise nucléaire.

S'agissant du premier point, la formation des médecins, il convient cependant d'être lucide : même si l'éducation initiale des étudiants en médecine comporte un enseignement de radiopathologie et de radioprotection, on peut craindre qu'il ne soit oublié, comme celui portant sur toute maladie rare, ce savoir initial ayant fort peu de chances d'être jamais utilisé. C'est peut-être davantage à la formation continue d'assurer cette fonction, surtout à l'égard des médecins susceptibles de se sentir davantage concernés du fait de la présence de centrale au voisinage du lieu où ils exercent leur profession.

Sur le second point, il serait souhaitable d'assurer l'information des professions de santé en cas d'accident. Les technologies dont on dispose aujourd'hui devraient permettre en effet de donner aux professions de santé concernées accès à un réseau d'information en temps réel sur les données de l'accident et les mesures à prendre.

## COMPTE RENDU DE LA REUNION DU 9 DECEMBRE 1987

Au cours de la séance du 9 décembre 1987, après un exposé de MM. Rausch et Pouille, les membres de l'Office parlementaire ont formulé les observations suivantes.

M. Michel Bernard a exprimé son accord sur le rapport, en particulier sur la partie relative aux effets biologiques des rayonnements ionisants.

M. Robert Chapuis a exprimé sa satisfaction pour le sérieux du travail accompli et il a estimé que le rapport répond aux demandes exprimées dans l'étude de faisabilité et le programme de travail précédemment approuvés, tout en regrettant que la présentation tardive du rapport n'ait pas permis d'intervenir dans le débat préalable à l'adoption de la récente loi sur l'organisation de la sécurité civile.

Estimant que le passage progressif d'une phase de création du programme nucléaire français à une phase de gestion pourrait fragiliser le système de contrôle actuel, fondé principalement sur la science et la conscience des contrôleurs, M. Chapuis a insisté sur la nécessité de définir un corps de doctrine du contrôle dégagé des nécessités de la production, compte tenu des risques engendrés par l'accoutumance et par la modification possible des priorités.

Il a d'autre part souhaité la mise en place d'une structure suffisamment indépendante pour assurer la crédibilité de l'information sur le nucléaire.

Rappelant que les techniques sont toujours mises en œuvre par des personnes, M. Chapuis a estimé nécessaire un effort de recherche sur le phénomène relativement fréquent — observé dans diverses industries — des manipulations malencontreuses qui dégénèrent en accidents et il a souhaité que soient développés, pour l'industrie nucléaire, des exercices d'entraînement de sécurité, analogues à ceux pratiqués pour la lutte contre l'incendie ou les risques chimiques.

Regrettant l'échec d'EURATOM, M. Chapuis a estimé que l'avenir de l'Europe réside largement dans la capacité de celle-ci à définir un droit et des normes communes en matière de sécurité nucléaire.

Par ailleurs, M. Chapuis s'est interrogé sur l'opportunité d'isoler la sécurité nucléaire des protections contre les autres risques industriels.

A propos des problèmes posés par l'interface homme-machine, M. Chapuis a insisté sur la nécessité d'améliorer l'état des connaissances et des pratiques.

Enfin, M. Chapuis s'est inquiété du caractère réellement opérationnel des moyens qu'il faudrait mettre en œuvre en cas d'éventuel accident.

Se référant à son expérience d'ingénieur dans l'industrie nucléaire, M. Robert Galley a mis l'accent sur l'intérêt d'appliquer, dans les centrales, des procédures d'exploitation garantissant l'impossibilité d'engager des expériences hasardeuses non programmées et il a estimé que les procédures actuellement appliquées dans les centrales à eau pressurisée d'E.D.F. garantissent l'arrêt du réacteur en cas de manœuvre faite en violation des prescriptions normales.

Après avoir souligné la qualité des travaux du S.C.P.R.I., M. Galley a exprimé des réserves sur l'idée de créer une agence de la sécurité nucléaire qui pourrait être trop éloignée des installations, ainsi que sur les observations critiques visant l'absence d'enceinte de confinement intégrée à Chinon 3 et l'absence de dôme à Phénix, les réacteurs de ces installations n'étant pas sous pression.

