

Tchernobyl — Dix ans après

Des experts du monde entier précisent les faits et conséquences de l'accident de 1986

par
Abel J. González

Le 26 avril 1986 explose le réacteur n° 4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl, non loin du point où se rejoignent les frontières de l'Ukraine, du Bélarus et de la Russie. La catastrophe projette dans l'atmosphère d'énormes quantités de matières radioactives et devient le sujet de la plus longue controverse de l'ère technologique moderne. Les conséquences radiologiques de l'accident suscitent l'inquiétude générale et appellent l'attention sur le problème global de la sûreté nucléaire. Elles coïncident avec l'avènement de la glasnost et de la perestroïka en ex-Union soviétique et ne tardent pas à provoquer malentendus et appréhensions quant à leurs incidences réelles ou perçues.

Au début règnent le secret et la confusion, comme le note en toute objectivité le professeur Leonid Ilyin dans son ouvrage *Tchernobyl: mythes et réalités*. Les habitants des régions touchées par l'accident apprennent la nouvelle plus par oui-dire que par les communiqués officiels. Hors de l'URSS, l'accident est révélé par les mesures prises dans les pays nordiques qui détectent une augmentation insolite de la radioactivité ambiante. A ce manque initial de transparence qui ébranle la confiance du public s'ajoute une information confuse et parfois contradictoire. Les uns perçoivent l'événement comme le plus grand désastre qu'ait jamais connu le monde,

tandis que d'autres n'y voient qu'un problème sanitaire relativement circonscrit, malgré les circonstances tragiques.

Dix ans plus tard, en avril 1996, plus de 800 experts de 71 pays et de 20 organisations — sous l'œil de plus de 200 journalistes — se réunissent pour étudier les conséquences réelles et possibles de l'accident et les placer dans leur contexte objectif. La conférence internationale *Dix ans après Tchernobyl: récapitulation des conséquences de l'accident* se tient au Centre Austria de Vienne. Elle est un modèle de coopération internationale: six organisations de la famille des Nations Unies, dont l'AIEA, et deux organismes régionaux importants collaborent à son organisation (voir les encadrés pages 8 et 17).

Entre la catastrophe et la réunion de cette conférence, l'Agence prend part à une série d'activités scientifiques visant à quantifier les effets réels de l'événement (voir les encadrés pages 5, 6, 7 et 8).

La conférence a pour mandat de parvenir à un consensus international sur les conséquences de l'accident, de se mettre d'accord sur les faits scientifiques avérés, et d'élucider l'information et les pronostics pour mettre fin à la confusion. Les résultats se passent de commentaires (voir dans l'article suivant la synthèse de la conférence et le résumé de ses résultats). Nous ferons ici un bref exposé de quelques questions importantes examinées dans divers articles du présent numéro de notre *Bulletin*.

Retombées radioactives. Bien que l'on ne soit pas encore entièrement d'accord sur les quantités de matières radioactives rejetées par l'explosion du réacteur, les meilleures estimations — de l'ordre de 10^{19} becquerels (le becquerel est l'unité internationale d'activité) — rendent bien compte de l'ampleur de la catastrophe. Deux éléments chimiques présents

M. González est directeur de la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets, Département de la sûreté nucléaire, AIEA.

Rejet de matières radioactives dans l'environnement

Le réacteur sinistré a rejeté des quantités considérables de matières radioactives dans l'environnement: 10^{19} becquerels. Ces dernières contiennent de nombreux radioéléments, mais deux d'entre eux seulement — l'iode (à court terme) et le césium (à long terme) — sont importants du point de vue radiologique.

L'iode 131 (10^{18} becquerels rejetés) est absorbé par la thyroïde après inhalation ou consommation de denrées alimentaires contaminées, notamment de produits laitiers; son rayonnement bêta de faible portée irradie la glande de l'intérieur. Il est très facile de prévenir son absorption, par exemple en interdisant la consommation de denrées contaminées pendant quelques semaines jusqu'à ce que le rayonnement ait suffisamment décréu, ou en administrant à titre prophylactique de petites quantités d'iode stable pour bloquer la thyroïde.

Environ 10^{17} becquerels rejetés de radio-isotopes du césium sont retombés sur une vaste zone (voir la carte page 5). Il est difficile d'éviter la radioexposition. Une fois dans le sol, le césium contamine les denrées agricoles et les animaux en pâture, et son rayonnement gamma de longue portée atteint n'importe qui aux alentours. Le nettoyage des surfaces est malaisé et, en cas de forte concentration, la population doit être évacuée.

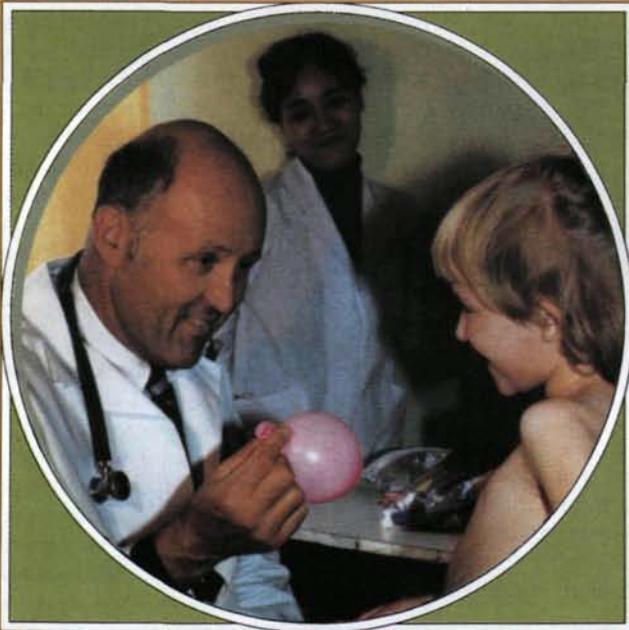
Au sujet de l'iode 131, on est mal renseigné sur sa destination, sur les sujets exposés et sur les doses reçues et il n'est pas sûr que l'on ait pu prévenir efficacement son absorption. Des estimations indirectes indiquent nettement que certains groupes ont reçu des doses très élevées. Les enfants, particulièrement sensibles du fait qu'ils absorbent normalement beaucoup de produits laitiers et que leur thyroïde est peu développée, ont reçu les plus fortes doses.

Le Projet international sur Tchernobyl (voir l'encadré page 7) a prédit en 1990 que les fortes doses se traduiraient après quelques années par une augmentation significative de l'incidence du cancer de la thyroïde, par ailleurs relativement rare, parmi les enfants exposés.

