

La santé des liquidateurs (décontamineurs) 20 ans après l'explosion de Tchernobyl

*Abstracts du Symposium organisé par PSR / IPPNW Suisse
12 novembre 2005 – Berne (Suisse)*

Traduction française du supplément du PSRnews 01/2006

**Textes traduits par François GILLARD, relus par Michel FERNEX
« Pour l'indépendance de l'O.M.S » : www.independentwho.info**

Abstracts

Organized by



PSR / IPPNW Switzerland

November 12, 2005

Inselspital

University Hospital

Berne/Switzerland

Supplementum to

PSRnews 01/2006



INTRODUCTION

LE 12 NOVEMBRE 2005, BIENTOT 20 ANS APRES L'EXPLOSION DE TCHERNOBYL, UN SYMPOSIUM SOUS LES AUSPICES DE LA FACULTE DE MEDECINE DE BERNE (SUISSE) A ETE CONSACRE A LA SANTE DES LIQUIDATEURS (DECONTAMINEURS)

A une conférence internationale sur Tchernobyl, qui s'est tenue à Kiev en 2001, a été signalé la rapide détérioration de la santé des travailleurs employés à la décontamination – ceux qu'on a appelés "les liquidateurs". À l'époque, un tiers d'entre eux étaient déjà en incapacité. En 1986, dans le bilan de l'explosion du réacteur de Tchernobyl, 800 000 adultes plutôt jeunes (âge moyen : 33 ans) ont été enrôlés pour décontaminer les zones lourdement contaminées dans une zone de 30 km autour du réacteur explosé. La moitié d'entre eux étaient des militaires venus de toutes les républiques de l'Union soviétique, les autres étaient des techniciens civils, des mineurs, des pilotes, des conducteurs d'engins : tous étaient des jeunes hommes en bonne santé, et il y avait également des femmes. Au cours de la première semaine, c'était surtout l'irradiation externe qui les affectait. Par la suite, la contamination interne a prévalu, par l'inhalation d'iode radioactif, de césium, de strontium, de transuraniens, de diverses "particules chaudes" et de gaz. Etablir la dosimétrie était problématique, du fait de l'incapacité des dosimètres à mesurer les très fortes doses.

La section Suisse PSR/IPPNW de l'organisation non gouvernementale "Médecins pour une Responsabilité Sociale/pour la Prévention de la Guerre Nucléaire" a établi des contacts avec les scientifiques et les médecins indépendants dans les pays affectés. Nous étions bien sûr concernés par l'ensemble du problème, mais après la publication d'un communiqué de presse en avril 2005 par l'ambassade d'Ukraine à Paris, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux problèmes de santé rencontrés à long terme par les liquidateurs. Ce document annonçait que 2 646 106 Ukrainiens devaient être reconnus victimes de Tchernobyl, dont un tiers étaient des enfants. 85% des citoyens vivant dans des zones contaminées étaient malades, leur santé se détériorant au fil du temps. 94% des liquidateurs ukrainiens enregistrés étaient malades. Les maladies auxquelles ces personnes sont confrontées doivent être clarifiées par des travaux non biaisés et une aide médicale doit être apportée.

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE SUR LES CONSÉQUENCES MEDICALES APRES L'EXPLOSION DE TCHERNOBYL - LE RÔLE DE L'AIEA ET DE L'OMS

Les membres de la communauté médicale ont eu beaucoup de difficultés à trouver des données fiables sur les dommages causés par les rayonnements ionisants sur le génome, les cellules et les organes animaux et humains. L'industrie nucléaire commercialisée est un sous-produit du développement des bombes atomiques et autres engins militaires nucléaires. L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) est l'organisation onusienne en charge à la fois de la promotion de la technologie nucléaire commerciale, et de la prévention de la dissémination des armes atomiques. Les statuts de l'AIEA indiquent que son objectif principal est "de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier". Il est évident que l'AIEA est en grand conflit d'intérêts, quand elle déclare négatives les conséquences médicales sanitaires de l'accident du réacteur nucléaire. A la différence d'autres agences des Nations Unies, l'AIEA dépend directement du Conseil de Sécurité, qui est dominé par les cinq puissances nucléaires.

Concernant les questions de santé, l'accord AIEA/OMS (WHA 12.40), signé en 1959, contraint l'Organisation Mondiale de la Santé à soumettre toute recherche sur des questions sanitaires liées au nucléaire à l'AIEA, et exige la confidentialité sur différents sujets. A cet égard, selon le Dr. Nakajima, ancien directeur général de l'OMS, la censure des actes des trois journées de la Conférence de Genève sur Tchernobyl, en novembre 1995, est une conséquence de ces obligations juridiques de l'OMS vis-à-vis l'AIEA (1). De toute évidence, cet accord limite la liberté de l'OMS dans le domaine de la médecine et pourrait expliquer pourquoi l'OMS n'a entrepris qu'après 1991 ses travaux scientifiques sur les dommages radiologiques dans les régions contaminées par l'accident de Tchernobyl. Dans les projets mis en place par l'AIEA, la recherche génétique ne figure apparemment pas au rang des priorités ; et bien qu'il soit acquis que le génome est la cible majeure des rayonnements ionisants, la priorité a été accordée aux caries dentaires (!). La restriction de l'information sur les conséquences médicales des rayonnements ionisants est en contradiction avec la Constitution de l'OMS qui, selon les textes fondamentaux de l'OMS (Ed. 44, Genève 2003), a l'obligation "d'agir en tant qu'autorité directrice et coordonnatrice, dans le domaine de la santé, des travaux ayant un caractère international", et "d'aider à former, parmi les peuples, une opinion publique éclairée en ce qui concerne la santé".

Le Comité Scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), dont le devoir est d'informer l'Assemblée Générale des Nations Unies sur les conséquences de la catastrophe de Tchernobyl, est en accord avec l'AIEA. Ainsi, à la Conférence Internationale de Kiev en 2001, le représentant de l'UNSCEAR, N. Gentner, a confirmé ce que le représentant de l'AIEA avait déclaré : *"La grande majorité de la population n'a pas à craindre de graves conséquences sanitaires résultant de l'accident de Tchernobyl."*

LA POSITION DU PSR/IPPNW

La section Suisse de l'association internationale des "Médecins pour une Responsabilité Sociale/pour la Prévention de la Guerre Nucléaire" réfute les arguments officiels prétendant que la plupart des problèmes de santé après Tchernobyl sont dues à la radiophobie, au stress, à l'alcool, au tabac et à la désinformation par les médias – arguments qui figurent également dans le récent rapport du Forum sur Tchernobyl (Vienna, septembre 2005).

Déjà en février 2003, sous les auspices de la Faculté de Médecine de Bâle, l'IPPNW Suisse a présenté des études sur les *Conséquences médicales après "Tchernobyl" pour les enfants*. L'accent a été mis sur l'irradiation chronique du Cs-137 par absorption orale. Plusieurs rapports de cette réunion ont été publiés depuis dans des revues médicales contrôlées par comité des pairs (Medical Swiss Weekly ; SMW; www.smw.ch). Un résumé par M. Fernex des résultats les plus importants est repris en Annexe 1 de cette brochure. Les dommages radiologiques chez les enfants sont à la fois complémentaires et cohérents avec les résultats concernant les pathologies chez les liquidateurs. Un deuxième abstract de N. Gres sur la radio-contamination et la gravité des maladies chez les enfants a été également ajouté en Annexe 2.

Nous souhaitons que cette publication contribue à une sensibilisation accrue pour les véritables dimensions de "Tchernobyl", la plus grande catastrophe industrielle de l'histoire mondiale.

Référence

- (1) MENSONGES NUCLEAIRES, un film de Wladimir Tchertkoff, Production FALO - TSI 2002 (Televisione Svizzera Italiana) diffusé en 2002 sur SF (Schweizer Fernsehen) ;
CONTROVERSE NUCLEAIRES, Film de Wladimir Tchertkoff, Production Feldat Film 2004.

FERNEX, Michel

Prof. Dr. med. (émerite), PSR/IPPNW Suisse, Postfach 167, CH-4118 Rodersdorf (Suisse), s.m.fernex@wanadoo.fr

KNÜSLI, Claudio

Dr. med., PSR/IPPNW Suisse, Gotthardstrasse 112, CH-4054 Basel (Suisse), claudio.knuesli@claraspital.ch

NIDECKER, Andreas

Prof. Dr. med., PSR/IPPNW Suisse, Ob.Rheinweg 81, CH-4058 Basel (Suisse), andreas.nidecker@imamed.ch

WALTER, Martin

Dr. med., PSR/IPPNW Suisse, Alpenstrasse 10, CH-2540 Grenchen (Suisse), martin.walter@walter-m.ch

CONTENU

INTRODUCTION	1
M. Fernex, C. Knüsli, A. Nidecker, M. Walter	
RADIOPROTECTION DE LA POPULATION DE LA REPUBLIQUE DU BELARUS (SPECIALEMENT LES ENFANTS ET LES LIQUIDATEURS) APRES L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL	4
V.B. Nesterenko	
SANTE MENTALE DES LIQUIDATEURS DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL: EXAMEN CRITIQUE DES PREUVES EPIDEMIOLOGIQUES	12
K. Loganovsky	
RAYONNEMENTS IONISANTS ET HEMISPHERE GAUCHE: INCIDENCE ACCRUE DE LA SCHIZOPHRÉNIE ET DU SYNDROME DE FATIGUE CHRONIQUE CHEZ LES POPULATIONS EXPOSÉES A TCHERNOBYL, HIROSHIMA ET NAGASAKI	13
P. Flor-Henry	
ÉVALUATION DES RISQUES DE DÉVELOPPEMENT DES MALADIES OPHTALMIQUES CHEZ LES POPULATIONS EXPOSEES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS	15
P. Fedirko	
INCIDENCE DES TUMEURS MALIGNES CHEZ LES LIQUIDATEURS DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL EN REPUBLIQUE DU BELARUS	17
A.E. Okeanov	
MALADIES CARDIOVASCULAIRES CHEZ LES LIQUIDATEURS ET LES POPULATIONS DU BÉLARUS	19
D. Lazyuk	
RAYONNEMENTS IONISANTS ET VIEILLISSEMENT PREMATURE	22
E. Burlakova	
PROBLEMES SANITAIRES CHEZ LES ENFANTS DES LIQUIDATEURS	24
N.A. Gres	
L'INSTABILITE GENOMIQUE APRES TCHERNOBYL, PRONOSTIC POUR LES GENERATIONS FUTURES	26
R.I. Goncharova	
ANNEXE 1 - COMPTE RENDU DU SYMPOSIUM DU 15.92.2003: LES CONSEQUENCES DE "TCHERNOBYL" AUPRES DES ENFANTS	29
M. Fernex	
ANNEXE 2 - QUELQUES CARACTERISTIQUES DU DEVELOPPEMENT DE PATHOLOGIE CHRONIQUE CHEZ L'ENFANT BIELORUSSE, VIVANT DANS DES CONDITIONS D'IRRADIATION PERMANENTE A FAIBLES DOSES	31
N.A. Gres	

RADIOPROTECTION DE LA POPULATION DE LA REPUBLIQUE DU BELARUS (SPECIALEMENT LES ENFANTS ET LES LIQUIDATEURS) APRES L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL

Vassili B. NESTERENKO

Le Bélarus n'a pas de centrale nucléaire, mais son territoire a été contaminés par les retombées de l'accident de Tchernobyl : 23% de la surface contaminée avec $> 1 \text{ Ci/km}^2$ de Cs-137, 10% avec le Sr90, et 1% avec le Pu239. La dispersion de l'iode131 par le feu, qui a duré 10 jours, a progressivement recouvert la majeure partie du territoire national.

Le 29 avril 1986, notre proposition de distribuer de l'iode stable à la population, et d'évacuer la population dans un rayon de plus de 100 km, a été rejetée par les autorités, comme une mesure à provoquer la panique. La décision d'évacuer finalement 135 000 personnes a été prise plus tard, lorsque la population était déjà irradiée.

L'évacuation de la zone des 30 km a commencé en mai. Et 100 000 enfants de la région de Gomel ont été envoyés dans les districts propres de la Russie, jusqu'en septembre 1986.

Dans la nuit du 30 avril, l'académicien V.A. Legasov consultait des experts sur l'utilisation d'azote liquide à arrêter l'incendie, et on l'informait que l'azote ne provoquerait pas d'explosion.

Pour la centrale nucléaire "Pamir" que j'avais conçue, nous avons installé un spectromètre, capable de mesurer les doses de radiations élevées. Ces instruments ont été utilisés afin d'évaluer le risque pour le personnel militaire envoyé sur le toit du réacteur en feu, et pour protéger les milliers de liquidateurs au travail.

Déjà au cours des premiers jours après l'explosion, le Service de Sécurité des Radiations et plus de 1 000 personnes de l'équipe de notre Institut Technologique de l'Energie Nucléaire étaient impliqués à dresser les cartes de la contamination radiologique dans la république. Les mesures pour la région de Gomel ont été complétées à la fin de mai par l'Institut Technologique de l'Energie Nucléaire. C'est sur cette base qu'a eu lieu l'évacuation supplémentaire de 24 000 habitants des régions du Sud.

Pour la région de Mogilyov et de Brest, les mesures ont été complétées en septembre 1986, et enregistrées, tout comme les cartes de contamination du Strontium et du Plutonium au Bélarus.

Toutes les données ont été consignées dans quatre volumes de 250 pages, comprenant également l'information sur la contamination de l'habitat et des denrées alimentaires. Des propositions pour des mesures de radioprotection ont été formulées.

Le top secret frappant l'information sur l'ampleur de la catastrophe de Tchernobyl et le refus par le gouvernement soviétique d'autoriser toute mesure de protection, interdisaient de prendre ces mesures de protection.