M. Galley a enfin suggéré que, pour améliorer la sécurité, on arrête les centrales les plus anciennes, ce qui est rendu possible par la surcapacité actuelle du parc nucléaire français.

M. Georges Le Baill a regretté l'impuissance d'EURATOM et souhaité que la définition de « normes européennes » de radioactivité figure parmi les recommandations adoptées par l'Office parlementaire. Après avoir rappelé les activités du Conseil supérieur de la sécurité nucléaire, puis du nouveau Conseil supérieur de la sécurité et de l'information nucléaires, M. Le Baill a souhaité que l'agence à créer soit expressément compétente tant en matière de sécurité que d'information.

Il a d'autre part estimé que les observations formulées à propos de Chinon 3 pourraient également viser Saint-Laurent des Eaux.

M. Le Baill s'est prononcé en faveur de la réalisation d'exercices de sécurité en vraie grandeur ; à propos du nécessaire développement de l'information, il a insisté pour qu'une formation des populations soit engagée directement ainsi qu'indirectement par l'intermédiaire des médecins et des pharmaciens. Il s'est félicité que le rapporteur propose de reprendre les recherches sur les réacteurs « intrinsèquement sûrs » qui ont été arrêtées en France il y a une dizaine d'années.

M. Louis Boyer s'est interrogé sur les moyens et les modalités de l'information des populations résidant près des centrales nucléaires ; il a souhaité un approfondissement des recherches sur les réactions des cellules selon les doses d'irradiation reçues.

Répondant aux orateurs, M. Jean-Marie Rausch a notamment mis l'accent sur la difficulté d'informer le public sur le thème de l'industrie nucléaire et en particulier de trouver un juste milieu entre l'insuffisance et l'excès d'information dont l'Allemagne fédérale offre aujourd'hui l'exemple.

Au terme de ce débat, l'Office parlementaire a approuvé le rapport présenté par MM. Rausch et Pouille, complété par une recommandation visant le problème des « normes de base » européennes et sous réserve d'une modification de la recommandation visant à proposer la création d'une agence compétente simultanément pour la sécurité et l'information nucléaires. L'Office parlementaire a en outre pris la décision de principe de publier le rapport et l'avis du conseil scientifique.

### III. — RECOMMANDATIONS

1° Au sein de l'Agence internationale de l'énergie atomique, la diplomatie française s'efforcera d'obtenir des Etats membres le développement et la mise en œuvre de programmes nationaux de sûreté nucléaire régulièrement mis à jour sous la responsabilité propre de chacun de ces Etats.

2° La diplomatie française devra s'employer à étendre le champ d'application des deux conventions signées le 15 août 1986 sur la notification rapide d'un accident nucléaire d'une part et sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique d'autre part, en suscitant l'adhésion de nouveaux Etats à ces conventions.

Pour la mise en œuvre de ces conventions, il conviendra de favoriser un développement des moyens de l'A.I.E.A. afin qu'en cas de crise, cette institution soit en mesure de rassembler et de diffuser immédiatement à tous les pays concernés par un incident toutes les informations nécessaires et de faciliter la fourniture aux pays qui le demanderaient d'une assistance technique destinée à renforcer les dispositifs nationaux.

3° Le Gouvernement devra s'efforcer d'accélérer le processus de définition de « normes de base » européennes fondées sur des données scientifiques sérieuses.

4° Afin d'assurer à la population une information sur les problèmes nucléaires qui soit à la fois cohérente, crédible et reconnue par tous, il conviendrait de créer une Agence nationale de la sécurité et de l'information nucléaires.

Cet organisme, indépendant des pouvoirs publics et des exploitants d'installations nucléaires serait doté d'un budget propre et d'une structure permanente capable de réagir instantanément en cas de crise grave.

L'Agence aurait deux fonctions principales :

a) Surveiller tout ce qui concerne la sécurité des installations nucléaires et pour cela elle devrait notamment :

- conduire les procédures d'autorisation relatives aux installations nucléaires de base,
- élaborer et suivre l'application de la réglementation technique générale,
- s'assurer que les procédures d'exploitation garantissent que des manipulations ou des expérimentations non prévues ne peuvent être effectuées sans autorisation expresse,
- examiner les problèmes posés par le choix des sites,
- donner les autorisations de mise en service,
- décider, le cas échéant, en cas d'incident grave, de la fermeture d'une installation nucléaire.

b) Collecter et diffuser l'information sur les problèmes nucléaires tant auprès des medias que du public.