Couverture de l'édition russe d'une brochure décrivant le Projet international sur Tchernobyl, exécuté par des équipes de scientifiques internationaux en 1990 et 1991.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

ЭКСПЕРТИЗА РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ
И ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
ИТОГОВАЯ БРОШЮРА



dans le nuage radioactif dominant le tableau des effets radiologiques: l'iode et le césium. Le radio-isotope le plus important de l'iode est l'iode 131, dont l'activité diminue de moitié tous les huit jours. Les radio-iodes, généralement de courte période, sont essentiellement à l'origine de l'irradiation de la thyroïde, peu de temps après l'accident, parmi

les populations des régions voisines. Le radio-isotope le plus important du césium est le césium 137, dont la période est de 30 ans. Ce radionucléide a fait un voyage au long cours dans l'atmosphère et s'est déposé irrégulièrement sur de vastes territoires, surtout en Europe et, en moindres quantités néanmoins mesurables, dans d'autres secteurs de tout

Effets directs des rayonnements sur le milieu naturel

Pendant les premières semaines après l'accident et dans un rayon de quelques kilomètres autour du réacteur, la faune et la flore locales, notamment les campagnols et les conifères, ont reçu des doses létales. Dès l'automne 1986, les débits de dose diminuent d'un facteur 100 et, en 1989, les écosystèmes se reconstituent. Aucun impact grave et durable sur les populations animales ou les écosystèmes n'a pu être constaté. Il reste à étudier les effets génétiques possibles à long terme et leur importance.



l'hémisphère Nord. Ses retombées sont la principale source de radioexposition de l'organisme entier à long terme (voir l'encadré ci-dessus et la carte de la page 5).

Doses de rayonnements. Les matières radioactives rejetées devaient avoir de graves effets directs sur les personnes et sur les écosystèmes à l'intérieur et à proximité du site de la centrale. Le dommage radio-induit est fonction de la dose de rayonnements reçue par l'être humain et le biote, laquelle est à son tour fonction de la quantité d'énergie absorbée par les matières biologiques exposées. L'unité de dose à l'être humain est le sievert et, plus communément, son sous-multiple le millisievert (mSv). A titre de comparaison, la dose annuelle moyenne à l'être humain due au fond naturel de rayonnement est de 2,4 mSv. Bon nombre d'employés de la centrale et de membres des équipes d'intervention après l'accident (les liquidateurs) ont reçu de fortes doses atteignant parfois des milliers de mSv et présenté le syndrome clinique de l'irradiation. Vingt-huit d'entre eux sont morts des suites de

leurs radiolésions. Plus de 100 000 habitants évacués des zones contaminées et ceux qui sont demeurés dans les régions moins touchées ont reçu, ou recevront, des doses à l'organisme entier relativement faibles: celles qu'ils recevront pendant toute leur vie seront comparables ou inférieures aux doses viagères qu'ils recevraient des sources naturelles de rayonnements (voir l'encadré page 11). Font exception les doses à la thyroïde, qui ont dû être très élevées, en particulier chez les enfants, et les doses aux écosystèmes locaux.

Domages à l'environnement. Des doses létales ont atteint des écosystèmes radiosensibles, dans un rayon de quelques kilomètres autour de l'accident, en particulier parmi les campagnols et les conifères. Les doses ont diminué considérablement en quelques mois et les écosystèmes se sont finalement rétablis. Jusqu'à présent, aucun effet grave et durable sur l'environnement n'a été observé (voir l'encadré ci-contre). Un rapport de M. Dreicer et R. Alexakhin décrit plus en détail les effets écologiques de l'accident (page 24).

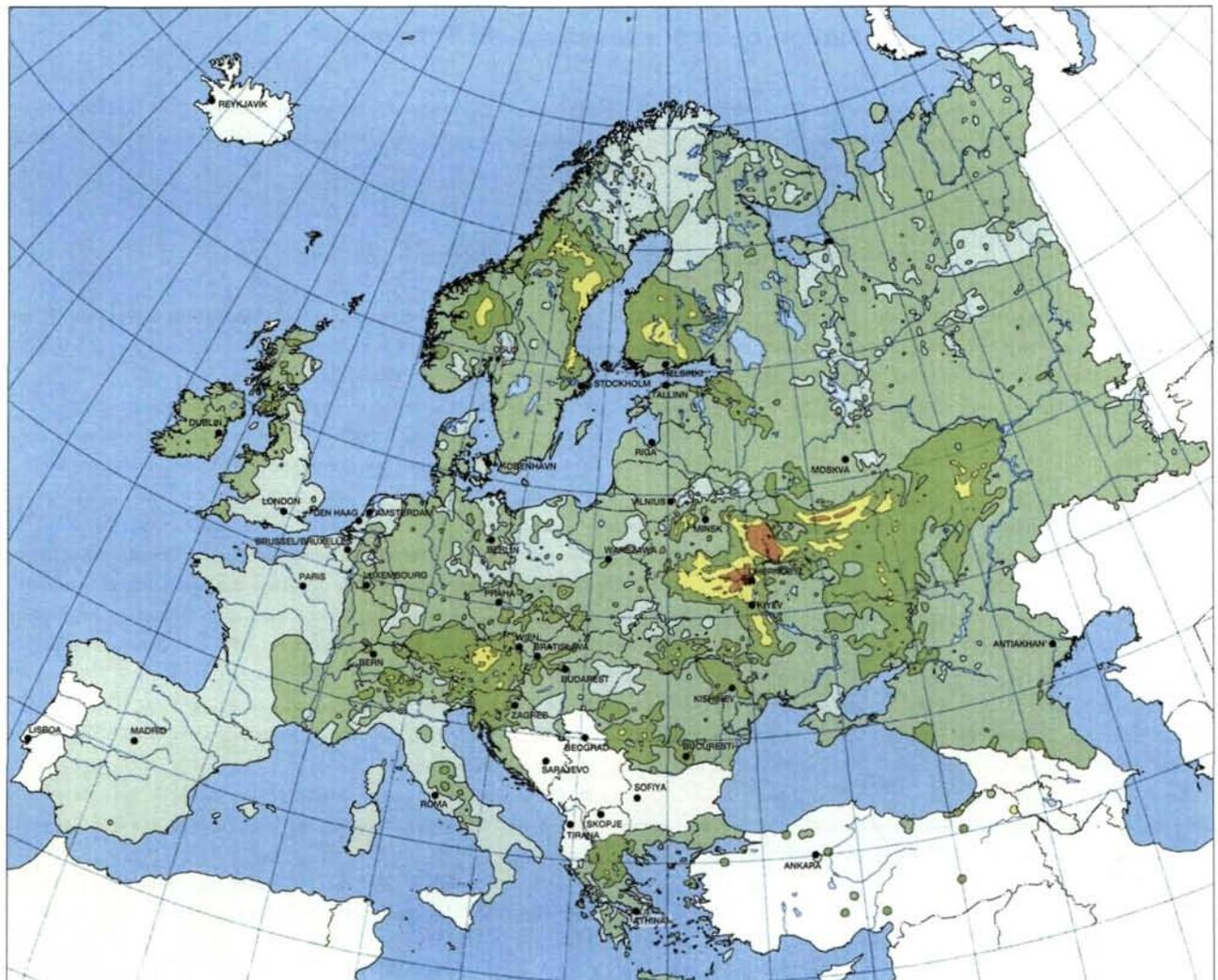
La contamination de l'environnement a pour effet secondaire celle des denrées alimentaires produites dans les secteurs touchés. Pendant quelque temps après l'accident, les niveaux d'activité des denrées de base excèdent les limites autorisées par le Codex Alimentarius*, mais aucune denrée provenant actuellement des fermes collectives ne dépasse ces limites. En revanche, les produits de la faune et de la flore sauvages — gibier, baies et champignons, etc. — provenant des forêts des zones les plus contaminées, ainsi que les poissons de certains lacs européens dépassent toujours les niveaux fixés par le Codex. Les mesures prises sur le plan agricole sont un volet important de la décontamination de l'habitat humain et font l'objet du rapport de J. Richards et R. Hance (page 38).