Au printemps 1989, tous les documents concernant la catastrophe de Tchernobyl ont été retirés de la liste secrète. Mes articles "Les secrets apparaîtraient-ils évidents" et "Chronique de la catastrophe de Tchernobyl" ont été publiés dans le magazine "Horticulteur" (Nos 5, 6, 7) en 1990 : on avait retiré de l'exploitation 1 800 000 hectares de terres agricoles et 1 600 000 hectares de forêt contaminés à long terme par le Cs-137.

Le dommage économique global a été évalué équivalent à 32 budgets annuels (1985) de la République du Bélarus. En cas d'accident majeur sur une centrale nucléaire, aucun état ne peut être en mesure de garantir la sécurité de sa population. Actuellement, l'aide internationale est fournie par les associations européennes pour Tchernobyl, mais elle reste insignifiante au niveau gouvernemental. Une première expérience a commencé avec le projet de base CORE, de la Communauté Européenne.

De 1989 à 1993, environ 140 000 personnes supplémentaires ont été réinstallées, mais 200 000 se sont déplacées d'elles-mêmes vers les régions propres.

Des radiamètres pour contrôler les denrées alimentaires ont été produits en urgence, et distribués aux usines de production de viande, de pain et de produits laitiers.

L'académicien A. D. Sakharov, l'écrivain Ales Adamovich, et le joueur d'échecs A. Karpov me suggérèrent de fonder un Institut non-gouvernemental qui traiterait des problèmes de radioprotection de la population. Cette suggestion fut acceptée par V. Kebich, chef du gouvernement du Bélarus.

Le nouvel institut "Belrad" financé par ces donateurs privés, créé en 1989, proposa au Soviet suprême, au gouvernement du Bélarus et au président des Comités Exécutifs Régionaux, l'installation d'un réseau de Centres Locaux de Contrôle de la Radioactivité pour la population (CLCR), situés dans les écoles ou les bâtiments officiels dans les villages, qui permette aux familles de vérifier la qualité de leur nourriture et de recevoir une information complète sur l'alimentation saine.

L'institut mit au point un dosimètre hautement sensible "Sosna", qui a été produit à plus de 300 000 exemplaires par les industries régionales. Par la suite, "Belrad" a développé et produit plus de 1 000 radiamètres RUG-92 pour le ministère de l'Agriculture, afin de mesurer la quantité de Cs-137 dans les denrées alimentaires.

KomTchernobyl désigna "Belrad" pour la création et la gestion de 370 CLCR. Il a fallu former le personnel. En complément aux institutions de l'état, des ONG ont installé des CLCR pour surveiller les denrées alimentaires produites dans le secteur privé, qui représentent plus de 50% de la production alimentaire. Informer les populations rurales comprend l'enseignement sur l'utilisation des engrais (Calcium et sels de potassium) pour réduire l'absorption de radionucléides par les plantes. La contamination des denrées alimentaires restait 10 fois plus élevée dans le secteur privé que dans le secteur étatique : l'apport d'engrais utilisé par les exploitations familiales restant faible, pour des raisons financières.

Actuellement, "Belrad" dispose d'une banque de données de plus de 340 000 mesures de denrées alimentaires.

19 ans après Tchernobyl, dans le secteur privé, la contamination par le Cs-137 reste dix fois plus élevée que la production étatique, souvent au-dessus du niveau autorisé au Bélarus. Une mesure très efficace pour la réduction de la radio-contamination du lait consiste à ajouter des adsorbants dans le fourrage. Ceci a pour effet de réduire de 3 à 4 fois la teneur de Cs-137 dans le lait.

Malheureusement, l'information et le programme d'éducation n'ont pas été pas assez efficaces. Même la distribution, gratuite, de nourriture non-contaminée dans les cantines scolaires, dès l'école maternelle, n'a pas été suffisante pour réduire correctement la charge de Cs-137 dans l'organisme : 80 à 90% de la dose de radiation est interne, en raison de l'ingestion d'aliments contaminés (surtout le lait produit à la ferme, des fruits sauvages et les champignons).

La contamination par inhalation était importante dans les premiers jours, du fait d'une forte concentration en iode présente dans l'air. Les plus fortes doses ont été absorbées par les liquidateurs et les communautés les plus contaminées. Ces personnes sont devenues plus sensibles à la radioactivité. De petites doses chroniques, dues à l'incorporation répétée de radionucléides provenant des aliments contaminés, conduisent à une grande variété de pathologies, comme en sont affectés les systèmes endocrinien, immunitaire et cardiovasculaire. Ce sont ces organes qui concentrent de loin les plus fortes concentrations de césium (1).

"Belrad" a mis en place 8 laboratoires mobiles avec des spectromètres de radiation adaptés à l'être humain, offerts par les associations de Tchernobyl. La charge de 137-Cs a été mesurée chez 250 000 enfants dans les districts de Tchernobyl au Bélarus. Pour prévenir les conséquences de l'accumulation chronique du Cs-137, "Belrad" a utilisé un additif alimentaire produit en Ukraine, le "Yablopect[®]" – de la pectine avec des vitamines – qui favorise l'évacuation du Cs-137 hors de l'organisme (2).

Plus tard, "Belrad" a développé sa propre préparation (Vitapect[®]), qui a été étudiée dans un premier temps par N. Gres *et al.* (3). Dans un essai en double aveugle contrôlé par placebo, un groupe traité avec 10 grammes de Vitapect[®] par jour, l'autre recevant un placebo pendant 21 jours, dans un sanatorium avec une alimentation propre, la réduction de la teneur de Cs-137 était de 65,6% dans le groupe recevant de la pectine, par comparaison avec 13,9% dans le groupe placebo. Cette différence est très significative ($p < 0.01$), et médicalement pertinente (4).

Les cures répétées de pectine pourraient être prescrites dans les écoles aux communautés d'enfants fortement contaminés, avec le soutien financier d'ONG : les enfants de Tchernobyl Bélarus (avec l'aide du PSR/IPPNW Suisse, et des "Enfants de Tchernobyl, Alsace"), "France Libertés – Fondation Danielle-Mitterrand", l'association "Enfants de Tchernobyl Belgique". Pour des milliers d'enfants, l'irradiation annuelle a été réduite de 3 à 5 fois à la suite de cures répétées de Vitapect[®].

Pendant quatre ans, l'Association française CRIIRAD a soutenu avec "Belrad" l'opération des LCRC à l'école de Valavsk. Les contrôles radiométriques ont été suivis par des cures de "Vitapect[®]" pour les enfants contaminés. La teneur en Cs-137 a été réduite d'un facteur de 2 à 3 et la santé des enfants suivis s'est améliorée, d'après les examens cardiologiques, comme dans les études précédentes en sanatorium (5).

De 2003 à 2004, le projet international pour "les enfants fortement irradiés du Bélarus", une collaboration entre "Belrad" et le Centre de recherche Nucléaire "Juelich", en Allemagne, bénéficiant du soutien financier de l'Agence fédérale allemande pour la Protection l'Environnement et de la Radioprotection, a procédé à la comparaison des effets du "Vitapect[®]" et d'un placebo chez les enfants contaminés.

Avec plus de trois sanatoriums, ce partenariat intègre également le Laboratoire central de Recherche de l'Académie de Médecine du Bélarus pour la Formation en Troisième Cycle universitaire (BELMAPO) du Ministère des Services de Santé Publique du Bélarus. Le rapport final indique que l'ingestion de préparations de pectine maintient le potassium, le cuivre, le zinc, et le fer en équilibre positif chez les enfants traités. Aucune réduction de ces microéléments n'a été observée dans le sang de ces enfants (6).

Le 22 mars 2005, la Commission fédérale allemande de Radioprotection de la Population a évalué la partie médicale du projet, mentionnant que cures répétées de pectine peuvent constituer la base des mesures préventives pour la radioprotection de la population, du fait qu'elles réduisent l'irradiation annuelle.

Plus récemment, la Fédération de Russie a approuvé une nouvelle préparation de pectine pour le traitement ou la prévention, en cas d'accident nucléaire avec rejet de différents radionucléides (7).

Références

1. Bandazhevsky Yu. L. : Chronic Cs-137 incorporation in children's organs. *Swiss Med. Weekly* 133:488-490, 2003
2. Porokhnyak-Ganovskaya L. V. : The new way for prevention and rehabilitation of the inhabitants of the zone of contamination: Pectin apple powder and vitamin water-soluble pills "Yablopect[®]". *Medical Adviser*, No 1, 1998.
3. Gres N. A., *et al.* : influence of pectin preparations on dynamics of microelements composition of blood of children. *Digest of Research Clinical Institute of Radiation Medicine and Endocrinology*, Minsk, p.108-116, 1997
4. Nesterenko V. B., Nesterenko A. V., Babenko V. I., Yerkovich T. V., and Babenko L. V. : Reducing the Cs-137-load in the organism of Chernobyl children with apple-pectin. *Swiss Med. Weekly* 134: 24-27, 2004
5. Joint report of the IRS "Belrad" and the Research Centre "Juelich" (Germany) on the international project "Highly Exposed Children of Belarus" (4th stage), "Efficiency of removal of Caesium-137 radionuclides from children with the pectin preparation "Vitapect[®]" keeping and stabilizing the balance of vitally important microelements (K, Zn, Fe, Cu). Minsk, "Juelich", 20 pages, 2004
6. http://www.herbstreith-fox.de/pektin/forschung_und_entwicklung/forschung_entwicklung02b.htm
7. Sorokine A. Y., Written communication: "ZOSTERINE-Ultra" is registered as a food additive for removing heavy metals and radionuclides from the organism. Department for medical emergency, Ministry of Public Health of the Russian Federation, 2005.

Données personnelles et cursus

Le professeur Vassily Nesterenko était le directeur de l'Institut de Physique Nucléaire de Minsk, membre de l'Académie des Sciences du Bélarus, lorsque le réacteur nucléaire de Tchernobyl a explosé. Étant chargé de la radioprotection de la République, il mobilisa les spécialistes nationaux et un millier d'experts de l'Institut pour établir les cartes des retombées radioactives. Avec l'académicien Legasov, un pompier et un pilote d'hélicoptère, il survola le réacteur en feu, pour étudier comment injecter des tonnes de d'azote liquide afin d'éteindre le feu du cœur rejetant des tonnes de radionucléides dans l'atmosphère (seul Nesterenko survécut, deux moururent peu de temps après cette exposition à la fumée radioactive ; et Legasov, incapable de supporter la censure, mit fin à ses jours plus tard, en laissant un "Testament" public.). La décision fut prise, que les mineurs creuseraient un tunnel à travers les décombres pour y introduire des bonbonnes d'azote et des containers de béton. Leur objectif fut atteint dix jours plus tard, ce qui permit d'éviter l'explosion atomique redoutée.

La demande écrite par Nesterenko au Soviet suprême, à Moscou, pour distribuer immédiatement de l'iode à la population et faire évacuer un périmètre de 100 km autour de l'incendie, fut rejetée par les autorités soviétiques, au prétexte que cela aurait créé la panique. Avec son équipe, Nesterenko établit les cartes de radio-contamination de l'iode (I), du césium (CS), du strontium (Sr) et du plutonium (Pu). Plus tard, Nesterenko dut renoncer à sa fonction de directeur, parce qu'il se consacrait exclusivement à protéger les populations et "négligeait des tâches plus importantes". Il put encore travailler à l'Institut avec un groupe de physiciens ; mais, disposant insuffisamment de subventions, il créa un Institut indépendant de Radioprotection "Belrad", réalisé avec le soutien financier et moral de Sakharov, du champion d'échecs Karpov, de l'écrivain Adamovitch et de différentes fondations.

"Belrad" a établi une stratégie visant à protéger les populations, après les énormes retombées radioactives de Tchernobyl, qui ont pollué 23% du territoire biélorusse avec > 1Ci de Cs-137/km². Il y a encore 2 millions de personnes, dont 500 000 enfants, qui y vivent. Des radionucléides à vie longue demeurent dans la partie supérieure des sols ; ils se recyclent dans les végétaux et les animaux, surtout dans le bois et les produits agricoles, devenant ainsi la principale source de la contamination radioactive des humains.

La crise économique et la pauvreté rendent impossible la production de denrées alimentaires propres pour les villages, car celle-ci exige une fertilisation spécifique des pâturages et des champs. Il faudrait administrer un adsorbant (bleu de Prusse) aux vaches laitières, pour éviter la contamination de la viande et du lait par le Cs-137, une source majeure d'absorption de Cs-137 chez les enfants.

Avec l'aide internationale, "Belrad" a créé des réseaux de centres de contrôle de la radioactivité dans les lieux de restauration, installés dans les écoles et les dispensaires. Là, on enseigne à la population comment utiliser les produits locaux des régions contaminées. La contamination des enfants est mesurée précisément avec des spectromètres adaptés à l'être humain, et des cures d'additif alimentaire contenant de la pectine de pomme réduisent la charge de Cs-137 et atténuent les symptômes dus à la irradiation chronique des organes, tels que les glandes endocriniennes, le cœur et le thymus.

NESTERENKO, Vassili B.

Prof., physicien, Institut de Sécurité radiologique «Belrad», 2 Marusinsky pereulok 2, 220053 Minsk, Biélorussie,
vnester@tut.by

SANTE MENTALE DES LIQUIDATEURS DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL: EXAMEN CRITIQUE DES PREUVES EPIDEMIOLOGIQUES

Konstantin N. LOGANOVSKY

Le contexte

Il existe un consensus international selon lequel l'impact de Tchernobyl sur la santé mentale est le plus grand problème de santé publique. Le Groupe d'experts "de la Santé" (EGH) du Forum Tchernobyl organisé par les Nations Unies en développe les quatre points suivants : les symptômes liés au stress ; les effets sur le cerveau en développement ; les troubles organiques cérébraux chez les liquidateurs fortement exposés ; et les suicides. Bien que les experts de l'UNSCEAR-2000 (Annexe J) n'aient reconnu que les conséquences psycho-sociales de la catastrophe de Tchernobyl, "... à ce jour, il est reconnu que le système nerveux central (SNC) est un organe radio-sensible dont le degré de dysfonctionnement peut être quantifié par des paramètres électro-physiologiques, biochimiques et/ou de comportementaux. Les anomalies de la fonction SNC définies par ces paramètres peuvent se produire à une faible dose d'irradiation corporelle totale..." (Gourmelon *et al.*, 2005 - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses).