5° L'installation de filtres à sable sur les enceintes de confinement des réacteurs à eau pressurisée doit être poursuivie et accélérée.

6° Les recherches sur les phénomènes de détonation de l'hydrogène et de transition déflagration-détonation à l'intérieur des enceintes de confinement doivent être intensifiées.

7° L'absence d'enceinte de confinement intégrée à Chinon 3 et l'absence de dôme au-dessus du surgénérateur Phénix rendent ces installations beaucoup plus vulnérables en cas d'incident. Des mesures de sécurité toutes particulières doivent donc être prises dans la conduite de ces deux réacteurs.

8° Il est indispensable de poursuivre les actions de formation et d'entraînement des personnels d'exploitation des centrales nucléaires. Il conviendrait en outre d'approfondir les réflexions et les études sur le comportement humain en situation accidentelle.

9° Les études et la coopération scientifique internationale concernant la mise au point des réacteurs intrinsèquement sûrs doivent être développées.

10° Dans le cadre et pour l'application de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, une doctrine claire devra définir les rôles respectifs des différentes autorités et institutions impliquées dans l'organisation des secours en cas d'accident nucléaire civil.

11° Un recensement des moyens des armées susceptibles d'être mis en œuvre en cas d'accident nucléaire civil sera effectué tant en ce qui concerne les équipements d'intervention sur le site d'un accident que la prise en charge — tri et traitement — des personnes exposées à des rayonnements ionisants.

12° Les programmes des études de médecine et de pharmacie comporteront un enseignement sur les risques sanitaires des irradiations accidentelles et sur la radioprotection.

ANNEXE I

PERSONNES ENTENDUES PAR LES RAPPORTEURS

- Cabinet du Ministre de l'Industrie :
  - M. Salmona, Conseiller technique pour les affaires nucléaires
  - M. d'Oléon, spécialiste des problèmes de communication
  - C.E.A. : M. Cogné, Directeur de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire.
  - Service central de protection contre les rayonnements ionisants : Professeur Pierre Pellerin
  - Ministère de l'Agriculture :
  - M. de Tréglodé, Conseiller technique au Cabinet du Ministre, ingénieur en chef des Mines,
  - M. Adroit, chef de service à la direction de la qualité
  - Mme Frichement, conseiller pour les relations avec le Parlement au Cabinet du Ministre
  - COGEMA : M. Ayçoberry, Directeur de la branche retraitement.
  - E.D.F. : M. Jacques Leclercq, Directeur de la production thermique
  - M. Tanguy, Inspecteur général pour la sûreté et la sécurité nucléaires
  - M. Patrick Lagadec (Laboratoire d'économétrie de l'école polytechnique)
  - C.F.D.T. : MM. Jean Tassart,  
Jean-Claude Zerbib
  - M. Proust, Directeur de la défense et de la sécurité civiles
  - Ministère de l'Intérieur :
  - M. Cureau, Secrétaire général du Comité interministériel de la sécurité nucléaire
  - M. Strohl, Directeur général adjoint de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'O.C.D.E.
  - Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire — Présidente :  
Mme Monique Sené
  - Professeur Luc Gillon, Université de Louvain-la-Neuve
  - Dr. Roger Gongora, chef de service de radiopathologie et médecine nucléaire  
Institut Curie
  - M. Michel Laverie, chef du service central de sûreté des installations nucléaires  
— Ministère de l'Industrie
  - Forum atomique français :
  - Président : M. Chevrier,  
Secrétaire général : M. Gaussens
  - Bureau Veritas : M. Huynh Duc Bau, Directeur de la branche industrie
  - Direction centrale du service de santé des armées :
  - Directeur : Médecin général inspecteur François Seléar  
Sous-Directeur Action scientifique et technologie : Médecin général Bernard Brisou
  - M. Dominique Pignon — C.N.R.S.  
Centre d'analyse et d'intervention sociologique  
(Ecole des hautes études en sciences sociales)
  - Docteur Henri Jammé  
Président du Centre international de radiopathologie
  - Colonel Rodriguez, Cabinet militaire, Ministère de la Défense
- En outre l'Office parlementaire a procédé à l'audition de M. Blanc-Lapierre, Président du Conseil supérieur de la sécurité et de l'information nucléaires.



