



24 pages

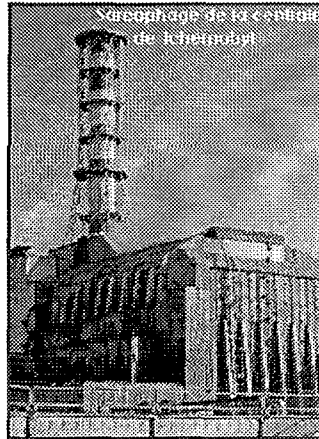


mailto:presse@aramis.cea.fr

Conséquences de l'accident de Tchernobyl

Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl explose : l'accident le plus important du nucléaire civil vient d'avoir lieu. Plusieurs milliers d'Ukrainiens, Biélorusses et Russes sont évacués. La mobilisation internationale est immédiate que ce soit sur le plan humanitaire, financier, technique ou scientifique.

Quinze ans plus tard, malgré la fermeture définitive et totale de la centrale le 15 décembre 2000, Tchernobyl reste encore le symbole de la catastrophe industrielle majeure. Tout et son contraire ont été dit sur cet accident, qu'en est-il réellement ?



Gestion INIS
Doc. Enreg. le 17.14.2001
N° TRN FR0106299

La chronologie et les repères sur l'accident

Le point de vue de l'UNSCEAR

Crédit photo: Landman - Gamma

Contact Presse :

Service Information-Presses tel: 01 40 56 20 11

CEA/DCom - SITE INTERNET DU CEA
Conséquences de l'accident de Tchernobyl

Mise à jour : 10 avril 2001
© CEA 2001 - Tous droits réservés

Plan

I - Chronologie

II - Repères

- Que s'est-il passé le 26 avril 1986 dans le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl
- Les réacteurs RBMK
- Le " sarcophage "
- Le " nuage " de Tchernobyl
- La " zone des trente kilomètres "
- Les " liquidateurs "
- Les pays les plus touchés par l'accident
- L'aide financière internationale pour la fermeture de la centrale
- Les industriels français impliqués

III - Pour en savoir plus

Sites web des principaux organismes internationaux, européens et nationaux

- L'impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl
- L'impact environnemental de l'accident de Tchernobyl
- Les actions sanitaires et humanitaires
- Les actions économiques
- Les actions pour l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays de l'Europe de l'Est

IV - Autres sources

- France
- Etranger

I - Chronologie :

1977 :

- Mise en service du premier réacteur de la centrale de Tchernobyl

1978

- Mise en service du réacteur n°2

1981 :

- Mise en service du réacteur n°3

- Démarrage de la construction des réacteurs 5 et 6

1984 :

- Mise en service du réacteur n°4

26 avril 1986 :

- Accident de Tchernobyl, détruit le réacteur n°4

28 avril 1986 :

- Les autorités russes annoncent l'accident

30 avril 1986 :

- Le "nuage" portant les émissions radioactives rejetées par l'explosion du réacteur atteint la France

5 mai 1986 :

- Évacuation de toute la population de la ville de Tchernobyl

1986

- Construction du "sarcophage" de Tchernobyl

- Ukraine : abandon de la construction des réacteurs 5 et 6 de la centrale de Tchernobyl

1987 :

Ukraine : procès à huis clos des membres de la direction de la centrale. Les condamnations vont de 2 à 10 ans de prison

1991 :

- Tchernobyl : le réacteur n°2 de la centrale de Tchernobyl est définitivement hors service, suite à des destructions dues à un incendie

- **Décembre** : indépendance de l'Ukraine

1993 :

- L'OMS(Organisation mondiale de la santé) fait état d'une augmentation des cancers de la thyroïde dans les régions entourant la centrale

1995 :

- Protocole d'accord entre le gouvernement ukrainien, le G7 et l'Union européenne pour la fermeture définitive de la centrale de Tchernobyl. Le G7 promet une aide de 2,3 milliards de dollars en échange de cette fermeture d'ici la fin 2000. Sur cette somme, 1,48 milliard de dollars est destiné à la construction de 2 réacteurs, un dans la centrale de Rovno et l'autre dans celle de Khmel'nitsky. Le reste doit financer les différentes opérations de mise en situation sûre de la centrale (ex. renforcement de la sécurité du "sarcophage") ainsi que le plan social découlant de la fermeture de Tchernobyl. La Commission européenne s'est engagée à hauteur de 600 millions de dollars et la Berd(Banque européenne pour la reconstruction et le développement), de son côté, à hauteur de 200 millions de dollars. L'ensemble de ces sommes seront allouées à l'Ukraine sous formes de prêts (1,8 milliard de dollars) et de dons.

- **20 au 23 novembre** : Conférence internationale de l'OMS sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl

1996 :

- **Avril** :

- **1^{er} au 3 avril** : Forum international sur la sûreté nucléaire, organisé par l'AIEA(Agence internationale pour l'énergie atomique) et le Département des affaires humanitaires du secrétariat de l'ONU

- **8 au 12 avril**, Autriche : " Une décennie après Tchernobyl : récapitulation des conséquences de l'accident ", une conférence internationale co-parrainée par l'AIEA, l'OMS et la Commission européenne. A cette occasion, les ministres français et allemands de l'Environnement annoncent une initiative de coopération avec l'Ukraine, la Biélorussie et la Russie sur des projets scientifiques relatifs aux conséquences de la catastrophe de Tchernobyl. Trois thèmes retenus : la sûreté du sarcophage, l'impact de l'accident sur l'environnement et la santé des populations affectées ;

- **Novembre**, Tchernobyl : le réacteur n°1 de la centrale de Tchernobyl est définitivement arrêté

1997 :

- Suite à l'accord (Ukraine, G7 et UE) de 1995, définition d'un programme d'actions sur une dizaine d'années pour réduire les risques présentés par le " sarcophage "

- **Juillet** : La France, l'Allemagne et l'Ukraine formalisent l'initiative franco-allemande (voir avril 1996) par la signature d'un accord entre l'IPSN(Institut de protection et de sûreté nucléaire), son homologue allemand le GRS (Gesellschaft für-Anlagen und reaktorsicherheit) et le Centre de Tchernobyl (Centre international de recherche et de technologie sur les problèmes d'accidents nucléaires et d'irradiations - Ukraine -) . Cette initiative porte sur trois thèmes d'études : la sûreté du " sarcophage ", l'impact de l'accident sur l'environnement et la santé des populations affectées

- **Novembre** : première conférence du groupe des pays donateurs (voir 1995)

- somme récoltée : 350 millions de dollars

1998 :

- Lancement du projet de renforcement du " sarcophage ", le *Shelter implementation plant* (voir 1997)

- **15 décembre**, Tchernobyl : arrêt du réacteur n°3 pour effectuer des réparations sur les systèmes de refroidissement et de sécurité

1999 :

- Tchernobyl : Premiers travaux de réfection des systèmes de surveillance du " sarcophage "

Mars :

- Tchernobyl : redémarrage du réacteur n°3 (voir 1998)

Juin : Tchernobyl : démarrage de la construction d'une nouvelle installation d'entreposage de combustibles usés (doit être opérationnelle au début de l'année 2003). Coût de ce chantier : 80 millions d'euros (financement : Berd)

2000

- Mars :

- **28 mars**, Tchernobyl : lancement de la construction de l'unité de stockage de combustible irradié

- **29 mars**, Ukraine : le gouvernement ukrainien lance les préparatifs pour la fermeture définitive de la centrale de Tchernobyl à la fin de l'an 2000, confiant au ministère de l'Énergie la mise au point du programme technique de l'arrêt de la centrale. Le gouvernement ukrainien conditionne cependant l'arrêt de la centrale accidentée au versement d'une aide financière internationale.

- Juin :

- **13 juin** : l'AIEA rapporte que l'UNSCEAR(Comité scientifique des nations unies sur les radiations atomiques) a conclu dans son dernier rapport qu' " *il n'y a pas de preuve d'un impact important sur la santé publique attribuable à l'exposition aux radiations, 14 ans après l'accident, hormis un niveau important de cancers (soignables et non mortels) de la thyroïde chez les enfants* "

- Tchernobyl : démarrage de la construction d'une nouvelle installation de traitement des effluents liquides (doit être opérationnelle fin 2002) – coût estimé : 25 millions d'euros (financement : Berd)

- Juillet :

- **5 juillet**, Allemagne : conférence du groupe des pays donateurs à Berlin (voir 1995) – apport de 320 millions de dollars - total de la somme récoltée : 715 millions de dollars(Ce total comprend aussi les dons qui ont été apportés

au fond d'aide en dehors des réunions officielles des pays donateurs).