Des études épidémiologiques chez les survivants de la bombe atomique ont suggéré des augmentations dose-dépendantes de la mortalité dues à des maladies autres que le cancer. La maladie cardiovasculaire compte parmi ces maladies non-cancéreuses pour laquelle les augmentations de mortalité et d'incidence se sont trouvées être associées à la dose de rayonnement (Kusunoki *et al.*, 1999). La reconnaissance, chez les survivants de la bombe atomique, d'effets non-cancéreux à des doses de l'ordre de 0,5 Sv (la moitié de la dose considérée comme un seuil dans des études antérieures) devrait stimuler la recherche sur les effets déterministes (Shimuzu *et al.*, 1999; Fry, 2001; Preston *et al.*, 2003; Yamada *et al.*, 2004), sur la morbidité et la mortalité non-cancéreuses qui ont suivi la catastrophe de Tchernobyl. Il a été indiqué que l'irradiation provoquée par la bombe atomique avait affecté la santé mentale des survivants et que les soins apportés à leur santé mentale étaient importants (Honda *et al.*, 2002). La prévalence des symptômes d'anxiété et des symptômes de somatisation était élevée chez les survivants de la bombe atomique, même 17-20 ans après les bombardements, ce qui indique le caractère à long terme des effets psychiatriques de l'expérience (Yamada et Izumi, 2002). Toutefois, ces études ne portaient que sur les symptômes névrotiques – l'anxiété et la somatisation. En même temps, la corrélation entre l'étude de cette pathologie sur la durée de vie (*Life Span Study*) et le registre de la schizophrénie de la Section de Neuropsychiatrie de l'École universitaire de Médecine, à Nagasaki, a permis de révéler que le taux de prévalence de la schizophrénie chez les survivants de la bombe A est très élevé : 6% (Nakane et Ohta, 1986).

Sans aucun doute, les liquidateurs de la catastrophe de Tchernobyl sont exposés au plus haut risque de troubles neuropsychiatriques, en raison de leur plus grande exposition, aux facteurs à la fois radiologiques et non-radiologiques de la catastrophe. Toutefois, jusqu'à maintenant, la connaissance fait défaut pour établir l'évaluation de leur santé mentale avec précision. Il y a beaucoup de contradictions concernant les effets neuropsychiatriques à l'exposition à de faibles doses (<1 Sv). Cette exposition constitue-t-elle le facteur de risque de troubles neuropsychiatriques – et en particulier, des troubles du spectre schizophrénique et syndrome de fatigue chronique (CFS)? Il n'existe pas de données précises concernant les effets de l'irradiation sur le cerveau, sur les marqueurs cérébraux de l'irradiation et sur les corrélations effet-dose. L'objectif de cette présentation est d'analyser les données actuellement disponibles et leurs limitations concernant la santé mentale et les dommages au niveau du SNC chez les liquidateurs. En outre, nous étudions la recherche et les mesures pour améliorer la santé mentale, tant chez les survivants de l'accident de Tchernobyl que chez les victimes d'éventuels accidents radiologiques à l'avenir.

Etudes récentes, études en cours

Les risques d'effets non-cancéreux liés à l'irradiation chez les liquidateurs de la catastrophe de Tchernobyl ont été établis (Journal *et al.*, 2001; Buzunov *et al.*, 2001, 2003). Pour certaines catégories de maladies non-cancéreuses chez les liquidateurs, des estimations statistiquement significatives de risque radiologique (excès de risque relatif ERR, avec un intervalle de confiance IC 95%) ont été dérivées – la première fois – pour les troubles mentaux : ERR 1/Gy=0,4 (0,17; 0,64); pour les troubles neurologiques et sensoriels : ERR 1/Gy=0,35 (0,19; 0,52); pour les troubles endocriniens : ERR 1/Gy=0,58 (0,3; 0,87). Parmi les troubles mentaux, le plus haut risque radiologique par Gy a été constaté dans le cas des névroses : ERR=0,82 (0,32; 1,32) (Journal *et al.*, 2001). L'excès de risque relatif le plus élevé par Gy a été trouvé pour les maladies vasculaires cérébrales : ERR 1/Gy=1,17 avec IC 95% (0,45; 1,88) (Ivanov *et al.*, 2000). Récemment, le risque significatif de maladies vasculaires cérébrales pour un débit de dose moyen était

défini pour des doses externes supérieures à 150 mGy (ERR pour 100 mGy/jour=2,17 avec IC 95% = (0,64; 3,69) (Ivanov *et al.*, 2005).

Les données du Registre d'État d'Ukraine et du Registre clinique et épidémiologique du Centre de Recherche pour la Médecine radiologique, à l'Académie ukrainienne des Sciences médicales, font état d'un niveau accru de troubles cérébro-vasculaires chez les liquidateurs. L'exposition à de petites doses de rayonnements ionisants constitue un facteur significatif de risque d'accélération du vieillissement. L'irradiation de la thyroïde à 300 mGy et plus constitue un facteur de risque d'accidents vasculaires et vasculaires cérébraux. L'irradiation de la thyroïde à 2 Gy et plus constitue un facteur de risque significatif pour les troubles mentaux, vasculaires et maladies vasculaires cérébrales, et du système nerveux périphérique. L'exposition à des doses de 250 mGy et plus constitue un facteur de risque significatif de troubles neuropsychiatriques et vasculaires. Il existe une relation effet-dose concernant les troubles cérébro-vasculaires chez les liquidateurs. Le risque relatif de maladies vasculaires cérébrales a augmenté dans les groupes exposés à 0,5-0,99 Gy et 1 Gy, par comparaison avec le groupe exposé à <0,1 Gy. Les facteurs de risque non-radiologique comprennent : les risques industriels, le stress, le tabagisme, l'hérédité, style de vie (Buzunov *et al.*, 2001,2003).

Toutefois, concernant l'évaluation de la santé mentale des liquidateurs, ces études présentent des limitations significatives : elles traitent des *troubles mentaux enregistrés par le système national de la Santé*, et non pas à partir des données obtenues à la suite d'études psychiatriques rigoureuses, selon une procédure de diagnostic normalisé. Tenant également compte des changements en cours de système psychiatrique dans les pays post-soviétiques, ceci conduit à une sous-estimation des troubles mentaux et à leur classification possiblement impropre comme maladies physiques et/ou à des diagnostics erronés des troubles mentaux eux-mêmes (névrotiques au lieu d'être effectivement psychotiques, ou organiques, etc.).

Par exemple, selon les données officielles du Ministère de la Santé publique en Ukraine, la prévalence de tous les troubles mentaux (enregistrés) dans la population ukrainienne représentait : 2,27% en 1990 ; 2,27% en 1995 et 2,43% en 2000. Toutefois, selon les résultats de l'Observatoire mondial de la Santé mentale (WMH) à l'OMS, où les troubles mentaux sont établis conformément à la version WMH du modèle d'entretien diagnostique psychiatrique structuré (*WMH-CIDI, Composite International Diagnostic Interview*) élaboré par l'OMS, la prévalence de trouble relevant du WMH-CIDI/DSM-IV (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 4th edition*) dans l'année précédente en Ukraine était de 20,5% (IC 95% : 17,7-23,3%) (Demyttenaere *et al.*, 2004). En conséquence, le système de santé psychiatrique publique sous-estime les troubles mentaux par un facteur de 10 et plus. Il convient de souligner que les troubles WMH-CIDI/DSM-IV comprennent seulement les troubles soi-disant psychologiques (l'anxiété, la dépression, la somatisation, l'alcoolisme, etc.), et ne tiennent pas compte des troubles mentaux graves comme les psychoses, les troubles mentaux organiques et l'arriération mentale.

Dans le cadre du sous-projet 3.8.1 de l'Initiative Tchernobyl Franco-Allemande "*Base de données sur les troubles psychologiques chez les liquidateurs ukrainiens de la catastrophe de Tchernobyl*", l'étude transversale de la cohorte représentative des liquidateurs a été conduite selon le modèle normalisé d'entretien diagnostique psychiatrique structuré, (*CIDI, Composite International Diagnostic Interview*). Les résultats préliminaires (Romanenko *et al.*, 2004) ont révélé un double augmentation de la prévalence de troubles mentaux (36%) chez les liquidateurs, par comparaison avec l'ensemble de la population ukrainienne (20,5%). La prévalence de la dépression a considérablement augmenté chez les liquidateurs (24,5%), par comparaison avec la population générale ukrainienne (9,1%) (Demyttenaere *et al.*, 2004). Le système de données est ouvert à l'analyse. Toutefois, cette étude se limite à l'évaluation des troubles psychologiques sans troubles mentaux graves.

Le suicide a été la principale cause de décès chez les liquidateurs d'Estonie (Rahu *et al.*, 1997). En Lituanie, les taux de mortalité par suicide ajustés sur l'âge ont été plus élevés parmi les liquidateurs de Tchernobyl que dans l'ensemble de la population (Kesminiene *et al.*, 1997). Ces résultats doivent se reproduire dans les études sur les liquidateurs d'autres pays utilisant une méthodologie normalisée pour les suicides, pour éviter de possibles erreurs de classement les attribuant à autre cause de décès.

Le caractère progressif des troubles neuropsychiatriques somatiques et de la pathologie somatique est constaté chez les liquidateurs de 1986-1987, en particulier chez ceux qui ont travaillé pendant 3-5 ans dans la zone d'exclusion de Tchernobyl. La prévalence des troubles neuropsychiatriques parmi le personnel travaillant depuis 1986-1987 et irradié à des doses supérieures à 250 mSv est de 80,5%, alors que pour le même groupe, mais irradié à des doses inférieures à 250 mSv, elle est de 21,4% (p<0,001) (Nyagu *et al.*, 2003).

Depuis 1990, une augmentation du taux d'incidence de la schizophrénie chez les liquidateurs était de 5,4 pour 10 000, par comparaison avec 1,1 pour 10 000 dans l'ensemble de la population. Les risques relatifs sont de 2,4% entre 1986 et 1997, et de 3,4 % entre 1990 et 1997 : cela prouve que vivre ou travailler dans la zone d'exclusion Tchernobyl est associé à une incidence de 2,4 à 3,4 fois plus élevée que pour l'ensemble de la population. De plus, en comparant les membres du personnel avec l'ensemble de la population, une augmentation significative du pourcentage de schizophrénie, parmi toutes les psychoses, a été établie dans la zone d'exclusion de Tchernobyl. En outre, une forme clinique atypique de schizophrénie a été révélée parmi le personnel ayant travaillé de 1986 à 1987. Ces personnes irradiées à des doses modérées ou élevées (plus de 0,3 Sv) présentaient sensiblement plus d'altérations fronto-temporo-limbiques de l'hémisphère gauche et de syndromes schizophréniformes. L'hypothèse est que les rayonnements ionisants sont peut-être un facteur environnemental déclenchant, qui peut actualiser une prédisposition à la schizophrénie ou causer des troubles semblables à la schizophrénie (Loganovsky & Loganovskaya, 2000). La coopération et l'aide internationales pour discuter et organiser des études dans ce domaine est de première importance, à la fois pour la médecine clinique et les neurosciences (Loganovsky *et al.*, 2005).

Le syndrome de fatigue chronique (SFC) est l'une des plus importantes conséquences de catastrophe radio-écologique résultant de l'interaction entre différents facteurs de risques écologiques – faibles et très faibles doses, stress etc. 26% des liquidateurs exposés à des doses inférieures à 0,3 Sv ont répondu aux critères de diagnostic SFC (Loganovsky, 2000, 2003). La fréquence du SFC a diminué (de 65,5% en 1990-1995 à 10,5% en 1996-2001) et la fréquence du Syndrome métabolique X (SMX) a augmenté (de 15 à 48,2%). Le SFC et le SMX sont considérés comme les étapes de développement d'une autre pathologie neuropsychiatrique et organique (Kovalenko et Loganovsky, 2001). Le SFC peut être considéré comme une prédisposition induite par l'environnement et comme une trace de neurodégénérescence à venir, de déficience cognitive et de troubles neuropsychiatriques (Volovik *et al.*, 2005).

Conclusion

Les connaissances actuelles sur la santé mentale des liquidateurs permettent de conclure que:

- les troubles mentaux comptent pour un des problèmes médical et social majeurs chez les liquidateurs, 20 ans encore après la catastrophe de Tchernobyl ;
- l'intérêt général devrait mettre l'accent sur les soins de santé mentale des victimes à l'avenir, en cas d'accident radiologique ;
- les effets radiologiques cérébraux pourraient se produire à la suite d'une exposition à $>0,15-0,5$ Sv ;
- l'impact de l'accident de Tchernobyl sur la santé mentale des liquidateurs inclut :
 - les troubles psychologiques
 - les lésions organiques cérébrales
 - les suicides
 - le syndrome de fatigue chronique
 - les troubles du spectre schizophrénique
 - l'accélération du processus de vieillissement et la neurodégénérescence
 - le vieillissement prématuré
- il y a de grandes lacunes dans les preuves épidémiologiques concernant la santé mentale des liquidateurs, aussi bien que dans la connaissance des mécanismes biologiques des effets des faibles doses sur le cerveau ;
- on assiste ici à une déficience des soins de santé mentale et de la psycho-réhabilitation des liquidateurs.