ANNEXE II

**LISTE DES EXPERTISES**

Rapport sur divers aspects de la sécurité des centrales électro-nucléaires

Professeur Luc Gillon, Université Catholique de Louvain.

Quelques considérations sur les conséquences de l'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants

Dr Roger Gongora, Institut Curie, Paris.

### ANNEXE III

#### GLOSSAIRE DES SIGLES ET DEFINITIONS

<b>A.I.E.A. :</b>	Agence internationale de l'énergie atomique
<b>C.E.A. :</b>	Commissariat à l'énergie atomique
<b>C.R.I.I.R.A.D. :</b>	Commission régionale indépendante d'information sur la radioactivité
<b>C.I.P.R. :</b>	Commission internationale de protection radiologique
<b>E.D.F. :</b>	Electricité de France
<b>I.P.S.N. :</b>	Institut de protection et de sûreté nucléaire
<b>N.R.C. :</b>	Nuclear regulatory commission
<b>O.M.S. :</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>S.C.P.R.I. :</b>	Service central de protection contre les rayonnements ionisants
<b>S.C.S.I.N. :</b>	Service central de sûreté des installations nucléaires
<b>U.N.S.C.E.A.R. :</b>	United nations scientific committee on the effect of atomic radiations
<b>Corium :</b>	mélange de combustible et de structures métalliques diverses fondues se formant à la suite de la fusion du cœur et de la rupture de la cuve d'un réacteur nucléaire.
<b>Gammagraphie :</b>	étude de la structure interne des corps opaques au moyen de radiations électromagnétiques très pénétrantes de même nature que les rayons X mais de longueur d'onde beaucoup plus petite appelées rayons gamma.

ANNEXE IV

UNITÉS UTILISÉES POUR MESURER LA RADIOACTIVITÉ

1° Mesure de l'activité d'une source radioactive

Elle s'exprime :

- en becquerel (Bq) : 1 becquerel = 1 transformation nucléaire par seconde ;
- en curie (Ci) égal à  $3,7 \times 10^{10}$  transformations nucléaires par seconde dans un gramme de radium.  $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ .

2° Mesure des effets biologiques

— Les effets biologiques sont fonction de la *dose absorbée*.

Celle-ci s'exprime en gray ou en rad :

$$1 \text{ gray} = 100 \text{ rad}$$

Le rad représente une densité d'énergie absorbée, à savoir 100 ergs absorbés par gramme de la substance absorbante.

— Il faut cependant affecter la dose absorbée par un facteur de qualité pour rendre compte des effets biologiques d'une irradiation : c'est l'*équivalent de dose* obtenu en multipliant la dose par le facteur de qualité qui pour les rayonnements  $\alpha$  et  $\beta$  est égal à 1.

L'unité d'équivalent de dose est le rem ou le sievert

$$1 \text{ sievert} = 100 \text{ rem}$$

3° Table de conversion : Curies-Becquerels

Ci	Bq	Bq	Ci
kCi	TBq	TBq	Ci
Ci	GBq	GBq	mCi
mCi	MBq	MBq	Ci
Ci	kBq	kBq	nCi
nCi	Bq	Bq	pCi
pCi	mBq	mBq	fCi
1	37	1	27
2	74	2	54
3	111	3	81
4	148	4	108
5	185	5	135
6	222	6	162
7	259	7	189
8	296	8	216
9	333	9	243
10	370	10	270
Ex. : 2(0) mCi = 74(0) MBq		Ex. : 7 GBq = 189 mCi	
S.C.P.R.I. 1984			