Effets sanitaires. Ils ont inquiété le plus le public, les décideurs et les autorités politiques; la conférence sur Tchernobyl leur a consacré beaucoup de temps. Les effets observés lors d'examens cliniques (et individuellement attribuables) ont été étudiés indépendamment des effets à long terme que l'on ne peut imputer aux rayonnements qu'après des études épidémiologiques statistiques approfondies sur des populations nombreuses** (voir l'encadré page 10). Parmi ces derniers, les effets sur la thyroïde sont un cas spécial, traité séparément.

suite page 9

* Le Codex Alimentarius, œuvre de la FAO et de l'OMS, fixe les limites de radioactivité autorisées pour les denrées alimentaires du commerce international.

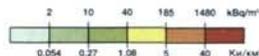
** Voir l'article de l'auteur intitulé «Effets biologiques des faibles doses de rayonnements ionisants: On en sait plus» dans le Bulletin de l'AIEA, volume 36, n° 4 (décembre 1994).



Projection Lambert Azimutal

© EC/IGCE, Roshydromet/Mnchernobyl (IAI)/Belhydromet, 1996

Dépôt total de césium 137 normalisé au 10 mai 1986.



Données absentes

Carte préliminaire du dépôt total de césium 137 extraite de l'Atlas du dépôt de césium en Europe après l'accident de Tchernobyl, rapport EUR 16733, Bureau des publications de la CE, Luxembourg (1996).

Dépôt total de césium sur l'Europe

Les matières radioactives rejetées par l'accident de Tchernobyl sont retombées sur de vastes territoires. L'activité déposée, facilement mesurable, apparaît sur les cartes de la contamination: celle qui est reproduite ci-dessus fut présentée à la conférence. Pour les scientifiques, ces cartes représentent clairement l'activité mesurable. En revanche, pour le grand public, elles indiquent des zones contaminées et, par conséquent, dangereuses. A l'aide de radiamètres sensibles, les scientifiques sont en mesure de relever de très faibles niveaux d'activité et de couvrir de très vastes étendues. Des niveaux négligeables signifient contamination sur des cartes de l'ex-URSS. A la lecture de ces dernières, quelques années après l'accident, le public s'est inquiété. Pourtant, les doses de rayonnements dues aux dépôts sur des milliers de kilomètres carrés contaminés sont inférieures au fond naturel de rayonnement de nombreuses régions du monde.

Evaluation des conséquences de Tchernobyl

Au cours des dix dernières années, maintes activités internationales ont contribué à l'évaluation des conséquences de l'accident de Tchernobyl. Elles sont classées en deux périodes: avant le *Projet international sur Tchernobyl* de 1990, qui a présenté un exposé complet de l'accident, et après le *Projet* jusqu'à la conférence internationale sur Tchernobyl d'avril 1996.

1986-1989: Premières constatations — Collecte des faits

Août 1986: Réunion d'analyse de l'accident. De nombreux participants ont assisté à cette réunion organisée par l'AIEA quelques mois après l'accident. Les résultats ont fait l'objet d'un rapport du Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG) récemment créé¹.

Ce rapport étudie les causes de l'accident et présente les estimations soviétiques préliminaires de la quantité de matières radioactives rejetées par le réacteur sinistré. Il fait un premier bilan limité mais important des conséquences radiologiques:

- Environ 300 membres du personnel du site ont été hospitalisés pour radiolésions et brûlures.
- 135 000 personnes ont été évacuées: leur dose collective d'irradiation externe est estimée à $1,6 \times 10^4$ homme-sieverts (h-Sv).
- Les doses à la thyroïde, estimées pour la plupart à moins de 300 millisieverts (mSv), atteignaient néanmoins 2 500 mSv chez certains enfants.
- Une estimation pessimiste de la dose collective à long terme à la population indique 2×10^6 h-Sv, une estimation plus réaliste, 2×10^5 h-Sv.

Divers calculs des effets sanitaires potentiels à long terme ont été faits et les chances de détecter ces derniers par l'étude épidémiologique sont très limitées: certains effets, par exemple des néoplasmes bénins et malins de la thyroïde, ne pourraient être décelés que dans les cohortes ayant reçu d'assez fortes doses.

Mai 1988: Conférence de Kiev. Deux ans plus tard, la communauté scientifique internationale a pour la deuxième fois l'occasion d'examiner les conséquences radiologiques lors de la conférence scientifique internationale sur les aspects médicaux de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl, réunie à Kiev en mai 1988 par les autorités soviétiques en collaboration avec l'AIEA. (Une version non corrigée du compte rendu de la conférence a été publiée par l'AIEA sans indication de prix, avec un rapport résumant l'information présentée à la conférence²).

Cette information porte sur diverses questions:

- Le nombre précis des radiolésions cliniquement diagnostiquées: 238 personnes professionnellement exposées présentaient des signes évidents de syndromes d'irradiation (le nombre de diagnostics positifs est finalement moindre); 28 d'entre elles sont décédées, et deux autres ont été tuées par l'explosion du réacteur (une troisième a été victime d'une thrombose coronaire).

- Les rejets de matières nucléaires ont contaminé de vastes superficies, en certains points jusqu'à 30×10^5 Bq/m² (80 Ci/km²) et le lait a été contaminé jusqu'à 20 000 Bq/L.

- L'engagement de dose collective dans l'ex-Union soviétique était estimé à 226 000 h-Sv, dont 30 % pendant la première année, avec des doses à l'organisme entier atteignant 50 mSv dans le même temps.

- Il est confirmé que les doses à la thyroïde atteignaient 2 500 mSv.

Décembre 1988: Evaluation mondiale par le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR). Le Comité a fait une évaluation exhaustive de l'impact hors de l'URSS. Dans son rapport de 1988 à l'Assemblée générale des Nations Unies, il propose les estimations suivantes:

- La dose nationale moyenne la plus élevée pour la première année était de 0,7 mSv (soit un tiers de la moyenne mondiale d'exposition au rayonnement naturel).

- L'engagement moyen de dose régionale totale le plus élevé était de 1,2 mSv (soit 1/30 de la dose moyenne viagère due à des sources naturelles).

- L'impact mondial total de l'accident de Tchernobyl était de 600 000 h-Sv, équivalant en moyenne à 21 jours supplémentaires d'exposition mondiale au fond naturel de rayonnement.

Mai 1989: L'étendue des conséquences se précise — Réunion ad hoc à l'AIEA. Trois ans après l'accident, les scientifiques obtiennent un bilan plus complet des conséquences de l'accident lors d'une réunion ad hoc officielle organisée par le Secrétariat de l'AIEA en mai 1989, à l'occasion de la 38^{ème} session de l'UNSCEAR. Plus de 100 scientifiques de 20 pays assistent à cette réunion dont le rapport est présenté ultérieurement à un colloque sur les opérations de remise en état après un accident³. Les renseignements fournis par les experts soviétiques présents à la réunion précisent la situation à long terme:

- Les cartes de la contamination consultables à l'échelon international indiquent une radioactivité supérieure à $5,5 \times 10^5$ Bq/m² (15 Ci/km²) sur 10 000 km².