Perspectives

Il faut accorder une priorité à la poursuite de nouvelles études épidémiologiques neuropsychiatriques rigoureuses concernant les survivants de l'accident de Tchernobyl. Une collaboration internationale pour organiser des études et des discussions collectives sur les troubles neuropsychiatriques, incluant les lésions organiques cérébrales, le syndrome de fatigue chronique, les troubles du spectre schizophrénique, les suicides et les comportements ou conduites suicidaires sont de grande importance, à la fois pour la médecine clinique et les neurosciences. De nouvelles études en radiologie clinique et expérimentale, en neurophysiologie, en sciences neurocomportementales, en neuro-imagerie, en neurochimie et en neuro-immunologie sont de la plus grande importance pour les risques de radiologiques dans l'évaluation cérébrale. Les efforts internationaux devraient être faits pour l'amélioration des soins de santé mentale et la psycho-réhabilitation des survivants de l'accident de Tchernobyl.

LOGANOVSKY, Konstantin N.

MD, PhD, Dr. Méd. Sci., Directeur du Département de Psychoneurologie radiologique, Institut de Radiologie clinique, Centre de Recherche en Médecine radiologique, Académie des Sciences médicales de l'Ukraine, 53 Melnikov str. 04050 Kiev, Ukraine, logan@rcrm.kiev.ua

Références

- Biryukov A., Gorsky A., Ivanoy S., Ivanov V., Maksiouyov M., Meskikh N., Pitkeyitch V., Rastopchin E., Souchkevitch G., Tsyb A. (2001) / Ed. by G. N. Souchkevitch, M. N. Repacholi. Low doses of ionizing radiation: health effects and assessment of radiation risks for emergency workers of the Chmobyil accident. Geneva: World Health Organization, 242 p.
- Buzunov V. A., Strapko N. P., Pirogova Ye. A., Krasnikova L. I., Kartushin G. I., Voychulene Yu. S.; Domashevskaya T. Ye. (2001) Epidemiology of non-cancer diseases among Chernobyl accident recovery operation workers. *International Journal of Radiation Medicine*, 3 (3-4): 9-25.
- Buzunov V. A., supervisor (2003) Pattern and Risks for Non-Cancer Chronic Diseases in Chernobyl Accident Survivors on the Base of Cohort Studies, Development of Models for Assessment and Forecasting taking into account Radiation and Non-Radiation Factors. Final Report, Research Project 0100U003181, Kiev. Scientific Centre for Radiation Medicine of Academy of Medical Sciences [in Ukrainian].
- Demyttenaere K., Bruffaerts R., Posada-Villa J., Gasquet I., Kovess V., Lepine J. P., Angermeyer M. C., Bcnerst S., de Girolamo G., Morosini P., Polidori G., Kikkawa T., Kawakami N., Ono Y., Takeshima T., Uda H., Karam E.G., Fayyad J. A., Karam A. N., Mneinneh Z. N., Medina-Mora M. E., Borges G., Lara C., de Graaf R., Ormel J., Gureje O., Shen Y., Huang Y., Zhang M., Alonso J., Haro J. M., Vilagut G., Bromet E. J., Gluzman S., Webb C., Kessler R. C., Merikangas K. R., Anthony J. C., Von Korff M. R., Wang P. S., Brugha T. S., Aguilar-Gaxiola S., Lee S., Heeringa S., Pennell B. E., Zaslavsky A. M., Ustun T. B., Chatterji S.; WHO World Mental Health Survey Consortium (2004) Prevalence, severity, and unmet need for treatment of mental disorders in the World Health Organization World Mental Health Surveys. *JAMA* 291 (21): 2581-2590.
- Fry R. J. (2001) Deterministic effects. *Health Phys.*, 80(4): 338-343
- Gourmelon P., Marquette C., Agay D., Mathieu J., Clarencon D. (2005) Involvement of the central nervous system in radiation-induced multi-organ dysfunction and/or failure. *BJR Suppl.* 27:62-68.
- Honda S., Shibata Y., Mine M., Imamura Y., Tagawa M., Nakane Y., Tomonaga M. (2002) Mental health conditions among atomic bomb survivors in Nagasaki. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 56: 575-583.
- Ivanov V. K., Maksiouyov M. A., Chekin Syu, Kruglova Z. G., Petrov A. V., Tsyb A. F. (2000) Radiation-epidemiological analysis of incidence of non-cancer diseases among the Chernobyl liquidators. *Health Physics* 78 (5): 495-501.
- Ivanov V. K., Maksiouyov M. A., Chekin Syu, Petrov A. V., Tsyb A. F., Biriukoy A. P., Kruglova Z. G., Matiash V. A. (2005) The radiation risks of cerebrovascular diseases among the liquidators. *Radiats Biol Radioecol*, 45 (3): 261-270 [in Russian].
- Kesminiene A. Z., Kurtinaitis J., Rimdeika G. (1997) The study of Chernobyl clean-up workers from Lithuania. *Acta Med., Lituanica* 2: 55-61.
- Kovalenko A. N., Loganovsky K. N. (2001) Whether Chronic Fatigue Syndrome and Metabolic Syndrome X in Chernobyl accident survivors are membrane pathology? *Ukrainian Medical Journal*, 6(26): 70-81 [in Russian].
- Kusunoki Y., Kyoizumi S., Yamaoka M., Kasagi F., Kodama K., Seyama T. (1999) Decreased proportion of CD4 T cells in the blood of atomic bomb survivors with myocardial infarction. *Radiat Res* 152 (5): 539-543.
- Loganovsky K. N. (2000) Vegetative-vascular dystonia and osteoalgetic syndrome or Chrome Fatigue Syndrome as a characteristic after-effect of radioecological disaster: the Chernobyl accident experience. *Journal of Chronic Fatigue Syndrome*, 7(3): 3-16.
- Loganovsky K. N. (2003) Psychophysiological features of somatosensory disorders in victims of the Chernobyl accident. *Fiziol Cheloveka* 29(1): 122-130.
- Loganovsky K. N., Loganovskaja T. K. (2000) Schizophrenia spectrum disorders in persons exposed to ionizing radiation as a result of the Chernobyl accident. *Schizophr Bull* 26:751-773.
- Loganovsky K. N., Volovik S. V., Manton K. G., Bazyka D. A., Flor-Henry P. (2005) Whether ionizing radiation is a risk factor for schizophrenia spectrum disorders? *World Journal of Biological Psychiatry*, 6 (4): (accepted).
- Nakane Y., Ohta Y. (1986) An example from the Japanese Register: some long-term consequences of the A-bomb for its survivors in Nagasaki. In: Ten Horn G.H.M.M., Giel R., Gulbinat W. H., Henderson J. H. (eds) *Psychiatric Case Registers in Public Health*. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, pp 26-27.
- Nyagu A. I., Loganovsky K. N., Chuprovskaya N. Yu., Kostychenko V. G., Vaschenko E. A., Yuryey K. L., Zazyrnko R. N., Loganovskaya T. K., Myschznchuk N. S. (2003): Nervous system. In: Vozianoy A., Bebesheko V., Bazyka D., editors. *Health Effects of Chernobyl Accident*. Kiev: DL\ pp 143-176.
- Preston D. L., Shimizu Y., Pierce D. A., Suyama A., Mabuchi K. (2003) Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. *Radiat. Res.* 160 (4): 381--407.
- Rahu M., Tekkel M., Veidebaum T., Pukkala T., Hakulinen A., Auvinen A., Rytomaa T., Inskip P. D., Boice J. D. Jr. (1997). The Estonian study of Chernobyl clean-up workers: II. Incidence of cancer and mortality. *Radiation Res*, 147, 653-657.
- Romanenko A. Y., Nyagu A. I., Loganovsky K. N., Tirmarche M., Gagniere B., Buzunov V. A., Ledoschuk R., Trocyuk N., Kartushin G. N., Khmelko V. Ye., Pamotto V. I., Zakhosha V. A., Yuryev K. L., Zdorenko L. L., Antipchuk Ye. Yu., Bornko M. A., Loganovskaya T. K., Petrova I. V. (2004) Data base on psychological disorders in the Ukrainian liquidators of the Chernobyl accident. In: Abstracts of International Workshop on "The French-German Initiative: Results and Their Implication for Man and Environment", October 5-6, 2004, Kiev, pp 56-57.

- Shimizu Y., Pierce D. A., Preston D. L., Mabuchi K. (1999) Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, part II. Noncancer mortality: 1950-1990. *Radiat. Res.* 152(4):374--389.
- Volovik S., Loganovsky K., Bazyka D. (2005) Chronic Fatigue Syndrome: molecular neuropsychiatric projections. Accepted Abstract XIII World Congress of Psychiatry Cairo, September 10-15, 2005 Egypt.
- Yamada M., Izumi S. (2002) Psychiatric sequelae in atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki two decades after the explosions. *Soc. Psychiatry Psychiatr. Epidemiol.* 37: 409-415
- Yamada M., Wong F.L., Fujiwara S., Akahoshi M., Suzuki G. (2004) Noncancer disease incidence in atomic bomb survivors, 1958-1998. *Radiat. Res.*, 161: 622-632.

RAYONNEMENTS IONISANTS ET HEMISPHERE GAUCHE: INCIDENCE ACCRUE DE LA SCHIZOPHRÉNIE ET DU SYNDROME DE FATIGUE CHRONIQUE CHEZ LES POPULATIONS EXPOSÉES A TCHERNOBYL, HIROSHIMA ET NAGASAKI.

Pierre FLOR-HENRY

L'Ambassade d'Ukraine à Paris a publié un dossier de presse le 25 avril 2005, indiquant que 3 500 000 personnes, dont un tiers étaient des enfants, avaient reçu de fortes doses après la catastrophe de Tchernobyl et qu'au 1^{er} janvier 2005, 2 646 106 citoyens ukrainiens étaient officiellement victimes de la catastrophe. En 2004, 94% des liquidateurs étaient malades, de même que 90% des gens évacués des régions contaminées et 85% des habitants des régions touchées par l'irradiation. Le rapport du Groupe d'experts de l'OMS au Forum de Tchernobyl, organisé par les Nations Unies le 31 août 2005, a conclu que "le plus grand problème de santé publique déclenché par l'accident est l'impact sur la santé mentale " qu'ils attribuent à un stress psychologique et social.

J'examinerai les éléments de preuve qui indiquent que l'irradiation a un impact direct sur le système nerveux central, affectant particulièrement l'hémisphère gauche. Tout d'abord, une irradiation de faible niveau, au niveau cellulaire, est beaucoup plus destructrice pour la membrane cellulaire qu'une irradiation de haut niveau – par un facteur de quelque 3.000. Cela explique l'augmentation de l'incidence de la schizophrénie et du syndrome de fatigue chronique observée chez les populations exposées à Tchernobyl, Hiroshima et Nagasaki. Après l'exposition aux rayonnements, des changements anormaux dans les EEG ont été rapportés en France, en Ukraine, en Russie et au Japon. Également un excès de l'épilepsie, du retard intellectuel, et des troubles neuropsychiatriques ont été constatés par les chercheurs russes et ukrainiens. En outre, les enfants irradiés *in utero* au cours des 4e - 5e mois de la gestation présentent des changements dans l'EEG au niveau de l'hémisphère gauche, et un QI verbal réduit à l'âge de onze ans. Fait intéressant : l'irradiation à faibles doses dans la petite enfance pour le traitement de l'hémangiome cutané et de la teigne (*tinea capitis*) conduit, à la fin de l'adolescence, à un déficit de la verbalisation et non des fonctions cognitives spatiales ; elle s'accompagne, quinze à vingt ans plus tard, d'une augmentation de la psychose, des troubles de la personnalité, du retard mental et de l'épilepsie. Qui plus est, le "Syndrome de la Guerre du Golfe", dont souffrent les soldats exposés aux particules d'uranium appauvri de la première Guerre du Golfe, a une symptomatologie similaire à celle observée dans les syndromes de fatigue chronique/fibromyalgie avec changements neuronaux dans le ganglion gauche de la base.

Pour conclure, les éléments de preuve suggèrent non seulement que l'irradiation perturbe directement le système nerveux central, mais que l'irradiation à faible niveau provoque paradoxalement le plus de dommages. Le modèle de stress psychologique, psychosomatique et social que l'OMS insiste à présenter comme la cause de la morbidité croissante et généralisée dans les populations exposées aux radiations est en fait essentiellement le résultat de troubles neuropsychiatriques radio-induits. Ainsi s'explique l'incidence accrue des syndromes de fatigue chronique et des troubles schizophréniformes par la disruption des systèmes de l'hémisphère gauche cortico- limbique. L'étrange vulnérabilité de l'hémisphère gauche aux rayonnements ionisants fera l'objet de la discussion.

Contexte et données personnelles

Le Prof. Pierre Flor-Henry est français d'origine. Il est spécialisé en neuropsychiatrie en Grande-Bretagne, directeur d'une clinique psychiatrique pour adultes et directeur du Centre de recherche et de diagnostic clinique à l'Hôpital Alberta, Edmonton (Canada).