- **10 juillet** : le réacteur n°3 est arrêté suite à une inondation

- **15 et 16 septembre**, France : sommet Ukraine-UE à Paris. Le gouvernement ukrainien demande des fonds supplémentaires pour construire deux nouveaux réacteurs nucléaires. Les Européens ont confirmé qu'ils apporteraient 430 millions d'euros pour le renforcement du " sarcophage " de Tchernobyl

- **Octobre** :

- **25 octobre**, Fédération de Russie : mouvement de protestation de " liquidateurs " venant du sud de Moscou contre la diminution de leurs allocations. La manifestation fait suite à l'adoption par la Douma, une semaine auparavant, d'un amendement réduisant considérablement les allocations versées aux liquidateurs de Tchernobyl

- **Novembre** :

- **1^{er} novembre** : l'Ukraine menace de reporter la fermeture de la centrale en avril 2001 (au lieu du 15 décembre 2000), si elle n'obtient pas l'aide financière promise par la l'Union européenne en 1995

- **9 novembre** : l'UE annonce qu'elle apportera une aide supplémentaire de 25 millions d'euros à l'Ukraine pour faire face au déficit énergétique entraîné par la fermeture définitive de la centrale de Tchernobyl. Cette aide est destinée à financer l'importation de pétrole, le temps que les deux réacteurs de Rovno et Khmel'nitsky entrent en service. Le président ukrainien confirme la fermeture définitive de la centrale pour le 15 décembre 2000

- **27 novembre** : arrêt du réacteur n°3 suite à un incident

Décembre :

- **1^{er} décembre** : redémarrage du réacteur n°3

- **6 décembre** : arrêt d'urgence du réacteur n°3 suite à une fuite d'eau radioactive dans son circuit de refroidissement

- **7 décembre** : comme convenu en 1995, la Berd prête 215 millions de dollars à l'Ukraine pour l'aider à achever les deux réacteurs de Rovno et Khmel'nitsky. Le déblocage de ce prêt est néanmoins conditionné par la reprise de l'aide du FMI(Fonds monétaire international) à l'Ukraine et à l'arrêt de la centrale de Tchernobyl

- **13 décembre** : comme défini dans l'accord de 1995, la Commission européenne octroie un prêt de 585 millions de dollars à l'Ukraine pour la construction des deux réacteurs de Rovno et Khel'nitsky, chargés de compenser la fermeture de la centrale de Tchernobyl. Ce prêt sera émis par Euratom, l'Agence européenne pour l'énergie atomique de l'OCDE (AEN) et garanti par l'Etat ukrainien

- **14 décembre** : redémarrage du réacteur n°3

- **15 décembre** :

arrêt du réacteur n° 3 et fermeture de la centrale de Tchernobyl

publication d'une étude sur le risque de cancer de la thyroïde lié à l'accident de Tchernobyl en France, réalisée par l'IPSN et l'Institut de veille sanitaire (InVs) à la demande de la Direction générale de la Santé

2001 :

- **24 janvier** : la Berd annonce qu'elle ne débloquera pas les fonds promis pour la construction de deux réacteurs nucléaires en Ukraine avant la fin des négociations entre le gouvernement ukrainien et le Club de Paris sur le ré-échelonnement de la dette ukrainien

- **19 mars**, Ukraine : le directeur des services responsables du " sarcophage " est limogé pour fautes graves

du 11 au 13 avril, Ukraine : les autorités ukrainiennes organisent une conférence scientifique internationale consacrée au 15^{ème} anniversaire de la catastrophe de Tchernobyl.

2002 :

- mise en service programmée de l'installation de traitement des effluents liquides

2003 :

- mise en service programmée de l'installation d'entreposage de combustibles usés

II Repères

- **Que s'est-il passé le 26 avril 1986 dans le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl ?**

Le 26 avril 1986, les opérateurs de la centrale de Tchernobyl préparent un exercice de sûreté sur le réacteur n°4. Cet essai doit tester le fonctionnement d'un nouveau système de refroidissement de secours.

L'accident a eu lieu pendant cet exercice pour deux raisons principales :

- le réacteur, de type **RBMK**, présentait plusieurs défauts de conception dont une instabilité dans certaines plages de fonctionnement qui a eu pour effet d'entraîner une perte de contrôle,
- les agents en place ont violé certaines procédures de sécurité (ils ont, par exemple, bloqué trois systèmes automatiques de sécurité), empêchant l'arrêt du réacteur.

Ces déficiences et erreurs ont entraîné une augmentation incontrôlée de la puissance du réacteur et une détérioration importante du combustible, conduisant à un réchauffement brutal de l'eau qui s'est vaporisée dans le cœur du réacteur. Une explosion de vapeur s'est produite alors, à l'intérieur du bâtiment, détruisant partiellement le réacteur et provoquant un incendie.

- **Les réacteurs RBMK**

Dérivés de la technologie militaire russe, les RBMK (Reaktor Bolchoï Mochnotsti Kanalny) sont des réacteurs utilisant du graphite et de l'eau légère bouillante, ils ont été développés en raison de leur capacité à produire de fortes quantités de plutonium (Élément fissile utilisé pour la fabrication des armes nucléaires). Les RBMK présentent des faiblesses sur le plan technique qui peuvent affecter leur sûreté : dispositifs de contrôle contre les risques d'incendie insuffisants, temps d'insertion des barres de contrôles trop lent, absence de 3^{ème} barrière de confinement...

Depuis l'accident de Tchernobyl, des programmes d'amélioration de la sûreté des réacteurs RBMK ont été entrepris pour remédier aux principales faiblesses techniques repérées. Plusieurs points ont fait l'objet d'inspections et de modifications, des systèmes d'arrêt d'urgence aux systèmes de confinement en passant par les tuyauteries.

Actuellement, 13 réacteurs RBMK sont encore en service : 11 en Russie et 2 en Lituanie. Un quatorzième est actuellement en construction en Russie.

Voir aussi *Les actions pour l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays de l'Europe de l'Est*

• Le " sarcophage "

Le " sarcophage " désigne la structure de béton et d'acier construite dans les sept mois qui ont suivi l'accident afin de reconstituer les parties détruites de la centrale de Tchernobyl et confiner ainsi les matières radioactives.

Lors de sa construction, le sarcophage a été équipé de différents systèmes permettant de surveiller son comportement. Ainsi, des capteurs mesurent la température de la structure, sa stabilité, ou encore la concentration interne d'hydrogène. Par ailleurs, d'autres systèmes ont été mis au point pour diminuer les conséquences de toute nouvelle condition défavorable, comme un circuit de pompage permettant de retirer l'excédent d'eau du à la non étanchéité du sarcophage.

Bâti pour une durée de 20 à 30 ans, le sarcophage présentait dès 1996 plusieurs faiblesses (ex. fragilité au niveau du toit). Face à ce constat, un programme d'actions sur une dizaine d'années a été mis en place en 1997 visant à réduire les risques présentés par le sarcophage, notamment le risque d'effondrement. Le financement de ce programme est assuré par le gouvernement ukrainien et par un fonds international. La Berd (Banque européenne pour la reconstruction et le développement) en assure la gestion.

Parmi les travaux déjà réalisés : la stabilisation de la cheminée de ventilation commune aux réacteurs 3 et 4 et le renforcement des poutres supportant le toit du sarcophage.

Voir aussi *Les actions économiques*

Les actions pour l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays de l'Europe de l'Est

• Le " nuage " de Tchernobyl

Suite à l'explosion du réacteur n°4, un incendie s'est déclaré provoquant un panache de fumée de produits de fission et de débris radioactifs provenant du cœur du réacteur et du bâtiment. Les débris les plus lourds se sont rapidement déposés à proximité du site mais les composants les plus légers (Ces composants sont principalement des produits de fission et des gaz rares) ont été entraînés au gré des vents sur toute l'Europe, constituant le " nuage " de Tchernobyl. Ainsi, le panache s'est d'abord dirigé vers le nord-ouest de l'Europe, survolant une partie de la France entre le 30 avril et le 5 mai 1986 (Une journée sur le nord-est et quatre jours sur le sud-est). Puis, il s'est réorienté vers le Sud touchant alors une bonne partie de l'Europe centrale ainsi que le nord de la Méditerranée et les Balkans.