- 786 agglomérations peuplées de 272 800 habitants se situaient dans des zones strictement contrôlées, où ces derniers étaient censés recevoir une dose collective de 13 900 h-Sv jusqu'en janvier 1990, certains risquant d'être exposés à plus de 170 mSv.

- La communauté internationale a été informée des critères d'intervention fixés par les autorités soviétiques — 350 mSv voyageurs — lesquels devaient finalement donner lieu à une vive controverse.

1990-1991: Bilan plus complet — Le Projet international sur Tchernobyl

Mars 1990-mai 1991: Evaluations sur place par des experts — Faits nouveaux. En octobre 1989, l'URSS demande officiellement à l'AIEA de coordonner une «évaluation par des experts internationaux» du concept qu'elle a élaboré pour permettre à la population de vivre sans risque dans des zones radiocontaminées résultant de l'accident et de juger de l'efficacité des mesures prises dans ces régions pour protéger la santé des habitants.

La réponse a été le *Projet international sur Tchernobyl (PIT)*, lancé au début de 1990⁴. Il traite quatre grandes questions intéressant la population et les dirigeants: l'étendue de la contamination des régions habitées; les prévisions de la radioexposition de la population; les effets sanitaires observés et potentiels; et l'efficacité des mesures prises au moment du PIT pour protéger le public. Les conclusions et recommandations sont approuvées par le *Comité consultatif international du PIT* le 22 mars 1991, et présentées pour examen à une conférence internationale réunie à Vienne du 21 au 24 mai 1991. Elles sont publiées par l'AIEA et se résument comme suit:

- *Les niveaux de contamination superficielle signalés sur les cartes disponibles à l'époque ont été confirmés: 25 000 km² ont été déclarés contaminés par des concentrations au sol de césium supérieures à $1,85 \times 10^5$ Bq/m² (5 Ci/km²), dont environ 14 600 km² au Bélarus, 8 100 km² en Russie et 2 100 km² en Ukraine.*

- *Les doses de rayonnements à l'organisme entier à prévoir pour toute la durée de la vie ont été jugées inférieures à 160 mSv, soit deux ou trois fois moins que les prévisions initiales; les doses à la thyroïde effectivement reçues n'ont pu être confirmées.*

- *Des problèmes de santé assez graves mais sans rapport avec l'irradiation et des troubles psychiques tels que le stress et l'anxiété ont été constatés parmi la population, mais aucune de ces affections n'a été directement imputée à une radioexposition, sauf chez les travailleurs fortement exposés. Comme on s'y attendait, aucune augmentation de*

l'incidence des leucémies ou des cancers n'a été mise en évidence au moment du PIT et il sera difficile de discerner dans l'avenir l'augmentation possible des affections malignes autres que les cancers de la thyroïde.

- *Les conclusions générales sur la situation sanitaire ont été complétées par diverses considérations plus détaillées, dont certaines concernent les néoplasmes, et plus spécialement l'incidence accrue des cancers signalée à l'époque et son augmentation possible dans l'avenir, notamment:*

- *Les statistiques soviétiques indiquaient que le nombre de cas de cancers signalés augmentait depuis dix ans et continuait d'augmenter au même rythme depuis l'accident. Les experts du PIT ont toutefois pensé que tous les cas n'avaient pas été signalés dans le passé et n'ont pu déterminer si l'augmentation était réelle ou due à des différences de méthodologie, à une amélioration du dépistage et du diagnostic ou à d'autres causes.*

- *Il serait difficile, à partir des estimations de doses du PIT et des évaluations couramment acceptées du risque d'irradiation, de distinguer les cas nouveaux par rapport à l'incidence naturelle des cancers spontanés et hérités, même au prix de longues études épidémiologiques bien conçues; en revanche, d'après les estimations de la dose absorbée par la thyroïde chez les enfants, il est possible de prévoir une augmentation éventuelle statistiquement détectable de l'incidence du cancer dans l'avenir.*

- *Les mesures de protection appliquées au moment du PIT ou prévues à longue échéance, telles certaines réinstallations et restrictions alimentaires, ont été jugées plus radicales qu'il ne serait nécessaire à des fins de radioprotection.*

Le PIT a recommandé plusieurs mesures complémentaires, dont la continuation des évaluations épidémiologiques et l'intensification des soins médicaux, en particulier pour certaines «populations à haut risque».

Notes pour les pages 6 et 7:

¹ Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire. Rapport récapitulatif sur la réunion d'analyse de l'accident de Tchernobyl, Collection Sécurité n° 75-INSAG-1; AIEA; Vienne (1986).

² Voir IAEA-TECDOC-516, *Medical Aspects of the Chernobyl Accident, Proceedings of an All-Union Conference*; et «The Radiological Consequences of the Chernobyl Accident», par L.V. Konstantinov et A.J. González, *Nuclear Safety*, vol. 30, n° 1 (janvier-mars 1989).

³ Colloque international sur les opérations de rétablissement des conditions normales en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique. Voir «Recovery Operations after the Chernobyl Accident: The Intervention Criteria of the USSR's National Commission on Radiation Protection», par A.J. González, dans le compte rendu du colloque IAEA-SM-316/57, page 313.

⁴ Le PIT était patronné par la Commission européenne, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'Organisation internationale du Travail, l'Organisation météorologique mondiale, l'Organisation mondiale de la santé, l'AIEA et l'UNSCEAR. Un comité consultatif international indépendant de 19 membres a été créé et placé sous la présidence de M. Itsuzo Shigematsu, directeur de la fondation pour la recherche sur les effets des rayonnements à Hiroshima, qui ne cesse depuis 1950 de surveiller et d'examiner l'état de santé des survivants de la bombe atomique qui constituent la population la plus nombreuse jamais exposée à de fortes doses de rayonnements. Les autres scientifiques membres du comité venaient de dix pays et de cinq organisations internationales. Entre autres disciplines étaient représentées la médecine, la radiopathologie, la radioprotection, la radioépidémiologie et la psychologie. Le PIT a connu sa période la plus active entre mai 1990 et la fin de l'année. Environ 200 experts de 23 pays et de sept organisations internationales y ont participé et 50 missions scientifiques se sont rendues en URSS. Des laboratoires de plusieurs pays, dont l'Autriche, les Etats-Unis et la France, ont contribué à l'analyse et à l'évaluation des matières prélevées.

1991-1996: Etudes coopératives complémentaires — Le tableau s'éclaire

De nombreuses initiatives internationales ont pris la relève du PIT; en voici l'essentiel:

Activités de suivi de l'AIEA. L'AIEA et la FAO ont patronné un projet de contremesures agricoles⁵ et l'AIEA a organisé de nouvelles évaluations de l'environnement en collaboration avec l'Institut de protection et de sûreté nucléaires (IPSN, France)⁶.

Programme international de l'OMS sur les effets sanitaires de l'accident de Tchernobyl. Les résultats ont été publiés récemment et examinés par la conférence internationale de l'OMS sur les conséquences de Tchernobyl et d'autres accidents radiologiques pour la santé, réunie à Genève du 20 au 23 novembre 1995. Le programme confirme dans l'ensemble les conclusions du PIT et fournit un complément d'informations sur l'incidence accrue du cancer de la thyroïde chez les enfants.