Le Dr Flor-Henry concentre ses recherches scientifiques sur les profils neuropsychiatriques cliniques que peuvent présenter des personnes ayant été exposées aux rayonnements radioactifs. Les avis des experts sont plutôt controversés. Certains scientifiques attribuent maladies neuropsychiatriques à un stress non spécifique chez les personnes exposées aux radiations de Tchernobyl. D'autres, toutefois, constatent des changements organiques cérébraux parmi les personnes affectées depuis de nombreuses années, ce qui peut être objectivé par EEG (électroencéphalogramme). Les psychiatres comme Zhavoronkova à Moscou ou Loganovsky à Kiev ont observé une augmentation des syndromes cliniques comme la schizophrénie et la fatigue chronique, qu'on trouve en pourcentage élevé chez les décontamineurs irradiés, avec des profils cliniques de dépression (pouvant entraîner le suicide). Ces maladies du système nerveux central (SNC), qui contribuent principalement à l'invalidité des liquidateurs de Tchernobyl, vont de pair avec des changements cérébro-organiques, principalement observés dans l'hémisphère gauche du cerveau (chez les droitiers). Les syndromes se manifestent en outre dans le phénomène de vieillissement prématuré : des études montrent que ces profils neurologiques cliniques apparaissent même plus tôt et à un degré d'autant plus sévère que la personne est jeune au moment de l'irradiation.

Les syndromes cliniques similaires, qui sont accompagnés de changements dans l'EEG de l'hémisphère cérébral gauche, sont également observés chez les décontamineurs qui souffrent de syndrome rayonnement aiguë. Le Dr Flor-Henry s'étonne que ces maladies psychiatriques ou changements dans l'EEG n'aient pas été constatées parmi les vétérans russes de la guerre perdue en Afghanistan.

Les nouvelles technologies comme la tomographie par résonance magnétique (TRM), l'EEG et la tomographie par émission de positon (TEP) permettent d'établir que les changements cérébraux chez les décontamineurs de Tchernobyl et les vétérans de la première Guerre du Golfe ou de la guerre en Bosnie sont très similaires.

Tout récemment, des symptômes précédemment non identifiés parmi les vétérans de la Guerre du Golfe ont été juridiquement reconnus aux États-Unis comme une entité pathologique. Les guerres modernes se caractérisent par leur utilisation massive de projectiles contenant 99% d'Uranium-238, appelé uranium appauvri (UA). De grandes quantités d'oxyde d'Uranium-238 sont donc libérées dans l'air par détonation, qui, tout comme la poussière, peuvent s'infiltrer dans l'organisme par inhalation et endommager les alvéoles pulmonaires. Il en résulte une irradiation chronique du tissu cellulaire, et qui peut être faible mais continuelle. Le Dr Flor-Henry a établi que les victimes exposées à l'Uranium-238 développent des syndromes neuropsychiatriques similaires à ceux des survivants de la bombe atomique au Japon en 1945.

Le Dr Flor-Henry examine les connexions entre les maladies neurologiques et la localisation anatomique des changements cérébro-organiques. En particulier, il étudie le problème de la dégénérescence de l'hémisphère gauche, due à la contamination de l'organisme par irradiation externe ou incorporation de radionucléides (comme, par exemple les micro ou nanoparticules dérivées de l'uranium et du plutonium) via les voies aériennes. L'affinité entre les maladies des décontamineurs à Tchernobyl et celles des victimes exposées à l'Uranium-238 doit être associée à l'irradiation chronique, dans la fourchette des faibles doses.

Un tribunal de Grande-Bretagne a reconnu l'existence de Syndrome de la Guerre du Golfe en 2005, qui évolue considérablement vers d'autres maladies du fait de son profil clinique. La France a admis que les victimes (les anciens combattants qui ont été exposés aux essais nucléaires) n'ont pas à prouver que leurs maladies ont été causés par les radiations radioactives ; et de plus, il est de "la tâche de l'Etat d'accepter la invalides après les essais nucléaires".

FLOR-HENRY, Pierre

M.B., Ch.B., M.D. (Edin), Acad.D.PM. (LondL.), F.R.C.Psych., C.S.PQ. (Psych), Directeur de Clinique psychiatrique générale, Directeur du Centre de recherche et de diagnostics cliniques, Professeur à l'Université d'Alberta, Box 307, Edmonton, AB.T5J 2J7, Canada. pierreflorhenry@cha.ab.ca

ÉVALUATION DES RISQUES DE DÉVELOPPEMENT DES MALADIES OPHTALMIQUES CHEZ LES POPULATIONS EXPOSEES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

Pavlo FEDIRKO

Mots-clés : rayonnements ionisants* catastrophe de Tchernobyl* cataracte* dégénérescence maculaire* angiopathie

Nous avons effectué plusieurs recherches sur l'influence des rayonnements ionisants sur l'organe visuel. Les données que nous présentons dans ce rapport sont le résultat de nos recherches, basées sur projet RCE (registre clinique et épidémiologique). Un examen ophtalmologique a été mené auprès de 14 731 liquidateurs (décontamineurs).

Depuis 1991, un suivi d'examen ophtalmologique renouvelé a été effectué dans une cohorte de 5 195 décontamineurs. 1 122 d'entre eux avaient reçu une dose de rayonnement de 0,05 à 0,25 Gy. Une sous-cohorte de décontamineurs présentant une dose de rayonnement inférieure à 0,05 Gy a été prise comme groupe contrôle interne. Un groupe supplémentaire de personnes non irradiées a été choisi comme groupe contrôle externe (288 personnes).

Dans l'analyse statistique, les paramètres comme le risque, l'intervalle de confiance, et les paramètres de statistique descriptive comme la moyenne, la dispersion, l'écart-type, l'erreur-type ont été évalués. La morbidité et la prévalence, les risques absolus et relatifs de maladies oculaires, pour diverses doses de radiation et groupes d'âge, ont été analysées. Des modèles de risques absolus et relatifs ont été développés pour les résultats les plus fréquents. Les particularités cliniques des maladies des yeux et de la fonction visuelle ont été étudiées chez les sujets présentant différentes doses de radiation.

Il a été démontré que les degrés de morbidité ophtalmique et de prévalence des maladies de l'œil, dans les groupes de décontamineurs observés, dépassent les niveaux relevés dans le groupe contrôle. La prévalence des maladies des yeux dans les groupes de décontamineurs a été évaluée à 950 ± 45 pour 1 000 en 1992, et à $4 259 \pm 296$ personnes en 2004 ($1 413 \pm 45$ pour 1000 dans le groupe contrôle). Les examens d'ophtalmopathologie montrent une augmentation des maladies du cristallin et de la rétine, ainsi que des pathologies vasculaire oculaires avec des changements dose-dépendants de rayonnement statistiquement significatifs, y compris la cataracte involutive, la dégénérescence maculaire et l'angiosclérose de la rétine, la conjonctivite et la destruction chronique du corps vitreux.

Des troubles de la microcirculation ont été constatés dans la majorité des cas étudiés. Nous avons remarqué une forte prévalence d'angiopathies rétinienne, avec une augmentation de 315 ± 14 pour 1 000 en 1993, et de 911 ± 19 pour 1 000 en 2004. En outre, nous avons observé un développement précoce de sclérose des vaisseaux rétinienne.

La dégénérescence chorioretinienne centrale, présentant des symptômes cliniques d'une dégénérescence maculaire principalement liée au vieillissement, a été la forme de pathologie rétinienne la plus fréquemment constatée dans la période considérée : 136 ± 10 pour 1 000 sujets en 1993, et 585 ± 23 pour 1 000 sujets en 2004.

L'irradiation de la cataracte a été étudiée en sus, par la méthode d'analyse de cas témoins. L'irradiation de la cataracte a été diagnostiquée chez 114 décontamineurs, avec des doses d'irradiation variant de 0,02 à 2 Gy. Le modèle adéquate de l'irradiation de la cataracte est le non-seuil, et comprend des facteurs tels que la dose de radiation absorbée et l'heure suivant l'exposition. La cataracte involutive est la forme la plus fréquente de cette pathologie. Sa prévalence (pour 1 000 personnes) au cours de la période d'observation a augmenté de 294 ± 32 en 1993, à 766 ± 35 en 2004.

Le résultat de la modélisation mathématique des risques pour les résultats pathologiques les plus répandus ont permis de démontrer que les risques de cataracte involutive, de dégénérescence maculaire et d'angiopathie rétinienne dépendent de l'âge, de la dose d'irradiation externe, et du laps de temps suivant l'exposition.

Les risques de développement des effets de l'irradiation se sont révélés être plus élevés chez les jeunes que chez les sujets d'âge mûr.

Nous avons constaté que l'effet des rayonnements ionisants a été la cause de détérioration de la fonction visuelle, avant même l'apparition des symptômes pathologiques cliniques. L'irradiation a exercé une influence négative sur l'activité électro-biologique de la rétine et du nerf optique. Une détérioration dose-dépendante de la capacité d'accommodation de l'œil a été démontrée chez les personnes irradiées.

FEDIRKO, Pavlo

MD, PhD, Dr. med. Sci., Doyen de l'Institut d'Hygiène des rayonnements et d'Epidémiologie, Centre de Recherche pour la Médecine radiologique, Académie des Sciences médicales de l'Ukraine, 53. Melnikov str. 04050 Kiev, Ukraine, eye-rad@ukr.net

INCIDENCE DES TUMEURS MALIGNES CHEZ LES LIQUIDATEURS DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL EN REPUBLIQUE DU BELARUS

A.E. OKEANOV, K.A. SOSNOVSKAYA

Rappel

Il est reconnu que les effets cancérogènes somatiques de la bombe A au Japon (la leucémie et le cancer de la thyroïde exceptés) sont apparus 12 à 20 ans après une seule irradiation externe, de courte durée mais à haute dose [1]. Mais dans le cas de la catastrophe de Tchernobyl, nous sommes confrontés à une situation fondamentalement différente, où l'accumulation de dose permanente a lieu sur une longue période de temps et où l'irradiation externe et interne sont associées. Dans ces conditions, les effets cancérogènes dus à une irradiation chronique peuvent être plus élevés que ceux prévus par les modèles radio-biologiques. Sur l'ensemble de la population, les groupes les plus touchés sont ceux qui ont participé à l'opération de nettoyage de la centrale nucléaire de Tchernobyl.

Méthodes

Concernant la base de cette étude, les données informatisées de 94 798 liquidateurs de la période de 1993-2003 ont été reliées à la banque de données du Registre biélorusse des Cancers. La normalisation des paramètres d'incidence dans les groupes de liquidateurs a été faite en utilisant le taux normalisé par âge tronqué (TASR) pour les sujets âgés de 20 à 85 ans et plus, et également par la méthode directe (norme internationale). La population de la région de Vitebsk (qui a été moins soumise à la radio contamination après la catastrophe de Tchernobyl) a été prise comme groupe contrôle. Pour l'analyse de l'incidence du cancer dans le groupe contrôle des populations réinstallées, les populations évacuées et les travailleurs ont été exclus de l'étude.

Résultats

Il a été démontré dans notre pays [2] pour la période 1993-1996 (lorsque la période de latence entre la explosion de Tchernobyl et l'apparition de cancers ne dépassait pas 10 ans) qu'aucun cancer, toutes localisations confondues (sauf thyroïde), n'affichait d'excédent statistiquement significatif du risque relatif. Toutefois, depuis 1997, une augmentation significative du risque relatif de tumeurs malignes pour certaines localisations (côlon, tractus urinaire) a été observée, comparée avec l'incidence relevée dans la région de Vitebsk.

Pour toute la période de 1993-2003, l'augmentation de l'incidence (indices de régression) de tumeurs malignes chez les liquidateurs était significativement plus élevée que dans la population du groupe contrôle. Durant la période de 1997-2003, le risque relatif a dépassé la valeur 1 pour les tumeurs malignes toutes localisations confondues dans le groupe des liquidateurs, par comparaison avec la population de la région de Vitebsk. Le risque relatif [intervalle de confiance : 95%] était de 1,23 [1,18 - 1,27] pour les tumeurs toutes localisations confondues ; de 1,15 [1,02 - 1,29] pour le cancer gastrique ; de 1,33 [1,11 - 1,59] pour le cancer du côlon ; de 1,26 [1,14 - 1,39] pour le cancer du poumon, de 1,24 [1,05 - 1,47] pour le cancer du rein ; de 1,65 [1,37 - 1,98] pour le cancer de la vessie, et de 2,62 [2,23 - 3,07] pour le cancer de la thyroïde.

Il est remarquable que les données affichent une tendance stable pour une augmentation du risque relatif des tumeurs de l'estomac et du poumon, alors que les taux d'incidence de ces tumeurs avaient tendance à diminuer dans la population du groupe contrôle de la région de Vitebsk au cours de la période d'étude. Il faut noter que c'est dans le groupe de liquidateurs relativement jeunes (moins de 50 ans), que l'analyse de répartition par âge de l'incidence des tumeurs révèle l'augmentation la plus marquée d'incidence du cancer.

Conclusion

Ces données sont extrêmement importantes, puisqu'elles apportent la preuve statistiquement significative d'une augmentation de l'incidence du cancer parmi les liquidateurs, déjà après une période de latence de 10-15 ans suivant l'exposition à la radioactivité de l'explosion de Tchernobyl.

Références

- Effects of A-bomb radiation on the human body. Tokyo, Harwood Academic Publishers, Bankodo Ltd, pp. 419, 1995.
- Okeanov A. E., Sosnovskaya E.Y., Priatkina O.P., A national cancer registry to assess trends after the Chemobyl accident//Swiss. Med. Wkly, 2004; 134: 645-649, www.smw.ch

OKEANOV, A. E.

Prof. Dr. méd., Université Internationale Sakharov de l'Environnement, Minsk, 23, Dolgobrodskaya str., 22009 Minsk, Bélarus, okeanov@iseu.by

MALADIES CARDIOVASCULAIRES CHEZ LES LIQUIDATEURS ET LES POPULATIONS DU BÉLARUS

Dimitri LAZYUK, V. GAIDUK, M. PETROVSKAYA, V. CHAIKOVSKI, T. KRUSHEVSKAYA, E. KONSTANTINOVA, S. PASHKEVICH, L. NIZOVCOVA, I. SIDORENKO

Parmi les personnes ayant participé à la liquidation des conséquences de la catastrophe de Tchernobyl (Liquidateurs: L) – les maladies cardiovasculaires (MCV) constituent la première cause d'invalidité (41-43%). En outre, elles occupent la deuxième place (20,3%) parmi les maladies pour lesquelles l'influence de la catastrophe de Tchernobyl est une des raisons confirmée. Les MCV sont poly-étiologiques : il est difficile de caractériser une des causes de la maladie comme cause principale ou d'exclure certains des effets supplémentaires autres que les faibles doses de rayonnement ionisants.