Depuis avril 1986, de nombreuses études ont été menées dans les pays touchés par les retombées de l'accident. Elles visent principalement à évaluer les conséquences radiologiques, dosimétriques et sanitaires des retombées de Tchernobyl.

En France, l'étude la plus récente (décembre 2000) concerne les conséquences sanitaires de ces retombées. Menée par l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) et l'Institut national de veille sanitaire (InVS), cette étude propose notamment un calcul des risques de cancers de la

thyroïde potentiellement liés aux retombées de l'accident.

Voir aussi [L'impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl](#)
[L'impact environnemental de l'accident de Tchernobyl](#)

- **La " zone des trente kilomètres "**

Après l'explosion de Tchernobyl, une zone d'exclusion de 4000 km² a été définie autour de la centrale. Ce périmètre, encore interdit à toute habitation et pratiques agricoles, comprend un **cercle d'un rayon de trente kilomètres** autour du site de Tchernobyl, dit " zone des trente kilomètres ", où l'activité des sols atteint plusieurs millions de becquerels par mètres carrés.

Voir aussi [L'impact environnemental de l'accident de Tchernobyl](#)

- **Les " liquidateurs "**

Le terme de " liquidateurs " désigne l'ensemble des personnes (opérateurs de la centrale, pompiers, militaires, civils...) qui ont participé, entre 1986 et 1990, à la réalisation des mesures d'urgence entreprises par les autorités soviétiques de l'époque suite à l'explosion du réacteur n°4. Ces opérations consistaient, par exemple, à dégager les décombres de la centrale, à construire le " sarcophage " ou encore à enfouir des déchets. Venus de nombreux pays de l'ex-Union soviétique, on estime environ à 600 000 le nombre total de " liquidateurs ".

Voir aussi [L'impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl](#)

- **Les pays les plus touchés par l'accident**

Les pays les plus touchés par l'accident de Tchernobyl sont ceux qui ont subis les plus fortes retombées radioactives. Il s'agit de la Biélorussie (23% de son territoire touché), de l'Ukraine (7% de son territoire touché) et de la Russie (0,3% du territoire touché). 4000 km² de terres sont d'ailleurs encore interdits à toute habitation et pratiques agricoles, l'activité des sols étant trop élevée.

Voir aussi [La " zone des trente kilomètres "](#)

- **L'aide financière internationale pour la fermeture de Tchernobyl**

En 1995, l'Ukraine s'est engagée à fermer définitivement la centrale de Tchernobyl contre l'octroi d'une aide financière internationale. Cet engagement, qui prend la forme d'un accord avec le G7 et l'Union européenne, stipule l'apport d'une aide de **2,3 milliards de dollars** au gouvernement ukrainien. Cette somme, attribuée sous

forme de dons et de prêts, doit principalement permettre au gouvernement ukrainien de compenser la fermeture définitive de la centrale, par la construction de deux nouveaux réacteurs nucléaires dans les centrales de Rivne et Khmel'nitsky. Le budget alloué à ces travaux constitue près de la moitié de l'aide, soit **1,48 milliard** de dollars. Le reste est destiné au financement des travaux de mise en sûreté de la centrale mais aussi au plan

social mis en place dans le cadre de la fermeture.

Voir aussi [Les actions économiques](#)

• Les industriels français et l'aide à Tchernobyl

De nombreux industriels, tant français qu'étrangers, sont impliqués dans des travaux relatifs à la mise à l'arrêt de la centrale de Tchernobyl mais aussi, plus largement, à l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays de l'Est. Par exemple, EDF fait partie du groupe chargé de la conduite des projets de réfection du " sarcophage " et, dans ce cadre, participe à la définition des tâches à réaliser pour en rénover la structure. Plus généralement, EDF participe à différents travaux dans le cadre des programmes européens PHARE(programme pour l'assistance à la restructuration économique des Pays de l'Europe centrale et orientale (PECO)) et TACIS(programme pour l'aide à la transition des nouveaux états indépendants issus de l'ex-URSS (NEI)), consacrés notamment à la sûreté nucléaire dans les pays de l'Est (voir [La sûreté nucléaire dans les pays de l'Europe de l'Est](#)). Framatome, de son côté, assure la maîtrise d'ouvrage d'une installation d'entreposage de combustibles usés qui est actuellement en construction sur le site de la centrale de Tchernobyl, pour une mise en service programmée en 2003. Par ailleurs, des entreprises françaises de travaux publics apportent, elles aussi, leur soutien technique à la région, comme les sociétés Bouygues et Campenon Bernard qui participent, aux côtés de Framatome, à la réalisation de l'installation d'entreposage de combustibles usés.

Pour en savoir plus sur

[Avant propos : tous les organismes participant à l'aide à Tchernobyl (aide technique, économique, sanitaire, humanitaire...) ne sont pas cités. En effet de très nombreux pays (Etats-Unis, Japon, Canada, Pays-bas, Allemagne...) et associations se sont mobilisés. Nous avons donc choisi de présenter les principaux organismes internationaux, européens et nationaux.]

1. L'impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl

Organisations internationales

- **Unsear** : Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des rayonnements ionisants
L'Unsear a publié deux rapports dressant une évaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl. Le plus récent, datant de juin 2000, est notamment consacré aux effets tardifs de Tchernobyl sur la santé. Il donne, entre autres, des éléments sur l'état de santé des enfants qui vivaient dans les régions les plus touchées par l'explosion du réacteur n°4. [Présentation de l'Unsear Clefs du CEA](#) consacré à la radiobiologie
- **OMS** : Organisation mondiale de la santé
L'OMS assure le suivi médical et épidémiologique des populations biélorusse, russe et ukrainienne. L'OMS s'intéresse en particulier aux risques de leucémies, lymphomes et cancers de la thyroïde, notamment dans le groupe des " liquidateurs ". Trois projets sont

actuellement conduits par l'OMS ; ils concernent : les problèmes de thyroïde, la santé des " liquidateurs " et la reconstitution des doses.

Organisations nationales

- **IPSN : Institut de protection et de sûreté nucléaire**
L'IPSN est engagé dans plusieurs actions, notamment dans le cadre de l'initiative franco-allemande , qui repose sur un accord entre l'IPSN, son homologue allemand, la GRS(Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit), et le Centre de Tchernobyl(Centre international de recherche et de technologie sur les problèmes d'accidents nucléaires d'irradiations (Ukraine)). L'IPSN participe à plusieurs études, dont certaines sont consacrées à l'impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl dans les pays les plus touchés par l'accident mais aussi en France. L'étude la plus récente est celle menée en collaboration avec l'InVs concernant l'évaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France.
- **InVs : Institut national de veille sanitaire**
A la demande de la Direction générale de la Santé et en collaboration avec l'IPSN, l'InVs a publié un rapport sur l'évaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France. Ce rapport est disponible sur le site internet de l'InVs.

2. L'impact environnemental de l'accident de Tchernobyl

Organisations internationales

- **AIEA : Agence internationale de l'énergie**
Concernant l'impact environnemental, le programme de l'AIEA porte entre autres sur la réduction des radionucléides dans les denrées alimentaires et la régénération de l'environnement des territoires les plus touchés.
- **OMM : Organisation météorologique mondiale**
Suite à l'accident de Tchernobyl, l'OMM travaille à la mise au point d'accords régionaux et mondiaux, en vue de la fourniture de produits qui permettraient d'intervenir dans les situations d'urgence présentant un danger pour l'environnement en cas d'accident nucléaire.
- **FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture**
La FAO participe à différents projets visant à améliorer la productivité agricole et la sécurité alimentaire dans les pays les plus touchés par l'accident. En Ukraine, par exemple, la FAO donne des conseils sur les moyens de réduire les effets de la contamination interne par un contrôle et une diminution efficace des radionucléides dans les produits laitiers. Par ailleurs, la FAO apporte un soutien technique à l'AIEA.
- **CEE : Commission économique pour l'Europe**
La CEE prend part aux projets environnementaux de suivi. Elle participe, entre autres, au projet régional de gestion des forêts contaminées par les radiations dans les trois pays les plus touchés par l'accident de Tchernobyl.