ANNEXE V

**LISTE DES PERSONNALITES RENCONTREES EN U.R.S.S.  
PAR LA DELEGATION DE L'OFFICE**

La délégation présidée par M. Jacques Valade, Sénateur, rapporteur de l'étude et composée de MM. Josy Moinet, Bernard Parmantier, Richard Pouille, Sénateurs ; de MM. Michel Bernard, Jean Giard et Georges Le Baill, Députés, a été reçue lors de son séjour en U.R.S.S. du 6 au 14 septembre 1986 par :

- L'Institut Kourchatov ;
- Le Ministère de l'énergie atomique ;
- le Soviet suprême de l'U.R.S.S. ;
- le Comité d'Etat pour l'énergie atomique (G.K.A.E.) ;
- le Soviet suprême d'Ukraine ;
- le Comité exécutif de la ville de Kiev.

La délégation a également visité :

- le village de réinstallation de Niebrat ;
- la laiterie de Makarov ;
- l'usine de panification n° 9 de la ville de Kiev ;  
le centre de contrôle sanitaire du marché kolkhozien de Kiev ;
- l'Institut de pédiatrie et d'obstétrique de Kiev.

Le Président de la délégation a en outre survolé en hélicoptère la centrale de Tchernobyl et la région évacuée.

Ces entretiens et ces visites ont permis à la délégation de rencontrer les personnalités suivantes :

*Au Soviet suprême D'U.R.S.S.*

M. Vielikhov Evgeni Pavlovitch

Président de la Commission pour l'Energie du sovjet des nationalités,  
Vice-Président de l'académie des sciences d'U.R.S.S.

M. Izrael Youri Antonievitch

Président du Comité d'Etat de l'U.R.S.S. pour l'hydrométéorologie et la protection de l'environnement  
Vice-Président du groupe parlementaire d'U.R.S.S.

M. Massol Vitali Andreievitch

Président de la commission de la planification budgétaire du sovjet l'Union, Vice-Président du Conseil des ministres de la République d'Ukraine, Président du plan gouvernemental de la République d'Ukraine

M. Noretka Pranas Mikolovitch

Vice-Président de la Commission de l'énergie du sovjet de l'Union,  
Directeur de l'Institut GRES V.I. Lenine

- M. Assimov Moukhamed Saifoutdinovitch  
Suppléant du Président de la Commission pour la protection et l'utilisation rationnelle du milieu naturel du soviet de l'Union,  
Président de l'académie des sciences de la République du Tadjikistan
- M. Romodanov Andréï Petrovitch  
Membre de la Commission pour la santé et les affaires sociales du soviet de l'Union,  
directeur de l'Institut de neurochirurgie, de science et de recherche à Kiev
- M. Sidorenko Victor Alexeïevitch  
Premier Vice-Président du Comité d'Etat d'U.R.S.S. pour la surveillance de l'application de la sécurité du travail dans l'énergie atomique
- M. Ilina Léonid Andreïevitch  
Vice-Président de l'Académie des sciences médicales d'U.R.S.S.,  
Directeur de l'Institut de biophysique,  
Membre de la délégation soviétique à Vienne
- M. Riazantsiev Evgeni Petrovitch  
Directeur-adjoint de l'Institut de l'énergie atomique I.V. Kourtchatov
- Au ministère de l'énergie atomique*
- M. Loukonine N.F.  
Ministère de l'énergie atomique
- M. Voronine  
Vice-Ministre
- Au centre d'état de l'U.R.S.S. sur l'utilisation de l'énergie nucléaire*
- M. Semenov  
Vice-président
- Au Soviet suprême d'Ukraine*
- Députés du soviet d'Ukraine
- M. Kostiouk Platon  
Président du soviet suprême d'Ukraine  
Président de l'Académie des sciences d'Ukraine  
Membre de l'académie des sciences de l'U.R.S.S.
- M. Khomienko Nicolaï Grigorievitch  
Secrétaire du Présidium du soviet suprême d'Ukraine
- M. Trefilov Victor Ivanovitch  
Vice-Président de l'Académie des sciences d'Ukraine
- M. Romanenko Anatoli Iefimovitch  
Ministre de la Santé publique d'Ukraine
- M. Tkatchenko Alexandre Nikolaïevitch  
Ministre, Premier Vice-Président du comité d'Etat agro-industriel d'Ukraine
- M. Pliouchtch Ivan Stepanovitch  
Vice-Président du soviet suprême d'Ukraine, Président de la région de Kiev
- M. Gritsenko Anatoli Vassilievitch  
Vice-Ministre de l'énergie et de l'électrification d'Ukraine
- M. Patouridis Georgi Georgievitch  
Adjoint du chef de l'administration de la République pour l'hydrométéorologie et le contrôle de l'environnement