Le laboratoire de l'Unité de cardiologie pour les irradiés est situé à l'extérieur du Centre national des Sciences Pratiques en Cardiologie, créé en 1993. L'appui financier a cessé en 2002 et l'unité a été supprimée deux ans plus tard. L'objectif de l'unité était d'étudier les MCV chez les résidents de la zone Tchernobyl et de la population d'environ 6.000 liquidateurs, habitant à Minsk, (6 217 en 2002, le recensement annuel variant de 5 847 à 5 945 liquidateurs). Les groupes ont été comparés avec l'ensemble de la population du Bélarus. L'évolution du taux de mortalité par MDV entre 1989 et 2000 dans différentes régions du Bélarus et parmi les L est indiquée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Évolution des taux de mortalité par maladie cardiovasculaire (MCV) entre 1989 et 2000 dans la population de différentes régions du Bélarus et chez les liquidateurs

	Années	Mortalité par MCV pour 100 000	Augmentation annuelle
Bélarus AA	1989 – 1991	340 – 341	+ 0,1%
	1992 – 1997	341 – 403	+ 3,0%
	1998 - 2000	413 - 414	+ 0,1%
Liquidateurs AA WA	1992 - 1997	55 – 128	+ 22,1%**
		33 - 60	+ 13,7%*

AA – Tous âges confondus; WA – En âge de travailler (hommes <60 ans, femmes <55 ans) ;

** valeur P dans d'autres groupes <0,01; * valeur P dans d'autres groupes <0,05.

Au sein de la cohorte liquidateurs de Minsk, l'augmentation annuelle du taux de mortalité par MCV en 1992-1997 était de 22,1%. C'est plus élevé que la moyenne pour le Bélarus (augmentation annuelle de 3%). Parmi la population active des liquidateurs pendant la période 1992-1997, le taux de mortalité par MCV a augmenté de 83,0% et reste beaucoup plus élevé que l'augmentation enregistrée au Bélarus (17,6%). Le faible nombre de cas constatés dans la cohorte des liquidateurs limite la portée de cette observation, mais les différences restent élevées. Pour spécifier l'état du système cardiovasculaire (SCV) ainsi que le taux de facteurs de risque et certaines caractéristiques des MCV, on a procédé à un examen suivi du groupe des liquidateurs. Dans le groupe des liquidateurs habitant à Minsk en 1996-1998, 620 liquidateurs ont été invités pour examen à l'unité de soins. Le nombre de liquidateurs qui s'y sont rendus a été de 254, le taux de réponse étant donc de 41%. En 1999-2001, ces 254 liquidateurs ont été invités pour un deuxième examen et 126 d'entre eux sont venus, les taux de réponse étant donc de 49,6 %. Les résultats chez les liquidateurs ont été comparés avec les données recueillies auprès de 84 personnes qui vivaient dans Minsk, mais qui n'ont pas pris part aux travaux dans des zones contaminées (groupe témoin).

Le Tableau 2 affiche la répartition des liquidateurs selon la MCV.

Tableau 2 : Distribution des maladies cardiovasculaires (MCV) parmi 254 liquidateurs

Maladies cardiovasculaires	Nombre de patients
Cardiopathies ischémiques (toutes les formes)	76
Hypertension artérielle	72
Troubles fonctionnels (asthénie neurocirculatoire)	51
Autres maladies cardiovasculaires	21
Liquidateurs sans MCV	34

Nous reconnaissons les limites de cette étude: l'incidence des maladies cardiovasculaires dans le groupe de 254 liquidateurs est assez élevée, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que l'invitation venait du Centre National de Cardiologie, et que la plupart des participants s'étaient attendus à un examen du système cardiovasculaire, en vue d'une probable MCV. Chaque participant a été examiné par des médecins, le problème des douleurs thoraciques a été évalué à partir du Questionnaire de G. Rose sur l'angine de poitrine, la mesure de pression artérielle (BP), l'inventaire d'anxiété trait-état selon Spilberger, l'électrocardiogramme sur 12 pistes, l'analyse du spectre des lipides dans le sang, l'échocardiogramme (M-mode, B-mode, PW,CW doppler), l'examen de la microcirculation par microscopie de la conjonctive bulbaire, l'inventaire du stress selon Reeder. Dans le groupe total de 254 liquidateurs en 1996 (tous masculins, âgés de 25 à 74 ans), ont été étudiés le taux d'incidence des facteurs de risque, le niveau de stress d'après l'inventaire Horowitz IES-R (*Impact of Event Scale Revised*: échelle révisée des répercussions de l'événement), les hormones, la glande thyroïde. Le Tableau 3 affiche les maladies cardiovasculaires et la répartition des facteurs de risque parmi 96 liquidateurs.

Tableau 3 : La distribution des CVD et facteurs de risque parmi 96 liquidateurs

<u>Maladies cardiovasculaires</u>	<u>Nombre de patients (%)</u>
Cardiopathies ischémiques (toutes les formes)	20 (20,83)
Hypertension artérielle	22 (22,92)
Troubles fonctionnels (ou asthénie neurocirculatoire)	27 (28,15)
Liquidateurs sans CVD	27 (28,15)
<u>Facteurs de risque</u>	
Fumeurs	44 (45,83)
Haute pression artérielle >140/90 mmHG	35 (36,45)
Poids corporel >20% Kettle	9 (9,36)
Taux de cholestérol total sanguin >5,2 mmol/l	65 (65,70)
Triglycérides >2,8 mmol/l	30 (31,25)

Dans le groupe des liquidateurs, l'incidence élevée du taux de cholestérol total (67,70%; $P < 0,01$) était supérieure à celle de la population non-sélectionnée à Minsk (32,0%) (I. Kozlow, 1996), et l'incidence de poids était plus faible (9,39%) que celle de la population (23%). L'incidence d'autres facteurs de risque est la même que dans la population.

Les résultats des échocardiogrammes enregistrés chez 114 liquidateurs en 1996 montraient un niveau plus élevé de pression artérielle moyenne (PAM) dans l'artère pulmonaire (43,80 mm Hg) chez un sous-groupe de liquidateurs présentant une hypertension artérielle (AH), par comparaison avec le contrôle groupe (27,6 mmHg; $P < 0,01$). Contrôlée une nouvelle fois en 2001, la pression artérielle moyenne (PAM) dans le sous-groupe de liquidateurs avec hypertension artérielle (AH) avait diminué (22,44 mmHg) et était inférieure à celle du groupe contrôle (28,00 mmHg).

L'étude de microcirculation chez les liquidateurs affiche certains types de troubles comme les phénomènes d'encrassement, les micro-thromboses, la diminution du nombre de capillaires en état de fonctionnement dans 92,2% des liquidateurs présentant une cardiopathie ischémique (IHD) et une AH. Chez 60,9% des liquidateurs sans MCV, certains troubles de microcirculation ont été observés (comparés à 33,0% dans le groupe contrôle); et des troubles sévères comme l'encrassement, les micro-thromboses des veinules et des capillaires ont été constatés chez 26 % des liquidateurs, alors qu'on ne relève rien de tel dans le groupe contrôle.

Les résultats de l'inventaire d'anxiété selon Spilberger montrent que parmi les liquidateurs examinés en 1996-1997, le niveau d'anxiété situationnelle (AS) était plus élevé (49,4) et le niveau d'anxiété personnelle (AP) plus faible (42,1) dans les sous-groupes de liquidateurs avec MCV, que dans le groupe de contrôle avec MCV (AS: 38,0 ; AP: 58,5). Au cours de l'examen réalisé 5 ans plus tard (2001) parmi les liquidateurs avec MCV, les niveaux d'AS (46,6) et d'AP (47,8) sont sensiblement les mêmes que dans le groupe contrôle (AS: 47,3 ; AP: 46,0).

Pour résumer, les résultats de l'étude montrent que, parmi les liquidateurs et les populations vivant dans les régions contaminées, le taux de mortalité annuelle par MCVD a augmenté. Nous avons observé un niveau de cholestérol global sanguin plus élevé chez les liquidateurs que dans la population. En outre, nous avons observé plus souvent des troubles profonds de microcirculation (même chez les liquidateurs sans MCV), certains changements de la pression artérielle moyenne (PAM) dans l'artère pulmonaire, et des niveaux de stress psychologique qui se normalisent après 10 ans.

LAZYUK, Dimitri

Prof. Dr. méd., Centre biélorusse des Sciences Pratiques en Cardiologie, Directeur de Recherche. Laboratoire de Pathologie clinique de la Circulation, 110, R. Luxemburg 220036 Minsk, Bélarus.

RAYONNEMENTS IONISANTS ET VIEILLISSEMENT PREMATURE

Elena B. BURLAKOVA

En 1987-1998, les chercheurs de l'Institut "Emanuel" de Physique biochimique, de l'Académie russe des Sciences, ont conduit une série d'études sur l'effet des faibles doses de faible niveau de radiation sur les paramètres biophysiques et biochimiques de la génétique, et de l'appareil membranaire de cellules d'organes d'animaux exposés.

Nous avons étudié les caractéristiques structurales du génome par la méthode de liaison à l'ADN sur filtres de nitrocellulose. Les paramètres structuraux des membranes nucléaires microsomale, mitochondriale et plasmique (synaptique et érythrocytaire) ont été étudiées par la méthode des sondes de *spin* localisées dans diverses couches de membranes. Nous avons également étudié la composition des lipides membranaires, le degré d'oxydation des membranes, l'activité fonctionnelle des cellules – l'activité des enzymes, la relation entre les formes d'isoenzymes, et les propriétés de régulation, ainsi que l'effet de l'irradiation sur la sensibilité des cellules et des biopolymères, et l'action subséquente de différents facteurs nocifs, les irradiations aux fortes doses y compris.

Les animaux ont été exposés aux radiations γ du Cs-137, à des débits de dose de $41,6 \times 10^{-3}$, de $4,16 \times 10^{-3}$ et de $0,416 \times 10^{-3}$ mGy/min. Les doses d'irradiation variaient de 6×10^{-4} à 1,2 Gy.

Les conclusions suivantes ont été tirées des études réalisées :

1. La dépendance dose-effet est non-monotone, non linéaire, et à caractère polymodal.
2. Les doses, pour lesquelles on observe les extrêmes, sont liées à un débit de dose (intensité) de l'irradiation.
3. L'exposition à de faibles doses peut provoquer des changements (principalement en augmentation) dans la sensibilité à l'action de facteurs nocifs.
4. Les résultats d'une irradiation dépendent des paramètres initiaux des bio-objets.
5. Dans une échelle de doses donnée, un faible niveau d'irradiation est plus efficace qu'un niveau aigu.

Nous expliquons le caractère non-linéaire et non-monotone de la dépendance dose-effet que nous avons découvert dans nos expériences en termes de concepts concernant les changements dans la relation entre les dommages, d'une part, et la réparation des dommages, d'autre part, comme un résultat d'irradiation de faible niveau. Dans ce cas, les systèmes réparateurs peuvent ne pas être impliqués du tout ou peuvent fonctionner moins intensivement et être enclenchés plus tard, après le dommage radiologique subi par l'objet irradié.

Nous estimons important d'examiner les réactions de radicaux libres qui se développent dans les organes et les tissus d'un organisme vivant après irradiation, les changements subséquents dans la structure et les propriétés des membranes, l'activité des enzymes anti-oxydantes et régulatrices, et les concentrations d'antioxydants. Nous avons montré que les organismes animaux et humains présentent des tendances similaires dans la modification de réactions de radicaux libres radio-induits. Ce sont : une diminution du niveau d'antioxydants (tocophérol, vitamine A, et céruloplasmine), une augmentation de la concentration de produits de réaction des radicaux libres, un renforcement du niveau des radicaux libres, une plus grande rigidité de la membrane, une rupture dans la corrélation entre l'oxydabilité et l'activité AO (alcool-oxydase), et la fluidité des composants lipidiques et protéiques.

Nous avons étudié les érythrocytes et le plasma sanguin de liquidateurs de différents âges qui ont reçu des doses d'irradiation de 0,1 à 150 cSv à différents moments après l'accident.

Une partie des liquidateurs ont reçu des vitamines antioxydantes en cure thérapeutique pendant un mois et ont été réexaminés. Il a été montré que 80% des paramètres mesurés concernant l'activité AO (alcool-oxydase) et des indices immunologique avaient été normalisés après la thérapie antioxydante.

Toutefois, certaines personnes ont été insensibles à la thérapie. Il était important d'examiner les liquidateurs de différents âges quant à leurs réactions aux doses de radiation reçues. À cet effet, l'activité des enzymes antioxydantes a été étudiée. Nous avons déterminé l'activité âge-dépendante des enzymes-clés antioxydantes du sang (superoxydismutase, glutathionperoxydase, et glutathionréductase) de 104 hommes et femmes de 25 à 60 ans – des participants à la liquidation des conséquences de la catastrophe de Tchernobyl, 6 ans après l'accident. Les groupes de contrôle étaient constitués de 35 hommes et femmes de la même tranche d'âge.