Organisations nationales

- **IPSN : Institut de protection et de sûreté nucléaire**

L'IPSN participe actuellement à plusieurs projets concernant les conséquences radioécologiques de l'accident dans la " zone des trente kilomètres " ainsi que dans les régions particulièrement contaminées de Gomel (Biélorussie) et Briansk (Russie). Parmi les différents projets, le rassemblement de toutes les données relatives aux rejets, pendant et après l'accident, afin d'évaluer précisément la contamination initiale en Ukraine, Biélorussie et Russie et l'étude du transfert des radionucléides dans l'environnement urbain. Par ailleurs, pour ce qui concerne la France, l'IPSN mène une étude visant à connaître la répartition des radionucléides dans la basse Vallée du Rhône et d'en prédire l'évolution.

- **Opri : Office de protection contre les rayonnements ionisants**
Lors de l'accident de Tchernobyl, le SCPRI (Service central de protection contre les rayonnements ionisants) a réalisé un certain nombre de mesures radiologiques afin d'en estimer les retombées en France. Ces données sont en partie disponibles sur le site internet de l'OPRI, qui, depuis, a succédé au SCPRI

3. Les actions humanitaires et sanitaires

Organisations internationales

- **OCHA : Bureau de la coordination des affaires humanitaires**
Dans le cadre de l'accident de Tchernobyl, l'OCHA coordonne toutes les activités des organisations des Nations-Unis et des principales organisations internationales se rapportant à Tchernobyl. Il identifie plus spécialement les projets d'aide aux victimes de Tchernobyl en continuant de mobiliser, à cet effet, des ressources au niveau international.
- **OMS : Organisation mondiale de la santé**
L'OMS participe à plusieurs actions sanitaires qui permettent d'assurer le suivi médical et épidémiologique des populations touchées en Biélorussie, Russie et Ukraine.
- **Unesco : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture**
L'Unesco a mis en place un réseau de 10 centres communautaires de réhabilitation psychologique et sociale dans les territoires les plus touchés par l'accident.
- **Unicef : Fonds des Nations-Unies pour l'enfance**
L'Unicef mène des actions pour remédier aux troubles dus à la carence en iode, améliorer l'approvisionnement en eau et le contrôle de l'assainissement et faciliter la réadaptation psychologique des enfants de la région de Tchernobyl. Par ailleurs, il consacre un programme important à la mise au point d'un système durable de réadaptation sanitaire à l'intention des groupes d'enfants qui ont été exposés aux radiations.
- **AIEA : Agence internationale pour l'énergie atomique**
L'AIEA participe à certaines actions sanitaires. Elle a notamment œuvré pour l'amélioration des centres de radiothérapies dans les trois pays les plus touchés par l'accident.

Europe

- **UE : Union européenne**
L'Union européenne, au travers de l'Office humanitaire de la communauté européenne (ECHO), apporte son soutien aux pays les plus touchés par l'accident de Tchernobyl. Dans le cas de l'Ukraine, par exemple, l'Union européenne a fourni une aide de 6 millions d'euros entre 1993 et 1999, notamment pour le traitement des cancers de la thyroïde. Autre exemple, le programme européen Ethos, financé par l'Union européenne, qui a pour but de réhabiliter les conditions de vie des habitants des villages implantés dans les territoires contaminés par l'accident de Tchernobyl.

Organisations nationales

- **IPSN : Institut de protection et de sûreté nucléaire**
L'IPSN participe notamment au programme européen Ethos consacré à la réhabilitation des conditions de vie dans les territoires contaminés par l'accident de Tchernobyl.

4. Les actions économiques

Organisations internationales

- **Le G7 (aujourd'hui G8 depuis que la Russie à rejoint le groupe) : Groupe des Sept**
Le G7 a participé aux principales négociations ayant conduit à la fermeture définitive de la centrale de Tchernobyl et, dans ce cadre, a apporté une importante aide financière à l'Ukraine. Le G7 regroupe les 7 pays les plus industrialisés au monde : Allemagne, Canada, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Italie, Japon.
Voir aussi Chronologie
- **La Banque Mondiale**
La Banque mondiale fournit des prêts, des conseils et des ressources adaptées aux pays émergeant et notamment aux principales régions touchés par l'accident de Tchernobyl, comme la Biélorussie et l'Ukraine.
- **Le groupe des pays donateurs**
Le groupe des pays donateurs regroupe l'ensemble des pays qui ont contribué à l'aide financière internationale pour la fermeture définitive de la centrale de Tchernobyl au travers de dons. Parmi ces donateurs, on trouve de nombreux pays de l'Europe occidentale mais aussi certains pays des Emirats Arabes.
- **ONUDI : Organisation des Nations Unies pour le développement industriel**
Dans le cadre de Tchernobyl, l'ONUDI aide l'Ukraine, la Biélorussie et la Russie au travers du développement de production de denrées alimentaires.

Europe

- **UE : Union européenne**
L'Union européenne apporte une importante contribution financière à la résolution des problèmes posés par l'accident de Tchernobyl

(problèmes sanitaires, économiques, techniques). Elle a notamment contribué à hauteur de 100 millions d'euros au *Fonds pour le sarcophage de Tchernobyl*. Plus largement, l'Union européenne est très impliquée dans la sûreté des centrales nucléaires des pays d'Europe centrale et orientale ainsi que des NEI (Nouveaux états indépendants issus de l'ex-URSS).

Voir aussi

Les actions pour l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays de l'Europe de l'Est

Chronologie

- **La Berd** : Banque européenne pour la reconstruction et le développement

La Berd est l'administrateur du *Fonds pour le sarcophage de Tchernobyl* (FST). Ce fonds doit permettre à l'Ukraine de financer les travaux de réfection du " sarcophage ". Par ailleurs, la Berd a administré des prêts à l'Ukraine pour lui permettre de fermer définitivement la centrale.

5. Les actions pour l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays de l'Europe de l'Est

Organisations internationales

- **AIEA** : Agence internationale de l'énergie atomique
L'une des missions principales de l'AIEA est de participer à l'amélioration de la sûreté nucléaire dans le monde et donc dans les pays de l'Europe de l'Est. L'AIEA fournit notamment une aide technique, organise des cours de formation, définit des normes de sûreté, prête assistance pour la rédaction de lois et de conventions. Elle gère le Système international de documentation nucléaire (INIS) qui recueille et diffuse des renseignements sur les publications traitant des questions nucléaires.

Organisations européennes

- **UE** : Union Européenne
L'Union européenne participe fortement à l'amélioration de la sûreté nucléaire en Europe centrale et orientale ainsi que dans les NEI (Nouveaux états indépendants issus de l'ex-URSS), principalement au travers de deux programmes : PHARE(programme pour l'assistance à la restructuration économique des Pays de l'Europe centrale et orientale (PECO)) et TACIS(programme pour l'aide à la transition des nouveaux états indépendants issus de l'ex-URSS (NEI)).
- **AEN** : Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE (organisation de coopération et de développement économique)
L'AEN a mis en place différents programmes pour l'amélioration de la sûreté nucléaire. L'un de ces programmes se traduit notamment par la mise en place de groupes de travail avec des experts ukrainiens du nucléaire, afin d'échanger des informations sur la sécurité, les réglementations applicables ou encore la gestion des déchets.
- **La Berd** : Banque européenne pour la reconstruction et le développement
La Berd administre le Compte pour la sûreté nucléaire (CSN) et prépare des projets dans ce cadre. Ce compte permet de financer des projets d'amélioration de la sûreté des centrales nucléaires dans les pays de l'Est.

Autres sources d'informations

France

- **ASN** : Autorité de sûreté nucléaire
L'ASN propose différentes informations grand public sur la sûreté nucléaire.
- **Secrétariat d'Etat à l'Industrie, Direction générale de l'énergie et des matières premières**
Propose sur son site *110 questions sur le nucléaire*, une publication qui aborde notamment des questions relatives à l'accident de Tchernobyl.
- **SFEN** : Société française d'énergie nucléaire
Suite à l'accident de Tchernobyl, la Sfen, en collaboration avec EDF, a réalisé un document d'information sur l'accident de Tchernobyl intitulé *Le vrai, le faux et l'incertain*. Ce document fait notamment le point sur les questions relatives au bilan sanitaire de l'accident.
- **Crii-rad** : Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité
La Crii-Rad, créée en 1986 suite à l'accident de Tchernobyl, a réalisé différentes études relatives à l'impact environnemental de l'accident de Tchernobyl en France. Ces informations sont disponibles auprès de la commission.