Voici l'essentiel des conclusions:

- *Effets psychosociaux, jugés sans rapport avec la radioexposition: ils résultaient du manque d'information immédiatement après l'accident, du stress et du traumatisme de la réinstallation obligatoire dans des zones moins contaminées, de la rupture des relations sociales et de la crainte que la radioexposition ne nuise à la santé dans l'avenir.*
- *Forte augmentation du cancer de la thyroïde, en particulier parmi les enfants des zones contaminées: à la fin de 1994, ce cancer était diagnostiqué chez 565 enfants âgés de 0 à 14 ans (333 au Bélarus, 24 en Fédération de Russie et 208 en Ukraine).*
- *Aucune augmentation sensible de l'incidence de la leucémie ou autres hémopathies.*

- *Indices d'arriération mentale et perturbations de comportement et d'émotivité chez un petit nombre d'enfants radioexposés in utero: on ne peut préciser dans quelle mesure les rayonnements auraient contribué à ces troubles, car on ne dispose pas de données dosimétriques individuelles.*

- *Types et distribution des affections buccales observées parmi les habitants des zones contaminées: ils sont les mêmes que chez les habitants des zones non contaminées.*

Projets financés par la Commission européenne (CE). La CE a financé de nombreux projets de recherche scientifique sur les conséquences de Tchernobyl, dont les résultats ont été résumés à la première conférence internationale de l'Union européenne, du Bélarus, de la Fédération de Russie et de l'Ukraine sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl, réunie à Minsk du 18 au 22 mars 1996. Ces projets donnent de précieux renseignements qui serviront à planifier les secours, à évaluer les doses et à régénérer l'environnement, à traiter les personnes fortement exposées et à dépister le cancer de la thyroïde chez les enfants.

Autres initiatives. Signalons les études appuyées par l'UNESCO, notamment sur les conséquences psychologiques, les rapports spéciaux de l'UNSCEAR et de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE), les études indépendantes faites dans les pays touchés et ailleurs, par exemple le contrôle radiologique général des populations exposées effectué par l'Allemagne, l'étude approfondie financée par la Fondation Sasakawa (Japon), un grand projet des Etats-Unis et l'évaluation de l'absorption de césium 137 faite par Cuba sur quelque 15 000 enfants.

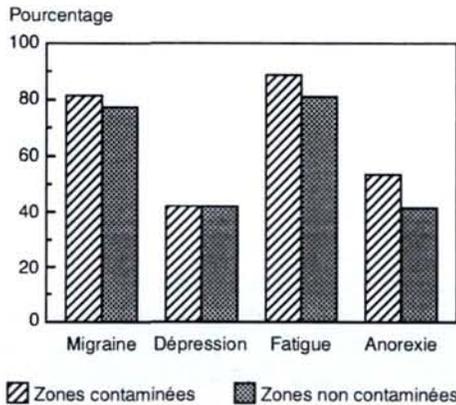
Avril 1996: Conférence internationale «Dix ans après Tchernobyl: récapitulation des conséquences de l'accident». Les principales organisations qui s'occupent de l'évaluation des conséquences de l'accident — l'AIEA, la CE et l'OMS — se sont jointes pour parrainer cette récente conférence qu'elles ont organisée en coopération avec l'AEN/OCDE, la FAO, l'ONU (Département des affaires humanitaires), l'UNESCO et l'UNSCEAR, conférence à laquelle ont assisté 845 scientifiques de 71 pays et de 20 organisations, ainsi que 280 journalistes. Elle était présidée par le Ministre allemand de l'environnement, de la conservation de la nature et de la sûreté nucléaire, et l'on comptait parmi l'assistance des hauts fonctionnaires et des membres des gouvernements, dont le Président du Bélarus, le Premier Ministre ukrainien, le Ministre russe de la protection civile, des secours et de l'élimination des conséquences des catastrophes naturelles, et le Ministre français de l'environnement. Trois rapports nationaux, quatre allocutions d'organisations intergouvernementales, 11 exposés d'orientation, huit documents scientifiques de référence, 181 mémoires affichés et 12 panneaux techniques ont servi à récapituler les conséquences de l'accident.

⁵ Le «projet Bleu de Prusse» visant à réduire la contamination du lait et de la viande en ajoutant des composés du bleu de Prusse à l'alimentation des ruminants. Il était essentiellement financé par l'AIEA et par la Norvège, dont les spécialistes avaient mis au point la méthode, et devait s'avérer à la longue le plus rentable de tous les projets qui ont fait suite au PIT. Un investissement annuel de 50 000 dollars par le Bélarus a permis de récupérer 30 millions de dollars de lait et de viande chaque année.

⁶ Suite à une demande spécifique du Bélarus lors de la Conférence générale de 1994, l'AIEA a lancé un projet essentiellement écologique sur l'avenir de la zone contaminée, en grande partie financé par l'IPSN qui a participé très activement à son exécution technique avec des scientifiques des régions touchées. Certaines conclusions vont au-delà de celles du PIT et concernent l'environnement en général. Au sujet de la biocénose, communauté écologique signalée comme ayant le plus souffert de l'accident de Tchernobyl, le projet a conclu que la radiocontamination n'était pas massive et touchait surtout les forêts de pins. Leur destruction, bien que considérable à proximité immédiate de la centrale, représentait moins de 0.5% de la superficie boisée de la zone d'exclusion.

Symptômes sans rapport avec l'irradiation

Une enquête parmi la population sur les symptômes sans rapport avec l'irradiation a été faite dans les zones qui ont directement souffert de l'accident (zones contaminées) et dans les zones témoins des régions non contaminées. Les résultats présentés à la conférence internationale montrent, d'une part, que la fréquence de ces symptômes est étonnamment élevée et, d'autre part, qu'elle n'est pas nettement liée à la résidence dans une zone contaminée ou non. Ces effets peuvent être imputés aussi bien à l'accident qu'aux difficultés économiques et à la perturbation sociale dans la région.



Effets observés lors d'examen cliniques. Compte tenu de l'ampleur de l'accident, le nombre de personnes qui ont subi ces effets est relativement modeste. Au total, 237 membres des équipes d'intervention qui semblaient présenter des syndromes cliniques de radioexposition ont été hospitalisés; chez 134 d'entre eux, des *syndromes d'irradiation aiguë* ont été diagnostiqués. Parmi eux, 28 sont décédés des suites de radiolésions (trois autres sont morts au moment de l'accident: deux sous l'effet de l'explosion et un de thrombose coronaire) (voir le graphique page 10). Quatorze nouveaux décès dans ce groupe, quelques années après l'accident, n'étaient pas nécessairement dus à une radioexposition. Le rapport de G. Wagemaker et ses collaborateurs (page 29) décrit plus en détail les effets observés lors d'examen cliniques.