La chaîne de système antioxydant la plus sensible chez les liquidateurs à l'action des faibles doses de rayonnement était des enzymes du cycle glutathion. Les changements de toutes les chaînes du système antioxydant chez les

liquidateurs favorisent la formation de l'état pro-oxydant dans l'organisme. Selon les données du Registre de la Fédération de Russie et l'évaluation des doses par le pourcentage d'aberrations chromosomiques dans les lymphocytes, la dose moyenne reçue par les liquidateurs en 1986 est de 15-16 cGy. Selon nos données, les doses d'irradiation supérieures à cette valeur moyenne produisent un effet délétère prolongé sur le système antioxydant. Ainsi, comme il a été mentionné précédemment, une baisse de l'activité SOD (superoxyde dismutase) et GP (glutathion peroxydase) chez les liquidateurs d'âge mûr et une baisse significative de l'activité GP chez les liquidateurs de plus de 55 ans a été constatée pour toutes les doses d'irradiation étudiées.

Précédemment, nous avons montré qu'une diminution de la relation d'activités SOD /GP et un faible niveau d'activité GP sont caractéristiques de changements prénéoplasiques dans le métabolisme cellulaire. Ces deux indices ont été constatés chez les liquidateurs plus âgés.

Les résultats obtenus dans ce travail concernant les effets différés des faibles doses de faible niveau d'irradiation sur le système antioxydant protecteur chez ces sujets, montrent que le groupe de la population le plus sensible est, avec celui des enfants, celui des jeunes de moins de 30 ans ; les sujets d'âge mûr sont les plus résistantes à l'irradiation. Ce dernier fait devrait être pris en compte pour déterminer les groupes de personnes exposées au plus haut risque, dans leur travail à proximité de sources d'irradiation chronique de faible niveau.

Concernant l'irradiation des jeunes, une irradiation de faible niveau avec de faibles doses provoque un déséquilibre dans le système antioxydant, qui est caractéristique d'un organisme vieillissant. La présentation apportera des données supplémentaires obtenues par les radiobiologistes russes sur l'état de santé des liquidateurs; une comparaison sera faite entre les changements de paramètres biophysiques et biochimiques associés au vieillissement et à l'action de l'irradiation de faible niveau.

BURLAKOVA, Elena

Prof., Présidente du Conseil de Radiobiologie, Académie russe des Sciences, Directrice adjointe de l'Institut de Physicochimie, 4, Kosygina str. ro, 513, 119991 Moscou, Russie, radbio@skychph.ras.ru

PROBLEMES SANITAIRES CHEZ LES ENFANTS DES LIQUIDATEURS

Nika A. GRES, E. I. SLOBOZHANINA, S. V. BASYLCHIK, S. A. LAPTENOK

Au Département de Pédiatrie de la Clinique de l'Institut de Médecine des Radiations, 58 enfants (groupe principal), nés en 1987 de personnes ayant participé à la "liquidation" des conséquences de la catastrophe de Tchernobyl en 1986, ont fait l'objet d'examen cliniques, d'examen de laboratoire et d'analyse instrumentale. La dose moyenne d'exposition externe chez les liquidateurs était estimée à 12,5 cSv. L'âge des enfants au moment de l'examen était de 10-11 ans (27 garçons et 31 filles). Le groupe contrôle était formé de 57 enfants âgés de 10 à 11 ans (34 garçons et 23 filles) nés en 1987 dans la ville de Minsk, de parents n'ayant pas été liquidateurs.

Le programme d'examen comprenait : l'observation par le pédiatre, le psycho-neurologue, l'endocrinologue, le dentiste, l'oculiste ; les analyses de sang et d'urines ; l'examen échographique de la glande thyroïde et de la cavité abdominale ; la fibrogastroduodéoscopie.

Les paramètres de fluorescence primaire (intrinsèque) et secondaire (par marquage) des membranes d'érythrocytes ont été mesurés au moyen du spectrofluorimètre "Jobin Yvon" (France). Les membranes d'érythrocytes ont été isolées selon une méthode de Dodge *et al.*

La peroxydation lipidique a été évaluée en mesurant les produits de réaction à l'acide thiobarbiturique (concentration en MDA – malonyldialdéhyde) dans le plasma sanguin. La fonction du système antioxydant (AOS) a été constatée dans les érythrocytes par l'activité des enzymes : la superoxyde dismutase (SOD), la catalase, la glutathion réductase (GR), la glutathion peroxydase (GP).

Le traitement statistique a été effectué en utilisant le test des signes, le test-U, le test de T, le coefficient de corrélation de Spirman.

L'évaluation des indices de développement physique des enfants du groupe principal (n=100) et du groupe contrôle (n=108) n'a pas révélé de différences significatives. Le nombre d'enfants présentant des valeurs faibles (39% et 37,85%, respectivement) et inférieures à la moyenne (26% et 24,8%, respectivement) sur l'indice de développement physique a prévalu dans les deux groupes. La valeur moyenne de cet indice a été observée chez 15% des enfants de liquidateurs et chez 23,1% des enfants du groupe contrôle.

La pathologie chronique dans la partie supérieure du tube digestif était prévalente dans la structure de la morbidité. Elle représentait jusqu'à 95% dans le groupe principal et 66,7% dans le groupe contrôle. Des foyers chroniques d'infection et le syndrome de dysfonctionnement végétatif ont été observés dans le groupe principal (32,7% et 21,8%, respectivement) aussi souvent que dans le groupe contrôle (respectivement 28,9% et 17,6%). Les troubles endocriniens ont été enregistrés sous la forme de goitres euthyroïdiens du 1er et 2ème degré, sans différences significatives dans le 1/3 des enfants observés.

Une morbidité plus forte des troubles psychiques s'est révélée chez les enfants de liquidateurs, par rapport au groupe contrôle (67,1% comparé à 30,9 % dans le groupe contrôle, $p < 0,001$). La raison en est le nombre considérable de troubles névrotiques (35,4% dans le groupe principal, comparé à 14,5% dans le groupe contrôle, $p < 0,001$), et de perturbations similaires (22% dans le groupe principal, comparé à 7,3 % dans le groupe contrôle, $p < 0,001$).

L'intensification de la peroxydation lipidique a été révélée chez 65,8% des enfants des liquidateurs (23,2% dans le groupe contrôle). Simultanément, on a observé une augmentation significative ($p < 0,05$) de l'activité de la GR ($2,05 \pm 0,07$ comparé à $1,67 \pm 0,06$ mcmol NADPH/ ml/min dans le groupe contrôle) et de la GP ($297,4 \pm 11,0$ comparé à $245,4 \pm 7,4$ non TNPA/min/g Hb dans le groupe contrôle), avec une activité pratiquement inchangée de la SOD ($40,3 \pm 1,1$ et $41,2 \pm 1,2$ % d'inhibition) et de la catalase ($115,7 \pm 3,47$ et $118,7 \pm 2,3$ mcmol Hp/ml/min).

L'endommagement des membranes cellulaires est le premier événement dans la chaîne des troubles causés par l'effet des facteurs nocifs sur un organisme humain. La condition physique des lipides dans les membranes d'érythrocyte des enfants examinés a été étudiée avec l'aide d'une sonde pyrène lipophile. Le coefficient d'eximèrisation (K_{ex}) du pyrène inclus dans les membranes isolées d'érythrocytes, caractérisant l'état de micro-viscosité des bicouches de lipides chez les descendants de la première génération des liquidateurs, n'a pas montré de différences significatives par rapport au groupe contrôle (unités relatives, respectivement : $1,06 \pm 0,08$ et $0,99 \pm 0,04$). Dans le même temps, une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) de l'intensité UV de luminescence (intrinsèque) des membranes d'érythrocytes (I fl.) a été établie (unités relatives, respectivement: $56,1 \pm 2,1$ et $26,4 \pm 3,4$), ce qui témoigne de la modification des protéines membranaires.

La valeur moyenne de l'indice caractérisant la luminescence intrinsèque du plasma sanguin (ILP), a été significativement plus élevée ($p < 0,05$) chez les enfants de liquidateurs et a représenté $1,22 \pm 0,04$ unités relatives,

comparé à $0,96 \pm 0,03$ unités relatives dans le groupe contrôle. Les données obtenues témoignent de la modification structurelle de l'état des protéines plasmatiques et peuvent indiquer la présence d'un processus pathologique dans l'organisme.

L'analyse de corrélation des indices de l'activité des enzymes AOS, du MDA, des paramètres luminescents du plasma et des membranes d'érythrocytes a révélé la présence de faibles liens de corrélation ou leur absence totale chez les enfants de liquidateurs (Tableau 1), par rapport aux liens de corrélation et dépendance élevés dans le groupe contrôle (Tableau 2). Cela indique le dommage des interrelations physiologiques normales, ce qui est éventuellement causée par la modification des composants de protéines des membranes d'érythrocytes et du plasma sanguin.

L'ensemble des données montre que, chez les enfants de liquidateurs, les indices analysés dépassent les limites d'une norme physiologique élargie, et que les capacités adaptatives de l'organisme décroissent avec le développement du syndrome de dérégulation.

Tableau 1 : Liens de corrélation des indices étudiés chez les enfants des liquidateurs

	I fl.	ILP	K ex	SOD	Catalase	GP	GR	MDA
I fl.		0.03	0.4	0.16	-0.03	-0.09	-0.01	-0.3
ILP	0.03		-0.2	0.16	0.2	0.15	-0.2	-0.12
K ex	0.4	-0.2		0.02	-0.1	0.2	0.07	-0.03
SOD	0.16	0.16	0.02		-0.07	0.02	0.3	-0.23
Catalase	-0.03	0.2	-0.1	-0.07		0.2	0.1	-0.2
GP	-0.09	0.15	0.2	0.02	0.2		0.06	-0.31
GR	-0.01	-0.2	0.07	0.3	0.1	0.06		0.09
MDA	-0.3	-0.12	-0.03	-0.23	-0.2	-0.31	0.09	

Tableau 2: Liens de corrélation des indices étudiés chez les enfants du groupe contrôle

	I fl.	ILP	K ex	SOD	Catalase	GP	GR	MDA
I fl.		0.12	0.4	0.9	-0.1	0.4	-0.9	-0.9
ILP	0.12		-0.31	0.09	0.14	0.07	0.17	-0.09
K ex	0.4	-0.31		0.21	-0.94	-0.61	-0.62	-0.3
SOD	0.9	0.09	0.21		0.12	0.14	-0.25	-0.91
Catalase	-0.1	0.14	-0.94	0.12		0.98	0.91	-0.06
GP	0.4	0.07	-0.61	0.14	0.98		0.88	-0.58
GR	-0.9	0.17	-0.62	-0.25	0.91	0.88		0.93
MDA	-0.9	-0.09	-0.3	-0.91	-0.06	-0.58	0.93	

GRES, Nika

Prof. Dr. méd., Académie Médicale Biélorusse pour la Formation des Etudiants de Troisième Cycle, pos.Lesnoy d.6, kv.72, 223040 Minski Rayon, Bélarus

L'INSTABILITE GENOMIQUE APRES TCHERNOBYL, PRONOSTIC POUR LES GENERATIONS FUTURES

Rose I. GONCHAROVA

La prévision des conséquences à venir de l'accident de Tchernobyl a été réduite à l'estimation des effets des faibles doses et des taux de radiation chronique, combinée (externe et interne), et à faibles doses, sur l'être humain et l'animal.

L'accident de Tchernobyl a causé la contamination radioactive de nombreux pays de l'hémisphère Nord [1]. Cependant, entre tous, la République du Bélarus a été le pays le plus affecté. Selon l'Atlas de la répartition du Caesium en Europe après l'accident de Tchernobyl, c'est pratiquement la totalité du territoire du Bélarus qui a été contaminée par différents radionucléides, à un seuil supérieur au niveau des retombées généralement enregistré [1]. Pour distinguer les régions soi-disant "propres" des régions contaminées, qui représentent 23% du territoire national, la valeur de la densité de répartition au sol a été fixée à 37 kBq/m². Ainsi, toute la population du Bélarus (10 millions d'habitants), de même que la flore et la faune, ont été exposées depuis 1986 aux rayonnements ionisants dus à la catastrophe de Tchernobyl. La claire compréhension de ce fait est d'une importance capitale à l'interprétation des effets enregistrés.

Après l'accident de Tchernobyl, le problème de l'efficacité biologique des faibles doses et des taux de faibles doses devient le problème radio-biologique central, du fait de son importance pour l'évaluation du risque résultant de l'exposition aux faibles doses de radiation. Avant le désastre, la réalité des effets génétiques des très faibles doses de rayonnements ionisants demeurait incertaine. Mais il y a maintenant des données convaincantes qui ont été obtenues par nous-mêmes et d'autres chercheurs.

Depuis 1986, nous avons étudié les effets biologiques de l'irradiation chronique à faibles doses sur des populations de petits mammifères : le campagnol roussâtre dans son milieu naturel et la souris de laboratoires exposés à l'irradiation chronique des sites contaminés par la radioactivité [2]. Nous établissons les effets génétiques de l'irradiation chronique aux faibles doses dans les cellules somatiques et les gamètes du campagnol roussâtre et de la souris blanche selon une échelle qui varie du niveau zéro jusqu'à 10 cGy [2-5]. L'analyse de nos données et de celles de la littérature montre que les estimations des doses qui doublent pour une irradiation aiguë des cellules somatiques chez le campagnol roussâtre, des lymphocytes chez l'être humain, et des gamètes chez la souris blanche - sont très proches les unes des autres [4]. C'est ce qui justifie le choix du campagnol roussâtre comme modèle d'espèce pour l'évaluation du risque génétique de la radioactivité. (Tableau 1)

Le récent rapport général sur la mortalité dans la cohorte des survivants de la bombe atomique, qui ont été suivis par la Radiation Research Foundation, met clairement en évidence qu'il existe une part de risque direct et statistiquement significatif dans une frange située approximativement entre 0 et 0,10 Sv [6]. Pierce et Preston ont utilisé les données du *Life Span Study* (LSP) sur l'incidence des cancers solides pendant la période 1958-1994 pour établir les risques dus aux faibles doses [6].