*A Niebrat*

- M. Timochenko V.G.  
Président du soviet de village
- M. Tchekine A.P.  
Président du district de Tchernobyl
- M. Moscalenko P.I.  
Président du district de Borodian

*Municipalité de Kiev*

- M. Lavroukhine Nikolai Vassilievitch  
Premier Vice-Président de la municipalité de Kiev
- M. Savtchouk Vladimir Romanovitch  
Vice-Président de la municipalité de Kiev
- M. Rejkov Ivan Nikolaïevitch  
Conseiller du Département des Relations extérieures de la municipalité de Kiev

*A l'institut de recherche en pédiatrie et d'obstétrique de Kiev*

- Mme Lukyanova E.M.  
Directrice  
Professeur  
Membre de l'Académie des sciences médicales d'U.R.S.S.

*A Tchernobyl*

Le Général Antochkine

*A l'institut Kurchatov*

- M. Legassov V.A.  
Vice-Président de l'Institut  
Académicien  
Chef de la Délégation soviétique à Vienne
- M. Vorobief  
Premier Vice-Ministre de la santé
- M. Semienov J.K.  
Bureau des complexes énergétiques du Conseil des Ministres

## ANNEXE VI

### AVIS DU CONSEIL SCIENTIFIQUE

Réuni le 29 octobre 1987, en application de l'article 16 du règlement intérieur, le Conseil Scientifique a présenté les observations suivantes.

M. Pierre Samuel s'est félicité que, dans la description de l'accident de la centrale de Tchernobyl, les explications fournies par les Soviétiques fassent l'objet d'une analyse critique.

A propos des risques sanitaires de la radioactivité, il a regretté qu'une étude américaine effectuée sur 3.500 travailleurs du nucléaire ne soit pas citée, bien que l'exploitation statistique de cette enquête ait fait l'objet d'une controverse.

Il a également souligné la diversité des normes relatives aux doses de la radioactivité admissibles en vigueur dans les différents pays membres de la Communauté Européenne et relevé que ce sujet fait l'objet de nombreuses discussions au sein des institutions européennes.

A propos des mesures de radioactivité, M. Samuel a rappelé que des mesures sont effectuées, indépendamment du SCPRI, par le CEA, EDF, certains laboratoires, et par des associations telles que la CRIRAD.

M. Samuel s'est félicité que soit proposée la création d'un organisme indépendant pour l'information sur les questions nucléaires. Rappelant l'expérience du Conseil de l'Information sur l'énergie électro-nucléaire, présidé par Mme Simone Veil, en particulier à propos des problèmes posés par les fissures constatées sur les cuves de certains réacteurs, M. Samuel a souhaité qu'un organe permanent, composé d'un petit nombre de personnes, soit en mesure de diffuser rapidement des informations en cas d'incident dans une centrale nucléaire.

A propos de la sûreté des surgénérateurs, M. Samuel a rappelé qu'à Superphénix, avant la fuite de sodium récemment observée, divers incidents ont été constatés et que de nombreux arrêts d'urgence ont été enregistrés dont les causes ne lui ont pas paru très claires. Soulignant que ce réacteur est la continuation du réacteur Phénix, lequel a fonctionné correctement, M. Samuel a estimé qu'une analyse approfondie du fonctionnement de Superphénix doit précéder un éventuel développement de la filière des surgénérateurs.

Favorable au développement de réacteurs dont la sûreté est fondée sur des processus passifs, M. Samuel a estimé qu'il conviendrait de faire référence à un projet suédois dont la sûreté dépend exclusivement de processus physiques passifs.

Il s'est enfin déclaré favorable à la création d'une autorité indépendante compétente en matière de sûreté nucléaire.