Étranger

- **NCI** : National cancer institute
Cet organisme gouvernemental américain, consacré notamment à la recherche sur le cancer, a participé à plusieurs études sanitaires dans les régions les plus touchées par Tchernobyl, comme par exemple une étude portant sur les " liquidateurs " estoniens.
- **NRC** : Nuclear regulatory commission
La NRC est la commission de réglementation nucléaire des Etats-Unis. Elle a participé à diverses activités pour l'aide à Tchernobyl, notamment en apportant son soutien technique au centre Tchernobyl pour la sûreté nucléaire, implanté en Ukraine. Elle a par exemple fourni des outils robotisés pour des activités de nettoyage du " sarcophage " de la centrale de Tchernobyl.
- **DOE** : Department of energy
Le DOE, département américain de l'Energie, a notamment participé à l'établissement d'un protocole d'étude épidémiologique afin d'estimer les facteurs de risques des leucémies ou des lymphomes chez les " liquidateurs " ukrainiens.
- **GRS** : Gesellschaft für anlagen und Reaktosicherheit
La GRS, *organisme de sûreté et de protection nucléaire*, est engagé dans l'*initiative franco-allemande*, qui repose sur un accord entre la GRS, l'IPSN, et le Centre de Tchernobyl. Il participe donc, dans ce cadre à diverses études consacrées notamment au " sarcophage ".

- **AVN** : AIB – vinçotte nuclear
L'AVN, organisme de contrôle de la sûreté nucléaire en Belgique, participe au travail d'évaluation de la sûreté des installations en construction sur le site de Tchernobyl (ex. installation de traitement des déchets)

- **Environnement Canada** : ministère de l'Environnement canadien

Le ministère de l'Environnement canadien, au travers notamment de son service de géomatique, travaille sur l'impact environnemental de l'accident de Tchernobyl en réalisant des relevés géospatiaux qui permettent de mieux déterminer les zones contaminées par l'accident.

Les conséquences de l'accident de Tchernobyl : le point du vue de l'UNSCEAR

SOMMAIRE

Qu'est-ce que l'UNSCEAR ?

Les conclusions 14 ans après l'accident

Les différents groupes surveillés après l'accident de Tchernobyl

1- Les travailleurs d'urgence

2- Les liquidateurs

3- L'exposition de la population dans les territoires contaminés de l'ex URSS

Les doses estimées

Les effets sur la santé en Biélorussie, République Russe et Ukraine

4 - Les expositions dans les autres pays d'Europe

Les perspectives d'analyse et de recherche présentées par l'UNSCEAR

Conclusion

Qu'est-ce que l'UNSCEAR ?

Le "Comité Scientifique des Nations Unies sur les effets des rayonnements atomiques", plus connu sous son acronyme anglais d'UNSCEAR, a été créé en 1955 par l'assemblée générale de l'ONU, pour évaluer les conséquences des essais nucléaires militaires sur la santé. Puis il a progressivement étendu ses compétences pour étudier tous les aspects de l'application de la radioactivité sur l'homme et l'environnement.

Il est composé de délégations de 21 pays membres - dont la France - qui se réunissent chaque année à Vienne pour préparer un nouveau document de synthèse soumis tous les cinq ans à l'assemblée générale.

Le rapport 2000 est la somme des cinq dernières années de validation et de compilation de toutes les données scientifiques existantes, organisées en deux gros volumes, l'un sur les sources, l'autre sur les effets. Une synthèse ouvre le premier volume, tandis que les contributions thématiques composent des "annexes". L'une de ces annexes porte sur les expositions et les effets de l'accident de Tchernobyl (116 pages). Ce document a été soumis à l'assemblée générale de l'ONU, composée de tous les pays membres de l'ONU, où il a été adopté à l'unanimité en septembre 2000¹.

Il s'agit d'une texte d'analyse de faits, d'articles et d'études, énonçant les différents acquis de la science, ainsi que les critiques ou additions que souhaitent apporter chaque délégation.

L'OMS, la CIPR et l'ICRU participent à ce travail critique, qui rassemble par ailleurs les diverses compétences nécessaires à une évaluation scientifique de ce domaine complexe qui permet de confronter des données physiques et chimiques, des données biologiques et médicales, des études épidémiologiques, des modèles théoriques et des mesures directes, etc.

Le déroulement du travail sur les effets de Tchernobyl

L'UNSCEAR a publié en 1988 un premier bilan sur l'accident de Tchernobyl, relatant les conditions de l'accident, les conséquences en terme de quantité et de cinétique de dispersion des radionucléides, les estimations de dose, en fonction du lieu de résidence, autour de Tchernobyl mais aussi pour l'ensemble de l'Europe et du globe². Tout un chapitre est consacré aux effets aigus chez les travailleurs ayant reçu des fortes doses³.

En 1994-95, l'UNSCEAR a longuement hésité avant de se lancer dans un nouveau bilan. Le comité craignait que les incertitudes importantes sur les doses individuelles, les relations complexes entre le niveau de contamination et les doses estimées, la multiplicité des registres et des modalités d'enregistrement, le foisonnement d'études s'appuyant sur des méthodologies complexes et parfois controversées, la multiplicité de résultats difficilement vérifiables, en particulier pour les effets sanitaires, rendent impossible une synthèse scientifique. L'objectif a donc été de se limiter à l'analyse de données et documents validés.

Comme pour tous les rapports de l'UNSCEAR, la rédaction des synthèses se fonde sur l'analyse de l'ensemble des publications internationales qui, pour cette annexe, comprend de nombreuses publications provenant des territoires de l'ex URSS dont de nombreuses publications en langue russe et les publications obtenues dans le cadre de collaborations internationales avec les biélorusses, russes et ukrainiens, sous l'égide de l'ONU, de l'Union Européenne, des USA, du Japon,...

L'analyse a eu pour objectif essentiel d'être factuelle, s'appuyant sur de nombreux résultats de mesure, confrontant les conditions expérimentales. Une des grandes difficultés rencontrée dans l'interprétation des données médicales est l'identification de groupes témoins ou groupes contrôle ainsi que les possibilités de comparaison avec des données sanitaires antérieures à 1986. Le comité a considéré qu'il n'était pas possible d'établir des estimations de risque à partir des effets observés, à la fois du fait des faiblesses méthodologiques (groupe témoin en particulier) et des incertitudes dosimétriques.

Les conclusions en 2000 :

En 2000, les conclusions principales sont les suivantes :

1. Les conséquences sont importantes sur la contamination de l'environnement : 150 000 km² en Biélorussie, Fédération Russe et Ukraine ont un dépôt moyen en césium 137 supérieur à 37 kBq/ m², pouvant dépasser dans certaines zones 1480 kBq/ m². La contamination ne s'est pas limitée à ces territoires, 45 000 km² ont également été contaminés entre 37 et 200 kBq /m² en Europe, touchant principalement la Suède et la Finlande (la moitié de ces terres contaminées), puis par ordre décroissant de surfaces touchées : l'Autriche, la Norvège, la Bulgarie, la Suisse, la Grèce , la Slovénie, l'Italie, la république de Moldavie (avec environ 60 km²).
2. Les doses à la population ont pu être estimées dans les territoires contaminés de l'ex-URSS, et, en moyenne, la dose due à l'irradiation externe majoritaire et interne est de 8,2 mSv sur les 10 premières années et de 12mSv sur la vie entière, mais ces chiffres recouvrent une très large dispersion. Sur les 5 à 6 millions de personnes résidant dans ces territoires, environ 10 000 auraient reçu une dose supérieure à 100 mSv.
3. Les doses reçues à la thyroïde en 1986 ont été très élevées (de l'ordre de 1 Gy ou plus) chez la plupart des très jeunes enfants exposés dans les régions contaminées. Une très forte augmentation des cancers de la thyroïde est observée depuis 1990 chez les enfants âgés de moins de 15 ans lors de l'accident. 1800 cancers ont été enregistrés entre 1990 et 1998 , alors que le nombre attendu était de quelques dizaines chez les enfants évacués ou résidant des zones contaminées.