Cancer de la thyroïde. Il est normalement rare et peut avoir d'autres causes que l'irradiation. Mais, à la fin de 1995, plus de 800 cas ont été signalés chez les enfants, la plupart au Bélarus (voir le graphique page 10), et il est fort probable qu'ils soient

Impacts sociaux, économiques, institutionnels et politiques

Un document scientifique de référence sur l'impact socio-économique, institutionnel et politique de l'accident a été préparé par de hauts fonctionnaires du Bélarus, de Fédération de Russie et d'Ukraine, et étudié par la conférence internationale*. Les diverses contremesures prises par les autorités, dont certaines visaient les risques radiologiques, ont créé nombre de problèmes sociaux et économiques. En voici quelques-uns relevés dans le document:

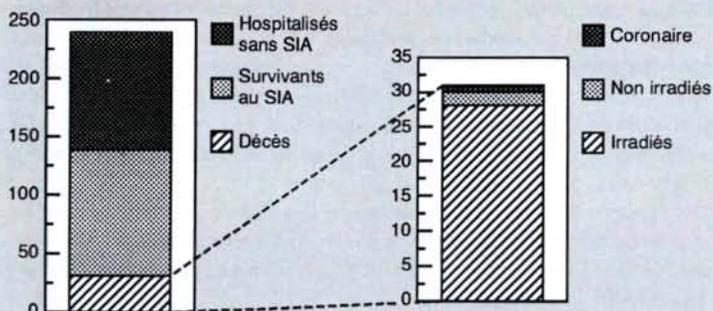
- Immédiatement après l'accident, 116 000 personnes ont été évacuées et, entre 1990 et la fin de 1995, près de 210 000 personnes de plus, réinstallées. Une ville nouvelle, Slavutich, a été construite pour le personnel de la centrale de Tchernobyl, en remplacement de Pripjat qu'il avait fallu évacuer.
- Des villages entiers ont été décontaminés, et de gros travaux d'infrastructure sur les circuits de distribution de l'eau et du gaz et sur les réseaux d'égoûts, exécutés. La perte de l'unité 4 de Tchernobyl et l'arrêt de la construction de nouveaux réacteurs ont réduit l'offre d'électricité.
- Dans les régions contaminées, le cours normal de la vie et de l'activité économique a été fort perturbé. En particulier, l'exploitation agricole et forestière a été gravement touchée, causant de fortes pertes de production. Les entreprises agricoles, les coopératives et la population en général ont été dédommagées des pertes de récolte, d'animaux et autres biens. Des sommes ont été versées à différents secteurs de la population, par exemple pour acheter des denrées alimentaires importées en remplacement des produits locaux.
- Les contrôles ont freiné les activités industrielles et commerciales. Il était difficile de vendre ou d'exporter, ce qui fit chuter les revenus locaux. La perception d'une existence «risquée» dans les zones touchées et l'absence de produits «propres» ont entravé les investissements dans l'industrie et le commerce.
- La restriction des activités habituelles a compliqué et troublé la vie quotidienne. L'angoisse, l'anxiété, le fatalisme et une psychose de «victime» se sont emparés de la population et persistent dans les régions contaminées.
- L'important changement démographique de la région dû à l'émigration de la jeunesse en particulier et son effet sur la natalité ont mené à une pénurie de jeunes travailleurs qualifiés et de professionnels.
- La transformation de l'économie planifiée en économie de marché avait commencé dans les pays touchés et devint d'autant plus difficile qu'il fallait réparer les dommages causés par l'accident.

* I.V. Rolevich, I.A. Kenik, E.M. Babosov, G.M. Lych, U.V. Voznyak, V.I. Kholosha, N.G. Koval'skij et A.A. Babich: Document scientifique n° 6 sur l'impact social, économique et institutionnel, dans le compte rendu de la conférence publié par l'AIEA.

tous dus à une radioexposition à la suite de l'accident. La situation est grave. L'augmentation subite est impressionnante; toutefois, elle ne semble pas persister chez les enfants nés après 1986. Ce cancer n'est généralement pas mortel s'il est diagnostiqué à temps, puis traité et surveillé. Lorsque la conférence s'est réunie, trois des enfants atteints étaient déjà décédés. On ne saurait faire un pronostic précis: l'incidence pourrait demeurer élevée pendant quelque temps et le nombre de cas signalés se chiffrer par milliers; la mortalité dépendra dans une large

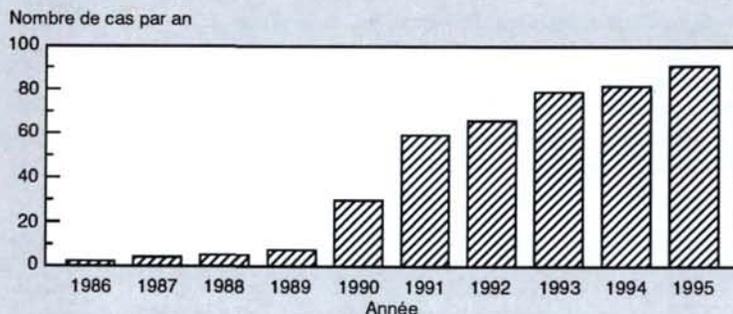
Effets observés parmi les liquidateurs lors d'examens cliniques

Ci-après, nombre total des personnes hospitalisées après l'accident, dont celles avec un diagnostic clinique de syndrome d'irradiation aiguë (SIA), et décès dus à l'irradiation ou à d'autres causes.



Incidence du cancer de la thyroïde chez les enfants du Bélarus

L'augmentation du nombre des cas est très sensible. Le graphique indique le nombre de cas de moins de 15 ans au moment du traitement. Jusqu'à présent, 800 cas ont été signalés. Probablement, la forte incidence se maintiendra pendant un certain temps et le nombre de cas en excédent se chiffrera par milliers.



mesure de la qualité et de l'intensité du traitement. Les effets sur la thyroïde sont examinés dans un rapport distinct de E.D. Williams et ses collaborateurs (page 31).

Effets sanitaires à long terme. Rien ne prouve à ce jour une incidence accrue d'affections malignes autres que le carcinome thyroïdien ou d'effets héréditaires imputables à la radioexposition consécutive à l'accident. Cette conclusion, surprenante pour certains observateurs, corrobore les doses relativement faibles à l'organisme entier reçues par la population exposée aux matières radioactives rejetées. Les doses viagères prévues pour cette dernière sont également faibles. De fait, les risques de tumeurs

Effets sanitaires imputables à la radioexposition

Deux types d'effets sanitaires sont attribués à une radioexposition due à l'accident:

Les *syndromes précoces* cliniquement observés chez les individus exposés — c'est-à-dire diagnostiqués par un spécialiste capable d'associer sans erreur possible le type et la gravité de l'effet à l'intensité de la radioexposition du sujet. Ils n'apparaissent qu'aux fortes doses supérieures à un certain seuil et traduisent une pathologie particulière d'organes et de tissus bien déterminés. Les *syndromes d'irradiation aiguë* (SIA) affectent l'organisme entier. A Tchernobyl, ils n'ont été signalés que chez un certain nombre de sapeurs-pompiers et autres membres des équipes d'intervention.

Les *affections malignes radio-induites à long terme* et éventuellement les *effets héréditaires*, qu'il est difficile, sinon impossible, de distinguer de la fréquence normale généralement élevée de ce type d'effets parmi la population. Ils sont imputés à l'irradiation, non pas directement à partir des résultats d'examens cliniques individuels, mais indirectement après de longues études épidémiologiques sur de grands échantillons de population, lorsque leur fréquence statistique s'accroît parmi cette population. En revanche, s'il s'agit d'une très faible dose ou d'un groupe restreint de personnes en cause, il devient impossible de les distinguer de leur incidence normale. A Tchernobyl, ils ne sont devenus manifestes que par l'incidence accrue des cancers de la thyroïde chez les enfants.