Sans mettre en cause le fond de l'expertise de M. Gongora, M. Michel Demazure a estimé que le texte de cette expertise est difficile à lire. Il s'est par ailleurs interrogé sur les enseignements que l'on peut tirer des mesures mises en œuvre par les Soviétiques après l'accident survenu dans la centrale de Tchernobyl. Il s'est d'autre part inquiété des effets néfastes de la coupure entre le milieu scientifique d'une part et le milieu politique et les citoyens d'autre part, et il a insisté sur le rôle que devraient jouer les médias pour développer la culture scientifique.

Citant deux exemples de dysfonctionnement de systèmes complexes concernant respectivement le lancement de la fusée Ariane et la gestion d'un réseau de distribution d'eau en région parisienne, M. Demazure a estimé qu'actuellement les ressources de l'informatique sont insuffisamment utilisées pour la conduite des processus dans l'industrie. Dans le même sens, il a également cité l'exemple d'un petit système expert mis en œuvre dans un centre de calcul et de recherche d'IBM, pour remédier aux difficultés de fonctionnement du système en service.

Quant à la méthode retenue pour le choix des experts, Mme Hélène Langevin a regretté que, plutôt que de rechercher un expert en génie nucléaire, indépendant du CEA et d'EDF, on n'ait pas fractionné l'étude et fait appel à des scientifiques non spécialisés en génie nucléaire, mais ayant une compétence sur un des aspects du problème (physique nucléaire, chimie, thermodynamique).

Evoquant la présentation de l'accident de la centrale de Tchernobyl, Mme Hélène Langevin a regretté que les observations ne soient pas formulées par rapport à un scénario de référence. D'autre part, Mme Langevin a estimé que la question des effets des faibles doses de radioactivité devrait être approfondie conjointement par des médecins et des biologistes.

Mme Langevin a considéré qu'en matière d'irradiation, les normes doivent être clairement distinguées des doses effectivement reçues, ces dernières étant très irrégulières et variant notamment en fonction des conditions météorologiques (pluie ou temps sec). Elle a souhaité qu'à l'avenir des études pluridisciplinaires soient engagées sur ce sujet avec le concours d'agronomes et de géologues, notamment étrangers, afin d'analyser le devenir d'un radio-élément posé sur le sol.

Estimant que la réalisation de mesures de radioactivité est une chose aisée, Mme Langevin a en revanche insisté sur la difficulté d'interpréter les résultats recueillis ; elle a estimé qu'en ce domaine, le problème fondamental est la transparence et elle a souhaité que le rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques soit une occasion de développer la transparence en ce domaine, éventuellement en organisant une émission de télévision autour de ce rapport.

Mme Langevin s'est félicitée des changements opérés dans la doctrine de sûreté appliquée aux centrales nucléaires françaises, tout en souhaitant que soient approfondies les recherches sur les modalités de dépressurisation des enceintes en cas d'incident et sur la maîtrise de l'hydrogène à l'intérieur des enceintes de confinement.

Mme Langevin s'est également inquiétée des obstacles techniques à l'amélioration de l'automatisation du fonctionnement des centrales nucléaires françaises et a souhaité que la recommandation d'instituer une agence de l'énergie nucléaire ait un caractère opérationnel.

Quant à l'organisation des secours en cas d'accident, Mme Langevin a indiqué qu'elle percevait mal la contribution que l'armée pourrait apporter en cas d'accident nucléaire civil, et qu'une réflexion était nécessaire pour définir une doctrine claire des responsabilités en ce domaine.

Faisant référence à un exposé récent du Professeur Tubiana, M. Paul Lacombe a estimé qu'il n'existe pas de statistiques sûres démontrant la corrélation entre l'exposition aux rayonnements ionisants et les cancers et qu'il y a des incertitudes sur le lien entre l'exposition au radon et l'apparition de cancers chez les mineurs d'uranium. Il a souhaité que la connaissance de la technologie nucléaire soit développée dans l'enseignement secondaire et dans l'enseignement supérieur.

M. Lacombe a émis des réserves sur la fiabilité des informations scientifiques diffusées par les médias qui parfois dispensent des renseignements erronés.