4. Environ 600 travailleurs intervenus en urgence ont reçu les doses les plus élevées, avec une irradiation externe prédominante. Les doses estimées sont presque toutes supérieures à 0,5 Gy et 134 d'entre-eux ont souffert d'effets aigus de l'irradiation. Les travailleurs venus ensuite pour nettoyer le site et limiter la dispersion de radionucléides, appelés " liquidateurs ", ont reçu des doses plus faibles (environ 0,1 Sv en moyenne pour ceux intervenus en 1986)
5. Des effets non directement imputables à l'irradiation sont observés mais pouvant être considérés comme une conséquence de l'accident : effets psychosociologiques, effets cardiovasculaires, taux de suicides élevé chez certains groupes de travailleurs .

Les différents groupes surveillés après l'accident de Tchernobyl

L'accident du 26 avril 1986 à la centrale nucléaire de Tchernobyl, située en Ukraine à 20 km au sud de la frontière de la Biélorussie, est le plus sérieux accident jamais survenu dans l'industrie nucléaire. Il a été responsable du **décès en quelques jours ou semaines de 30 employés de la centrale ou de pompiers** (dont 28 personnes avec un syndrome aigu d'irradiation) et a conduit à l'évacuation, en 1986, de **116 000 personnes de la zone proche du réacteur et le relogement d'environ 220 000 personnes de Biélorussie, Fédération Russe et Ukraine**. De vastes territoires de ces trois régions (à l'époque, républiques d'URSS) ont été contaminés et les dépôts de radionucléides relâchés ont été mesurables dans l'ensemble des pays de l'hémisphère Nord. Les territoires, définis comme " contaminés " dans ce document sont ceux pour lesquels le dépôt moyen de césium 137 dépasse 37 kBq/m² (soit 1Ci/km²), et sont situés surtout en Biélorussie, Fédération russe et Ukraine.

Différents groupes de personnes ont été l'objet d'une surveillance :

- a. les travailleurs impliqués dans la prise en charge de l'accident, qu'il s'agisse de la période même de l'accident (travailleurs d'urgence) ou après l'accident (liquidateurs) ,
- b. les membres du public évacués pour éviter une surexposition aux rayonnements ou résidant dans les territoires contaminés.

Un grand nombre de mesures de rayonnements (films badge, TLDs, comptage corps entier, comptage de la thyroïde,...) ont été effectués pour évaluer les expositions des différents groupes de la population considérée.

1- Les travailleurs d'urgence

Environ 600 travailleurs intervenus en urgence sur le site la nuit de l'accident ont reçu les doses les plus élevées. Les expositions les plus importantes sont dues à l'irradiation externe (irradiation gamma relativement uniforme sur l'ensemble du corps et irradiation beta par dépôt de poussières radioactives sur la peau non protégée par des tenues de protection), alors que l'incorporation de radionucléides par inhalation est relativement faible (sauf dans deux cas). Le syndrome aigu d'irradiation a été confirmé chez 134 de ces travailleurs intervenus en urgence. Aux effets de l'irradiation corporelle globale, se sont surajoutés les effets de l'irradiation cutanée au contact des rayonnements beta, responsables de brûlures radiologiques parfois très étendues (jusqu'à plus de 60% de la surface corporelle). C'est dans ce groupe de grands brûlés, grands irradiés que les décès sont les plus nombreux. Les doses ont été établies rétrospectivement grâce à des examens de dosimétrie biologique et de mesures de radionucléides qui ont

complété les données cliniques. En effet, chez ces travailleurs, les dosimètres étaient saturés et donc illisibles.

41 de ces patients ont reçu des doses corporelles totales inférieures à 2,1 Gy (grade I, effets cliniques précoces modérés).

93 patients ont reçu des doses plus élevées et ont souffert d'un syndrome aigu d'irradiation plus sévère : 50 personnes avec des doses entre 2,2 et 4,1 Gy (grade II) , 22 entre 4,2 et 6,4 Gy (grade III), et 21 entre 6,5 et 16 Gy (grade IV).

Parmi ces travailleurs d'urgence, 2 sont décédés le premier jour (crise cardiaque, écrasement lors de l'explosion), 28 sont décédés au cours des quatre premiers mois (dose reçue supérieure à 3 Gy) et 11 décès ont été enregistrés entre 1987 et 1998 chez des personnes ayant reçu entre 1,3 et 5,2 Gy : trois de maladie coronarienne, deux de pathologie pulmonaire non cancéreuse, deux de cirrhose hépatique, un d'embolie graisseuse et trois de pathologies hématologiques (deux syndromes myélodysplasiques et un cas de leucémie aigue myéloïde).

Chez les survivants, les principaux troubles résiduels sont des conséquences tardives des brûlures cutanées radio-induites (ulcérations cutanée, fibrose) et des cataractes. Il est également observé un dysfonctionnement de l'immunité cellulaire des cellules T chez les sujets ayant souffert d'un syndrome aigu d'irradiation de grade III ou IV⁴, sans qu'il y ait nécessairement des manifestations cliniques associées. Enfin, des troubles des fonctions sexuelles sont rapportés sans altération apparente de la fertilité (14 enfants normaux sont nés dans les 5 ans suivant l'accident)

2- Les liquidateurs

Environ 600 000 personnes (civiles et militaires), ont reçu des certificats confirmant leur statut de liquidateurs (travailleurs participant aux opérations de nettoyage), en accord avec une loi promulguée en Biélorussie, Fédération Russe et Ukraine. Le groupe le plus exposé est celui des 240 000 personnes étant intervenus sur le site dans la période initiale en 1986-87. Les principales tâches menées par ces travailleurs comportaient la décontamination du bloc réacteur, du site du réacteur, des routes, ainsi que la construction du sarcophage et d'une tour. Ces travaux ont été terminés en 1990.

Un registre des liquidateurs a été établi en 1986⁵. Ce registre comprend les estimations des doses effectives dues à l'irradiation externe, qui a été la voie d'exposition prédominante pour les liquidateurs. **Les données du registre montrent que les doses moyennes enregistrées ont diminué d'année en année, de environ 0,17 Sv en 1986, 0,13 Sv en 1987, 0,03 Sv en 1988 et 0,0015 Sv en 1989.** Il est cependant difficile, d'affirmer la validité des résultats rapportés car les sources d'incertitudes sont multiples, (a) différents types de dosimètres ont été utilisés par différents organismes sans intercalibration, (b) un grand nombre de doses enregistrées est très proche des valeurs limites de sensibilité et (c) il y a eu un grand nombre de valeurs arrondies comme 0,1 ou 0,2 ou 0,5 Sv.

Malgré ces incertitudes, **il semble raisonnable de considérer que la dose efficace moyenne des liquidateurs pour les années 1986-87 était d'environ 0,1 Sv**, avec des variations individuelles enregistrées importantes allant de moins de 10 mSv à plus de 500 mSv. Les doses les plus élevées sont observées chez les intervenants des premières semaines, en particulier les pilotes d'hélicoptère chargés de déverser du sable et du bore sur le réacteur endommagé, le personnel de l'Institut Kurchakov ayant contribué au travail préparatoire sur le sarcophage et d'une manière plus générale le personnel militaire. Les valeurs individuelles estimées sont dans un certain nombre de cas confrontées à l'étude d'indicateurs biologiques, en particulier chromosomiques, avec des difficultés d'analyse et d'interprétation de ces irradiations hétérogènes, à la fois externe et interne par différents radionucléides.

3- L'exposition de la population dans les territoires contaminés de l'ex URSS

Les doses reçues par la population proviennent des radionucléides relâchés par le réacteur endommagé, qui ont conduit à une contamination des sols de vastes territoires. La dispersion des radionucléides s'est pour l'essentiel, faite sur une période de 10 jours, avec des niveaux de dispersion variables. D'un point de vue radiologique, les relâchements les plus importants concernent l'iode 131 et le Cesium 137, estimés respectivement à 1200 et 85 PBq (10¹⁵). L'iode 131 est le principal contributeur de la dose à la thyroïde, essentiellement par irradiation interne. La période de l'iode 131 étant de 8,4 jours, l'irradiation thyroïdienne s'est étalée sur les premières semaines après l'accident. Le Cesium 137, de période 30 ans, est le principal contributeur des doses aux organes autres que thyroïde, à la fois par irradiation externe et interne. Cette irradiation se poursuit à faible débit de dose, pendant plusieurs décennies⁶.