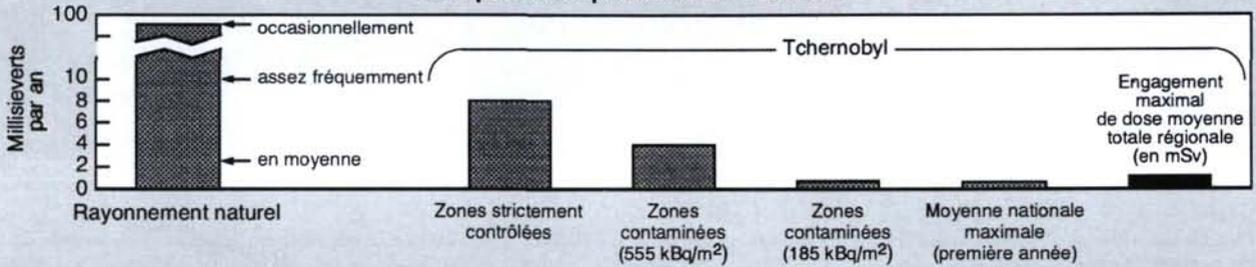
malignes et d'effets héréditaires radio-induits sont minimales aux faibles doses et, vu la fréquence normale généralement élevée de ce type d'effets parmi la population, il n'est pas surprenant que l'on n'ait rien constaté (voir l'encadré page 11).

Le manque de preuve d'effets à long terme connaît peut-être une exception avec le groupe des liquidateurs: considérant les doses relativement élevées signalées pour ce dernier, on aurait pu détecter une incidence accrue de leucémie. Quant aux autres affections malignes et effets héréditaires, le nombre des cas théoriquement prévus et imputables à une radioexposition consécutive à l'accident est si minime par rapport à l'incidence due aux rayonne-

Estimations des effets à long terme

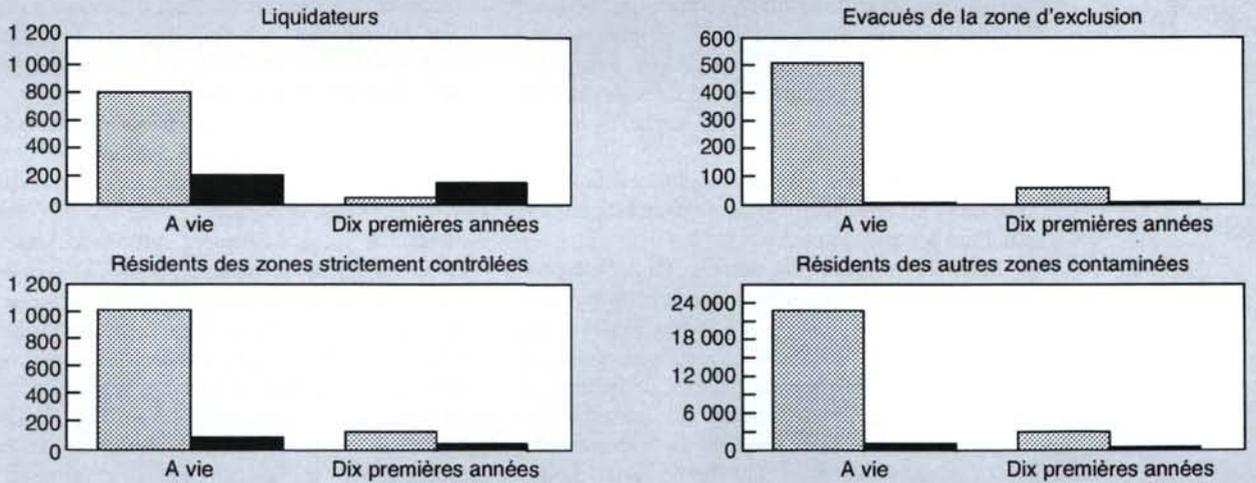
Pour prévoir les effets à long terme chez une population radioexposée, il faut évaluer les doses de rayonnements reçues par les individus pendant toute leur vie. Sauf pour les liquidateurs, les doses à l'organisme entier étaient relativement faibles. Parmi les 116 000 personnes évacuées pour des raisons de radioprotection, moins de 10 % ont reçu des doses supérieures à 50 mSv, niveau qui peut être atteint en quelques années dans une région à fort rayonnement naturel. Même pour les habitants qui sont demeurés dans des zones fortement contaminées, l'engagement de dose à vie sera du même ordre de grandeur. La dose cumulative maximale de 160 mSv, prévue par le PIT en 1990, est maintenant estimée à 120 mSv. En dehors des zones les plus touchées, les doses sont encore plus faibles. La dose engagée moyenne maximale pour l'Europe sur 70 ans a été évaluée par l'UNSCEAR à 1,2 mSv, soit la moitié de la dose moyenne qui serait reçue en un an seulement d'exposition à un rayonnement naturel moyen, comme on peut le voir ci-après.

Quelques exemples de débits de dose

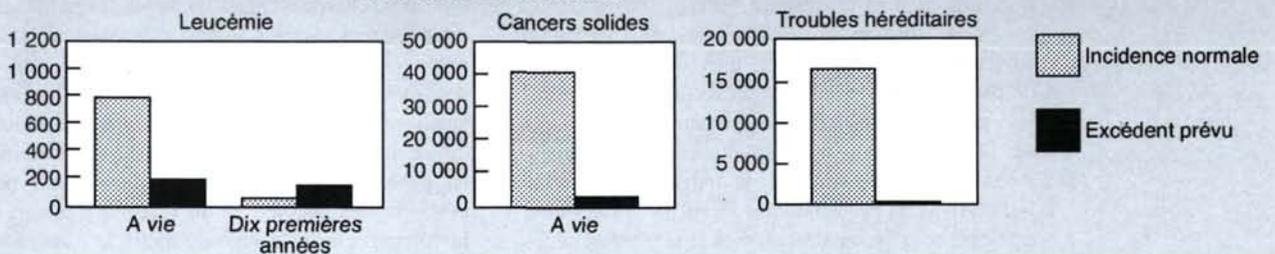


Ci-après, les prévisions d'effets à long terme radio-induits comparés à l'incidence normale prévue de ces derniers parmi la même population. Les quatre premiers graphiques indiquent les cas de leucémie, respectivement, chez les «liquidateurs», les évacués de la zone d'exclusion, les habitants des «zones strictement contrôlées» et les résidents des zones contaminées. Les trois derniers graphiques comparent, pour les liquidateurs, l'incidence radio-induite et l'incidence normale des leucémies, cancers solides et troubles héréditaires. A l'exception de la leucémie chez les liquidateurs (et des cancers de la thyroïde chez les enfants), les effets radio-induits théoriquement prévus ne sont pas statistiquement significatifs comparés à leur incidence normale. L'incidence accrue de la leucémie constatée chez les liquidateurs est assez équivoque et les carcinomes de la thyroïde demeurent le seul effet à long terme imputable à l'accident.

Prévisions de l'incidence des leucémies radio-induites et incidences normales



Prévisions des effets radio-induits parmi les liquidateurs et incidences normales





Plus de 800 experts de quelque 70 pays et organisations ont participé à la conférence internationale sur Tchernobyl.