M. Lacombe a d'autre part estimé que des efforts doivent être accomplis pour améliorer les matériaux utilisés dans les centrales nucléaires françaises tout en se félicitant du très bon niveau de disponibilité des réacteurs français, et du haut degré de sûreté de ces installations. A propos des fissures constatées sur les cuves de certains réacteurs, il a souhaité une transparence beaucoup plus grande, tout en s'interrogeant sur le moment le plus opportun pour informer le public.

A propos des problèmes posés par la concentration d'hydrogène dans les enceintes de confinement, M. Lacombe a souligné que le recours à des capteurs pose des problèmes technologiques délicats et il a proposé de fournir au rapporteur de l'Office parlementaire une bibliographie relative aux seuils de concentration d'hydrogène. Il a également proposé au rapporteur de lui communiquer une bibliographie sur l'augmentation de la teneur en vapeur de l'atmosphère sous enceinte comme cause d'accident, ainsi qu'une publication sur la contamination des végétaux par les radioéléments.

M. François Davoine a regretté que la concertation internationale suscitée par l'accident de Tchernobyl ne soit pas traitée dans l'avant-projet de rapport et il a souhaité un recensement des retombées scientifiques positives involontaires de cet accident.

M. Davoine a d'autre part rappelé qu'un rapport de l'ambassade française à Moscou faisait état, peu avant l'accident de Tchernobyl, de difficultés de fonctionnement des réacteurs RBMK et VVER.

M. Samuel a indiqué qu'à son point de vue les Soviétiques considéraient le RBMK comme sûr et que ce réacteur n'a pas été installé hors d'URSS pour éviter la prolifération de plutonium militaire et non pour des motifs de sûreté. M. Samuel s'est interrogé sur la méthode à retenir pour informer le public, estimant que face à des incertitudes — par exemple le cas des fissures sur certaines cuves de réacteurs — il faut indiquer une fourchette qui, après étude, peut être resserrée.

Enfin, rappelant les réticences du SCPRI à diffuser les informations qu'il recueille, M. Samuel a rappelé les améliorations obtenues au sein du Conseil de l'information sur l'énergie électro-nucléaire, sous l'impulsion de Mme Veil, alors présidente du Conseil. En ce domaine, M. Samuel a insisté sur la nécessité d'un effort pédagogique.

M. Paul Lacombe a estimé qu'un effort particulier d'information doit être accompli pour faire connaître les unités de mesure de la radioactivité. Par ailleurs, il s'est félicité de l'approfondissement des contrôles mis en œuvre dans les centrales françaises par EDF ; il s'est enfin inquiété du problème des déchets nucléaires.

Mme Langevin a regretté que les retombées de strontium, issues du nuage de Tchernobyl, ne soient pas mentionnées, en raison des problèmes à long terme posés par ce radio-élément. Elle a estimé qu'un gros travail de recherche doit être engagé pour clarifier la notion de doses de radioactivité admissibles pour les gens. Estimant intéressante l'idée de créer une agence de l'énergie nucléaire, Mme Langevin a déclaré que l'indépendance et les moyens d'une telle institution devaient faire l'objet d'une réflexion approfondie. Enfin elle a insisté sur la nécessaire crédibilité de l'information délivrée au niveau central, estimant que la démultiplication par l'intermédiaire des médecins et des pharmaciens aurait un effet plutôt négatif si l'information était suspectée.

ANNEXE VII

**VALEURS DE RADIOACTIVITÉ MAXIMALE ADMISES  
DANS LES ALIMENTS DANS LE CADRE DE LA CEE**

(en becquerels par kilo)

Denrées	Élément radioactif	Normes exigées		
		Décidées par la CEE le 30 mai 86 et valable jusqu'en décembre 1989	Recommandées par les experts scientifiques (30 avril 1987)	Fixées pour l'avenir, en cas de nouvel accident nucléaire, par la CEE (décision de principe du 14 décembre 1987)
Lait	Iode et strontium.....		500	
	Émetteurs alpha.....		20	
	Cesium.....	370	4 000	1 000
Viande	Iode et strontium.....		3 000	
	Émetteurs alpha.....		80	
	Cesium.....	600	5 000	1 250