Les trois territoires les plus contaminés, définis comme ceux ayant des dépôts en Cesium 137 supérieurs à 37 kBq/m² sont situés en Biélorussie, Fédération russe et Ukraine. Ils concernent en particulier les zones "centrale" (100 km autour de la centrale surtout au nord, nord ouest), la région de Gomel-Mogilev-Briansk, située à 200 km au nord-nord-est du réacteur, et la région de Kaluga-Tula-Orel, située en Fédération Russe, à environ 500 km du réacteur. Au total, tous ces territoires de l'ex-URSS forment une zone d'environ **150 000 km², contaminée avec du Cesium 137 au-delà de 37 kBq/m². 5 à 6 millions de personnes résident dans ces territoires.** Dans les semaines suivant l'accident, des cartographies de dépôt d'iode et cesium ont pu être réalisées dans des conditions de dépôt par temps sec (en Pologne) mais les dépôts varient avec la distance, le délai et les conditions météorologiques ce qui rend impossible toute modélisation simple, a posteriori, de la répartition de l'iode 131.

Les doses estimées

1- dans la population évacuée

Au cours des premières semaines après l'accident, plus de 100 000 personnes ont été évacuées des territoires les plus contaminés d'Ukraine et de Biélorussie. Les doses à la thyroïde reçues par les évacués varient en fonction de leur âge, de leur localité et de la date de l'évacuation. Par exemple, les habitants de Pripiat, évacués 48h environ après l'accident, ont reçu une **dose moyenne à la thyroïde estimée à 0,17 Gy (de 0,07 Gy chez les adultes à 2Gy chez les enfants de moins de 1 an). Si l'on considère l'ensemble de la population évacuée, les doses moyennes à la thyroïde sont estimées à 0 ,47 Gy.** Les doses aux autres organes et tissus, dues essentiellement au cesium, sont en moyenne beaucoup plus faibles (de l'ordre de quelques millisievert à quelques dizaines de millisievert sur 50 ans)

2- chez les résidents des zones contaminées

Les doses à la thyroïde ont également été estimées pour les habitants des territoires contaminés qui n'ont pas été évacués. Dans chacune des trois républiques, les doses à la thyroïde sont **estimées supérieures à 1 Gy pour la plupart des petits enfants de moins de 1 an.**

Pour les habitants d'une localité donnée, **les doses à la thyroïde des adultes sont d'un facteur 10 inférieures à celles des enfants de moins de 1 an. La dose moyenne à la thyroïde est d'environ 0,2 Gy. L'amplitude des variations des doses à la thyroïde est d'environ deux ordres de grandeur, au-dessus et en-dessous de cette valeur moyenne.** Les incertitudes sur les doses individuelles limitent la portée d'un calcul de facteur de risque. La reconstruction de doses individuelles est difficile et le résultat est toujours entâché d'incertitudes : chez l'adulte, un modèle a été

mis au point en se basant sur des mesures directes de la thyroïde réalisées en 1986 ainsi que sur la mesure des concentrations en césium 137 dans l'environnement, en tenant également compte des conditions météorologiques lors du passage du nuage. Une des difficultés pour estimer à posteriori la quantité d'iode radioactif incorporé est l'absence de relation simple entre l'exposition à l'iode radioactif en avril-juin 1986 et le dépôt aujourd'hui encore mesurable du césium dans l'environnement.

Pendant les premières semaines après l'accident, l'iode 131 était le principal contributeur à la dose. Depuis 1987, les doses reçues par les populations des territoires contaminés proviennent essentiellement de l'irradiation externe par le Césium 134 et le césium 137 déposés sur le sol, et par une exposition interne due à la contamination de la chaîne alimentaire par ces mêmes radionucléides. D'autres contributions mineures⁷ à l'exposition radioactive à long terme sont retrouvées dans la zone proche de Tchernobyl, dues à la consommation de produits alimentaires contaminés par le Strontium 90 et à l'inhalation d'aérosols comportant du Plutonium 239. L'irradiation externe et interne due aux isotopes du Césium conduit à une irradiation relativement homogène de tous les tissus. **La dose efficace moyenne due au Césium reçue pendant les 10 premières années après l'accident par les habitants des régions contaminées est estimée à environ 0,01 Sv (valeur calculée de 8,2 mSv)**

Les effets sur la santé en Biélorussie, République Russe et Ukraine
Un grand nombre de tumeurs de la thyroïde est observé chez les sujets irradiés pendant l'enfance et résidant dans les zones sévèrement contaminées des trois régions affectées. 1800 cancers sont survenus entre 1990 et 1998 alors que le nombre spontané attendu sur cette période est de quelques dizaines. La courte période de latence est inattendue, compte tenu des connaissances précédemment acquises après d'autres situations de surexposition. D'autres facteurs, comme le déficit en iode stable, l'état antérieur de la thyroïde et la présence d'iodes à vie courte peuvent influencer le niveau du risque. Les résultats les plus récents semblent indiquer que le risque de cancer de la thyroïde est stabilisé ou en train de diminuer pour ceux qui avaient plus de 5 ans lors de l'accident alors que l'augmentation est durable pour ceux qui étaient âgés de moins de 4-5 ans en 1986.

Une surveillance attentive doit donc être poursuivie pour améliorer le dépistage précoce. En dépit du fait que beaucoup de cancers de la thyroïde de l'enfant sont diagnostiqués à un stade d'extension plus avancé que chez l'adulte en terme d'agressivité locale et de métastases, ce sont des **cancers de bon pronostic**.

Le grand nombre de cas recensés dans les cinq années ayant suivi l'accident est une surprise : on croyait jusque là que le cancer de la thyroïde comprenait une période d'induction et de latence d'au moins dix années après l'exposition. Pour cette raison, les premiers cas furent l'objet d'une contestation de la part des autorités, qui les attribuaient à un meilleur dépistage et à la sensibilisation des populations.

L'effet d'une carence chronique en iode dans cette région est à prendre en compte, et pourrait expliquer un captage rapide et durable de l'iode 131.

Hormis une augmentation substantielle des cancers de la thyroïde chez les sujets exposés pendant l'enfance en Biélorussie, Fédération Russe et Ukraine, **il n'y a pas d'observation de conséquences majeures** sur la santé publique en relation avec l'exposition aux rayonnements ionisants 14 ans après l'accident de Tchernobyl. Il n'a pas été observé d'augmentation de l'incidence ou de la mortalité de l'ensemble des cancers, pouvant être en relation avec l'irradiation. Le risque de leucémies, cancers considérés comme un indicateur sensible de l'effet des rayonnements, n'apparaît pas augmenté, même chez les liquidateurs et chez les enfants⁸, alors que ce type de cancer est connu pour apparaître dès 2-3 ans après l'exposition. **Il n'a pas été mis en évidence de relation entre l'exposition aux**

rayonnements ionisants et l'évolution de la fréquence de maladies non cancéreuses.

Il y a une tendance à attribuer l'augmentation des taux de cancers, autres que ceux de la thyroïde chez l'enfant, à l'accident de Tchernobyl mais il faut noter que l'augmentation avait déjà été observée avant l'accident dans les régions considérées. De plus, une augmentation générale de la mortalité a été rapportée ces dernières années dans la plupart des régions de l'ex URSS et ce point doit être pris en considération dans l'interprétation des résultats des études relatives à Tchernobyl.

Il a été rapporté l'augmentation de nombreux effets sur la santé, non spécifiques, chez les liquidateurs, en particulier l'augmentation du taux de suicides et de décès par mort violente. Il est difficile d'interpréter ces données sans référence à une situation de base antérieure. Ces groupes exposés sont suivis sur le plan sanitaire de manière beaucoup plus intensive que la population générale. Il en résulte, que la population générale ne constitue sans doute pas un groupe témoin adapté.