(Photo: Pavlicek/AIEA)

ments naturels qu'il est impossible de le confirmer statistiquement.

La raison pour laquelle l'augmentation théoriquement prévue de l'incidence de la leucémie parmi les liquidateurs n'est pas évidente reste à déterminer. Peut-être la dose était-elle moindre qu'on ne le disait, ou l'étude épidémiologique de ce groupe laissait-elle à désirer, ou, ce qui est moins sûr encore, les risques de leucémie radio-induite seraient-ils moindres que l'estimation actuelle des cas constatés parmi les 200 000 liquidateurs déclarés qui ont travaillé en 1986-1987, soit environ 200 pour la durée de la vie, alors que l'incidence spontanée est à peu près de 800 (voir le graphique page 11). E. Cardis et ses collaborateurs donnent des détails dans leur rapports sur les effets sanitaires à long terme (page 36).

Un examen rétrospectif des conclusions du Projet international sur Tchernobyl sur ce point est présenté par Fred Mettler (page 33).

Impacts sociaux et autres. La conférence a estimé que les impacts sociaux, économiques, institutionnels et politiques de l'accident avaient leur importance. Un document scientifique commun présenté par des officiels du Bélarus, de Fédération de Russie et d'Ukraine décrit les perturbations économiques et sociales résultant de la catastrophe (voir l'encadré page 9). Il fait état de pertes économiques considérables attribuées à l'accident, sujet repris par divers participants nationaux dans leurs déclarations à la conférence. Entre 1986 et 1991, les pertes directes et les dépenses de l'ex-Union soviétique se chiffraient à plus de 23 milliards de roubles. Ces dernières représentaient notamment les pertes de biens d'équipement et la baisse de la production; la réinstallation des évacués, y compris la construction de logements et autres installations; la protection des forêts, la conservation de l'eau, et la décontamination et la régénération des sols; enfin, divers dédommagements et indemnités

versés à la population. Selon le Président du Bélarus, les estimations les plus modestes du dommage économique causé par l'accident équivalent à 32 budgets annuels de la République, soit 235 milliards de dollars, et 20 à 25 % du budget de l'Etat sont réservés chaque année à ces dépenses. Le Ministre russe de la protection civile, des secours et de l'élimination des conséquences des catastrophes naturelles a précisé que, pendant les dernières années, des milliards de roubles ont été affectés à la remise en état des régions de Russie contaminées par l'accident. Le Premier Ministre d'Ukraine a déclaré que l'élimination des conséquences de l'accident avait coûté trois milliards de dollars au budget national entre 1992 et 1996.

Nul doute qu'il existe un sérieux problème social associé au grave malaise psychologique constaté parmi la population — anxiété, dépressions et divers troubles psychosomatiques attribués au désarroi mental. Il est extrêmement difficile de savoir si ces effets sont uniquement imputables à l'accident ou s'ils sont dus aux difficultés économiques et autres problèmes sociaux de la région; ces manifestations sont étonnamment fréquentes dans les zones concernées, que la population ait été touchée directement ou non par l'accident (voir le graphique page 9). Dans un rapport distinct, Britt-Marie Drottz-Sjoberg et ses collaborateurs examinent plus en détail l'impact socio-psychologique (page 27).

Questions de sûreté nucléaire. Les réacteurs du type de Tchernobyl sont-ils sûrs? Le public et les autorités responsables se posent la question. De leur côté, les experts affirment que la possibilité d'un nouvel accident est pratiquement exclue du fait des améliorations apportées à la sûreté des installations de ce type. La sûreté des unités de Tchernobyl en exploitation et des RBMK du même type, et la sûreté des décombres du réacteur sinistré, dont la plupart sont contenus dans le sarcophage, appellent notre attention. Tous ces points ont été

Sûreté nucléaire

Une réunion internationale sur la sûreté de la centrale de Tchernobyl a eu lieu à Vienne du 1er au 3 avril dernier sous les auspices de l'AIEA et du Département des affaires humanitaires de l'ONU. Ses résultats ont été présentés à la conférence sur Tchernobyl.

En voici l'essentiel:

Causes de l'accident: L'information détaillée dont on dispose suffit à identifier les causes de l'accident et à prendre des mesures efficaces pour en éviter la répétition. On a confirmé:

- que la conception du réacteur comportait de graves défauts — en particulier, le système de mise à l'arrêt — et que des fautes graves d'exploitation ont été commises au moment de l'accident;
- que la culture de sûreté était insuffisante dans les services responsables de l'exploitation et de la commande: de graves défauts de sûreté, constatés longtemps avant l'accident, n'avaient pas été corrigés.

Sûreté des RBMK. Entre 1987 et 1991, une première série d'améliorations ont été apportées à tous les RBMK du type de Tchernobyl afin de résoudre les plus sérieux problèmes détectés, à savoir:

- réduction du coefficient de vide;
- amélioration du système d'arrêt d'urgence;
- renforcement des services d'exploitation.

Les problèmes non traités pendant cette première phase d'améliorations seront étudiés dans le détail selon les besoins différents des diverses générations de RBMK.

Le sarcophage. De l'avis général, il risque de se détériorer en tout ou en partie pendant sa durée utile prévue (environ 30 ans). A supposer, dans le pire des cas, qu'il se désintègre entièrement, on ne s'attend pas à des conséquences de grande envergure, mais sa stabilisation demeure un problème de sûreté de haute priorité.

Il est actuellement sûr du point de vue de la criticité. Il existe toutefois, à l'intérieur, des configurations de masses de combustible qui risqueraient de passer à l'état critique au contact de l'eau. Bien que cette éventualité ne puisse provoquer d'importants rejets hors du site, l'infiltration d'eau dans le sarcophage est un problème important de sûreté.

Il faut étudier plus à fond les incidences possibles sur la sûreté de la proximité des autres réacteurs toujours en exploitation à Tchernobyl.

examinés de manière approfondie lors de la réunion internationale sur la sûreté de la centrale de Tchernobyl qui a précédé la conférence et dont il a été rendu compte à celle-ci (*voir l'encadré ci-dessus*). Dans son rapport (*page 44*), M. Lederman donne des détails sur cette réunion et sur ses conclusions.

L'avenir. Les évaluations scientifiques des conséquences de l'accident de Tchernobyl viennent d'être examinées et corroborées, dix ans après, par une assemblée d'experts internationaux nombreuse et représentative. Les conclusions offrent au grand public, aux décideurs et aux dirigeants politiques des renseignements dignes de foi, ce qui devrait disqualifier la plupart des informations erronées.

Les niveaux de radioactivité encore détectables dans la plupart des régions touchées sont suffisamment faibles pour permettre un retour à une activité économique et sociale normale. Les effets sanitaires se sont avérés moins catastrophiques que certains l'ont craint ou rapporté. Toutefois, nombre d'effets radio-induits se sont produits et d'autres suivront,

sans doute; il faudra y porter remède. De surcroît, les impacts socio-économiques sont très sérieux.

Maintenant que nous connaissons mieux les conséquences de l'accident, nous devons orienter tous nos efforts vers ceux qui ont vraiment souffert et ont encore besoin d'aide.