4 - Les expositions dans les autres pays d'Europe

Dans le Nord et l'Est de l'Europe, 45 000 km² ont été contaminés par du césium 137, entre 37 et 200 kBq/km². Le comportement des radionucléides déposés dépend de leurs propriétés physico-chimiques, de l'environnement et des conditions météorologiques (temps sec ou pluie) au moment des retombées. Pour l'iode 131 et les radionucléides à vie courte, l'exposition a été due essentiellement à l'apport alimentaire direct par des radionucléides déposés sur les végétaux, ou via le lait. Pour le césium 137, les transferts se poursuivent maintenant à partir du césium du sol. Les doses à la thyroïde estimées pour des populations résidant en Croatie, Grèce, Hongrie, Pologne et Turquie, sont comprises entre 1,5 et 15 mGy. De même, les doses à la moëlle osseuse estimées pour des populations résidant en Finlande, Bulgarie, Allemagne, Grèce, Hongrie, Roumanie, Suède, Turquie sont comprises entre 1 et 4mGy.

Les niveaux de dose, souvent inférieurs d'un facteur 100 par rapport aux doses estimées dans les trois républiques les plus touchées de l'ex-URSS, peuvent expliquer que les nombreuses études publiées sur l'induction de cancers en Europe ne mettent pas en évidence de relation entre l'accident et une évolution de la fréquence des cancers, notamment des cancers de la thyroïde et des leucémies chez l'enfant. La fréquence de ces cancers est faible et des variations de fréquence sur ces petits échantillons sont toujours susceptibles d'être observées sans qu'une cause particulière puisse être incriminée.

Les malformations congénitales et les effets d'une irradiation juste avant ou en cours de grossesse, ont été étudiés avec une particulière attention, après la publication en 1987 d'une étude rapportant un accroissement significatif de trisomie 21 en Allemagne, qui avait été attribué aux retombées de Tchernobyl. Puis, les résultats de cette étude ont été rediscutés et son interprétation remise en question, la variation observée étant habituelle dès lors qu'il s'agit de petits nombres. Toutes les études publiées ensuite, s'appuyant sur des registres existant avant la date de l'accident, n'ont pas permis de déceler d'anomalies congénitales en excès, y compris dans les régions les plus proches de l'accident.

Les perspectives d'analyse et de recherche présentées par l'UNSCEAR

Les connaissances actuelles des effets tardifs des expositions prolongées aux rayonnements ionisants sont encore limitées, l'estimation des relations dose-effet reposant essentiellement sur les études d'expositions à fortes doses et sur des études animales. L'accident de Tchernobyl pourrait éclairer sur ces effets tardifs après exposition prolongée, mais la plupart des

personnes exposées ont reçu des doses faibles (en moyenne, dans les territoires contaminés, la dose par irradiation externe et interne est estimée à 8,2mSv pour les 10 premières années et à 12mSv pour la vie entière), et une augmentation de l'incidence ou de la mortalité par cancer est de ce fait difficile à mettre en évidence par des études épidémiologiques. L'objectif principal serait de différencier les effets dus à l'irradiation de ceux dus à d'autres causes dans ces populations exposées.

En dehors des cancers de la thyroïde associés à l'irradiation à un niveau élevé (souvent plus de 1 Gy) de la thyroïde pendant l'enfance, le seul groupe ayant reçu des doses assez élevées pour qu'une détection statistiquement significative soit possible est le groupe des travailleurs d'urgence et des liquidateurs. Les études de ces groupes, ayant eu une exposition continue sur plusieurs jours ou semaines, contribueront probablement à l'analyse des effets tardifs des rayonnements ionisants. La plupart d'entre-eux ont une surveillance médicale annuelle, constituant ainsi la base de futures études dans cette cohorte.

Les futurs enjeux sont d'effectuer un lien entre les estimations de dose individuelle pour ces sujets inclus dans des études épidémiologiques et d'évaluer les effets des doses accumulées sur une période prolongée (se mesurant en jours ou semaines pour les doses à la thyroïde des enfants, en minutes ou en mois pour les doses à la moëlle osseuse des travailleurs intervenus en urgence et des liquidateurs, et en mois ou années pour les expositions corporelles globales des résidents des zones contaminées). De nombreuses difficultés doivent être prises en considération comme

- a. le rôle joué par les différents radionucléides, en particulier ceux à vie courte,
- b. la précision des mesures directes de la thyroïde,
- c. les relations entre les contaminations du sol et les doses à la thyroïde,
- d. la validité des doses enregistrées ou reconstituées chez les travailleurs intervenus en urgence et les liquidateurs.

Conclusion

L'objectif de l'UNSCEAR était de faire un bilan 14 ans après l'accident (expositions et effets imputables aux rayonnements) et non de faire une évaluation de risque pour le futur. L'UNSCEAR insiste sur les caractères spécifiques des effets constatés 14 ans après l'accident : cancers de la thyroïde de l'enfant avec une fréquence plus élevée et un temps de latence plus court que ce qui avait été estimé et pas d'augmentation apparente des leucémies qui est pourtant souvent le cancer qui survient le plus précocément après exposition aux rayonnements. La partie " effets sanitaires " a été l'objet d'une particulière attention, visant à bien identifier et distinguer ces effets directement imputables à l'irradiation des effets indirects, qui sont en relation avec l'accident et d'autres facteurs locaux, sans que l'irradiation ou la contamination par des radionucléides soient à l'origine directe de l'effet (comme les effets psychologiques). Le comité insiste également sur les autres conséquences de cet accident, notamment la contamination radioactive étendue de territoires peuplés, les effets non directement liés aux rayonnements, ainsi que la difficulté de reconstituer a posteriori les doses, ce qui influence les informations que l'on peut attendre d'études épidémiologiques dans ce contexte.

La surveillance des travailleurs et des populations exposées se poursuit en Biélorussie, Fédération Russe et Ukraine.

Au cours des prochaines années, les données enregistrées permettront d'analyser l'évolution de l'état de santé, notamment la fréquence des cancers. Il devrait être ainsi possible d'indiquer si la fréquence de certains cancers (thyroïde, leucémie) augmente dans les groupes les plus irradiés.

¹ Depuis l'éclatement de l'ex-URSS, c'est la Fédération Russe qui est représentée à l'UNSCEAR. La Biélorussie et l'Ukraine ont fait part de leur désaccord sur certaines conclusions du rapport 2000 sans toutefois apporter de résultats scientifiques susceptibles de remettre en cause le travail de l'UNSCEAR. La décision d'associer dans le futur de manière plus étroite les scientifiques des trois républiques concernées a permis l'adoption du texte actuel à l'unanimité.

² UNSCEAR 1988 : annexe D " Exposures from the Chernobyl accident "

³ UNSCEAR 1988 : in annexe G " Early effects in man of high doses of radiation - appendix : acute radiation effects in victims of the Chernobyl nuclear power plant accident "

⁴ La gravité du syndrome aigu d'irradiation dépend surtout de la dose globale reçue : grade I (dose de moins de 2 Gy), grade II (entre 2 et 4 Gy), grade III (entre 4 et 6,5 Gy), grade IV (au-delà de 6,5 Gy)

⁵ en 1986, un registre a été créé à Obninsk pour toutes les personnes exposées (liquidateurs mais aussi population des territoires évacués et résidents des zones contaminées). Ce registre a fonctionné jusqu'en fin 1991. Début 1992, des registres nationaux de Biélorussie, Fédération Russe et Ukraine l'ont remplacé, ainsi que des registres de liquidateurs des trois républiques baltes.

⁶ en pratique, on considère que la contamination radioactive de l'environnement devient très réduite après une durée correspondant à trois périodes physiques (soit 24 jours pour l'iode 131 et près d'un siècle pour le Césium 137) et peut être considérée comme ayant pratiquement disparue au bout de 10 périodes (moins de 3 mois pour l'iode 131, et 300 ans pour le Cesium 137)

⁷ la dose due au strontium 90 correspond à moins de 5% de la contamination interne par le césium et la dose due à la remise en suspension du plutonium est estimée à 0,2 mSv par an pour un travailleur agricole

⁸ note personnelle : il faut cependant noter que 3 des 11 décès survenus entre 1987 et 1998 chez les travailleurs d'urgence sont des pathologies hématologiques pouvant être radioinduites : deux décès par myélodysplasies en 1993 et 1995 et un décès par leucémie aigue myéloïde en 1998