En outre, de récentes études cellulaires et moléculaires ont amélioré notre connaissance des effets des radiations à faibles doses, concernant tout d'abord l'instabilité génomique induite et les effets voisins.

Nous avons analysé le développement à long terme de la mutagenèse dans les populations de campagnols roussâtres sur plus de 22 générations animales, entre 1986 et 1996, chroniquement exposées aux rayonnements ionisants à faibles doses [2]. Les fréquences des différents points finaux (aberrations chromosomiques dans la moelle osseuse et mortalité embryonnaire), aussi bien que le taux de dose absorbée par le corps entier et les doses absorbées par exposition externe ou interne ont été établies auprès de ces populations animales en milieu aquatique au Bélarus, en quatre sites présentant à la suite de l'accident de Tchernobyl des répartitions différentes de radionucléides au sol (8-1526 kBq/m²). Il a d'abord été révélé que le développement à long terme de la mutagenèse sur 22 générations était caractérisé principalement par une augmentation constante des taux d'aberrations chromosomiques et de létalité embryonnaire, tandis que les taux de doses absorbées par le corps entier décroissaient exponentiellement depuis 1986 [7].

Ces résultats montrent que l'exposition chronique aux faibles doses et à long terme, des mammifères sur plusieurs générations, aboutit à une accumulation transgénérationnelle de l'instabilité génomique, avec des effets cellulaires et systémiques manifestes sur la cellule et le système [8]. Cette conséquence transgénérationnelle à long terme de

l'exposition chronique aux faibles doses est nocive dans la mesure où les génomes des animaux des générations récentes sont plus sensibles à l'impact des doses de radiation très faibles, en comparaison avec les génomes d'animaux des premières générations. Il y a aussi de solides preuves de l'instabilité génomique induite par la radioactivité sur les progénitures F1 et F2 dans les populations humaines, consécutivement à l'exposition du père ou des deux parents avant la conception.

Il y a actuellement une grande controverse sur les conséquences du désastre de Tchernobyl sur la santé à long terme, excepté l'incidence du cancer de la thyroïde en très forte augmentation dans les trois pays contaminés. En ce qui concerne les effets tardifs induits par les rayonnements ionisants, tels l'incidence du cancer, les effets sur l'hérédité et le développement, il est nécessaire de tenir compte des circonstances suivantes:

1) Les risques de cancers liés aux rayonnements à faibles doses inférieures à 0,5 Sv chez les survivants de la bombe atomique ont été parfaitement établis par Pierce et Preston en 2000 [6]. La période de latence des effets stochastiques dépend d'une dose d'exposition, et les doses de rayonnements les plus faibles ont les périodes de latence les plus longues. Il est reconnu que les populations des pays contaminés ont été exposées à de faibles doses, exception faite des doses affectant la thyroïde.

2) Il y a un ensemble de données de plus en plus important sur les effets inverses du taux de dose de radiation en différents points finaux pour les gamètes et les cellules somatiques chez l'animal et l'être humain. Nous avons démontré les effets inverses du taux de dose d'irradiation sur les mutations somatiques chez le campagnol roussâtre chroniquement exposé aux retombées de Tchernobyl [9]. L'estimation de l'excès de risque relatif (ERR) par Sv pour les échantillons de doses sélectionnées de la cohorte du *Life Span Study* était la plus élevée dans la catégorie des plus faibles doses, précisément de 0 à 20 mSv, par comparaison avec l'échantillon de doses de 0-2 Sv [10].

3) Tout récemment, les chercheurs de la Fondation de la Recherche sur les Effets de la Radioactivité ont apporté la preuve solide des effets de la radioactivité sur la mortalité non-cancéreuse. Des augmentations statistiquement significatives ont été observées concernant les maladies de cœur, l'apoplexie, les maladies digestives et respiratoires [10].

4) De toute évidence, des effets non-ciblés des rayonnements ionisants (comme l'instabilité génomique), des effets connexes et d'autres phénomènes nouveaux doivent contribuer aux résultats d'ensemble sur le court terme et le long terme, après une exposition à de faibles doses et à des taux de faibles doses de radiation. Je pense que l'incidence du cancer de la thyroïde en augmentation chez l'enfant de parents irradiés peut être la première manifestation de l'instabilité génomique induite.

Toutes ces données mises ensemble nous autorisent à conclure que des conséquences à venir du désastre de Tchernobyl ont été observées non seulement auprès des populations affectées, mais qu'elles seront également enregistrées dans les générations futures.

Tableau 1 : Dépôts au sol des radionucléides, aux alentours des sites.

Sites	Dépôts des radionucléides (kBq/m ²)								
	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹⁰⁶ Ru	¹⁴⁴ Ce	⁹⁰ Sr	^{239,240} Pu	²³⁸ Pu	²⁴¹ Pu	²⁴¹ Am
1	8	4	5	0	3.81	0.09	0.04	2.98	0.14
2	18	9	12	0	5.12	0.14	0.07	5.10	0.19
3	220	140	150	440	38.56	1.26	0.60	48.76	1.73
4	1526	1020	1090	3050	117.24	2.35	1.17	86.67	3.21

Références

- 1) Atlas of Caesium Deposition on Europe after the Chernobyl Accident. M.De Cort, G.Dubois, Sh.P.Fridman, M.G.Germenchuk, Yu.A.Izrael, A.Janssens (eds), Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 1998.
- 2) Ryabokon N.I., Smolich I.I., Goncharova R.I. Genetic processes in chronically irradiated populations of small mammals // Environ. Management and Health.– 2000.– Vol. 11, № 5.– P.433–446.
- 3) Goncharova R.I., Ryabokon N.I., Smolich I.I. Biological effects of low-dose chronic irradiation in somatic cells of small mammals // Proceedings of the 9th Annual Conference Risk Analysis: Facing the New Millennium. Track 5: Health Risk / Rotterdam – The Netherlands. October 10–13, 1999. P. 710–713.

- 4) Goncharova R., Smolich I. Genetic efficiency of low-dose ionising radiation in small mammals under chronic irradiation // Radiation Biology. Radioecology.– 2002. Vol. 42, № 6.– P.659–665 (in Russian).
- 5) Goncharova R.I. Remote consequences of the Chernobyl disaster: assessment after 13 year //Low Doses of Radiation: Are They Dangerous? / Ed. E.B.Burlakova. Nova Science Publishers, Inc. New York, 2000. P. 289–314.
- 6) Pierce D.A., Preston D.L. Radiation-Related Cancer Risks at Low Doses among Atomic Bomb Survivors // Radiation Research.– 2000.–Vol.154.–P.178–186.
- 7) Ryabokon N., Smolich I., Kudryashov V., Goncharova R. Long-term development of the radionuclide exposure of murine rodent populations in Belarus after the Chernobyl accident // Rad. Envir. Biophys., 2005 (in press).
- 8) Goncharova R.I., Ryabokon N.I. Mutation process in chronically irradiated bank vole populations indicates the transgenerational genomic instability induced by Chernobyl fallout // Abstracts of 33rd Annual Meeting of the European Society for Radiation Biology (European Radiation Research). – 25-28 August, 2004. – Budapest, Hungary. –P.107.
- 9) Goncharova R., Smolich I., Ryabokon N. Inverse dose-rate effect on micronucleus formation in bone-marrow erythrocytes of bank voles chronically exposed to radioactive Chernobyl fallout // Proceedings of the 9th International Wolfsberg Meeting on Molecular Radiation Biology/ Oncology. June 18–20, 2005. Wolfsberg Meeting Series, 2005.P. 38.
- 10) Preston D.L., Shimizu Y., Pierce D.A., Suyama A., Mabuchi K. Studies of Mortality of Atomic Bomb Survivors. Report 13: Solid Cancer and Noncancer Disease Mortality: 1950–1997 // Radiation Research.– 2003.–Vol.160.–P.381–407.

GONCHAROVA, Rose

Prof., Docteur ès Sciences, Directrice du Laboratoire de Sûreté Génétique, Institut de Génétique et de Cytologie, Académie Nationale des Sciences du Bélarus, 27 Akademichnaya str., 220072 Minsk, Bélarus, R.Goncharova@igc.bas-net.by

ANNEXE 1 - COMPTE RENDU DU SYMPOSIUM DU 15.02.2003: LES CONSEQUENCES DE "TCHERNOBYL" AUPRES DES ENFANTS

Michel FERNEX

Le 15.02.2003, sous l'égide de la faculté de médecine de Bâle, la branche Suisse de IPPNW (Association Internationale des Médecins pour la Prévention de la Guerre Nucléaire) a centré les interventions de cette réunion scientifique sur les pathologies des enfants victimes des conséquences de "Tchernobyl", et plus particulièrement sur les conséquences de l'ingestion orale chronique de Césium-137 par le biais des aliments contaminés.

Ceci a permis d'éviter de débattre sur la seule maladie stochastique officiellement reconnue, suite à l'explosion de Tchernobyl – le cancer de la thyroïde consécutif au choc iodé-131 du printemps 1986, avant la naissance des enfants de 2003.

Douze médecins, dont huit provenant des pays les plus touchés, ont participé activement au symposium. Le **Professeur Yuri Bandajevsky**, pathologiste éminent et ancien recteur de l'Institut Médical de Gomel, la zone la plus contaminée par "Tchernobyl", était l'invité personnel du Professeur W. Steinbrich, doyen de la faculté de médecine de Bâle. Cependant, Bandajevsky, qui pendant 9 ans a étudié les problèmes de santé de la population la plus contaminée en analysant le rôle joué par l'ingestion chronique du Cs-137 dans différents organes, n'a pas été autorisé à quitter sa prison, du fait d'une condamnation à une peine de 8 ans dans des conditions comparables à celles du "Goulag". Les recherches de Bandajevsky sur les taux de Cs-137 dans différents organes chez des adultes et des enfants ont été publiées (1) dans le *Swiss Medical Weekly* (SMW), journal travaillant avec comité de pairs. (www.smw.ch)

A partir de leur entrée au jardin d'enfants, les enfants habitant dans les zones hautement contaminées au Bélarus reçoivent gratuitement de la nourriture propre dans les cantines scolaires. En outre, on leur propose tous les ans un séjour d'un mois dans un sanatorium dans un milieu radiologiquement propre. **Nesterenko et al.** (2) ont mené un essai comparatif aléatoire avec *placebo* en double aveugle, auprès des enfants en séjour au sanatorium, afin d'étudier une préparation de pectine de pomme (Vitapect ®) qui accélère l'élimination de l'organisme du Cs-137 incorporé. Après un régime "propre" d'une durée de 3 semaines, le taux de Cs-137 a baissé de 14%. Une cuillerée d'une préparation de poudre de pectine à 16%, ajoutée aux repas constitués de nourriture propre, a entraîné d'une diminution de la concentration corporelle en Cs-137 de 64% après 3 semaines (différence significative - $p < 0,01$). Avec des régimes de pectine répétés toutes les 3-4 semaines et tous les 3-4 mois pendant une année, la même équipe a constaté une réduction par un facteur de 4 en moyenne, de la charge de Cs-137 chez les enfants dans les zones contaminées.

A. E. Okeanov et al., responsables du Registre du Cancer mis en place depuis 1973, ont constaté une augmentation significative du risque relatif pour des tumeurs malignes "post-Tchernobyl" chez les habitants de la région de Gomel, de 1976 à 1985, par comparaison à la période 1990 – 2000 (3).

Yuri E. Dubrova, (4) généticien, travaillant dans l'équipe d'A. J. Jeffries, a démontré un doublement du **taux** de mutations lors d'une étude sur les **minisatellites** chez des enfants nés de parents habitant dans les zones hautement contaminées du Bélarus aux alentours de Moguilev. Il a étudié des familles ukrainiennes vivant dans la région de Tchernobyl et il a constaté des différences significatives entre les taux de mutation chez les enfants qui nés avant, et ceux nés après "Tchernobyl", de pères résidant dans des zones à forte contamination.

Rosa I. Goncharova, en collaboration avec **N.I. Ryabokon**, ont mené une étude comparative sur des mutations parmi les campagnols roussâtres dans les forêts entre Tchernobyl et Minsk, en quatre territoires distincts présentant des taux de radioactivité décroissants. Ils ont constaté des taux de mutation initiaux très élevés, avec une augmentation proportionnelle au niveau de la contamination du sol. Après 20 générations, le taux de mutation était toujours en croissance dans toutes les populations de campagnols contaminées. Cette augmentation, cependant, était plus prononcée dans les zones les moins contaminées. Ce taux de mutation croissant allait de pair avec une augmentation du taux de mortalité *in utero*. Cette évolution semble être la conséquence d'une instabilité génomique consécutive à l'irradiation massive initiale d'avril-juin 1986, et la présence ininterrompue de radionucléides à vie longue provenant de Tchernobyl, même à de très faibles concentrations dans le sol. (5)

G. Lazjuk a observé une augmentation significative de malformations congénitales chez des nouveaux nés et des fœtus dans les zones dépassant une contamination de 15 Curies de Cs-137/km². (6)

A. Körblein a confirmé une mortalité périnatale accrue en Bavière (Allemagne), à la suite de Tchernobyl, mortalité qui a été attestée pour l'ensemble de l'Allemagne par H. Scherb *et al.* (7). En outre, Körblein a démontré un taux de malformations accru chez des enfants nés dans les vallées les plus contaminées des Alpes germaniques. Le taux de

retombées était comparable à celui du Tessin (Suisse) et de certaines régions des Alpes, ainsi que de plusieurs autres pays où n'ont pas été effectuées d'études épidémiologiques.

L'équipe de l'Institut de radioprotection de Belrad (Minsk) avec le concours de **G. Bandajevskaya**, pédiatre, a étudié 94 enfants avec des différents taux corporels de Cs-137. Elle a trouvé une corrélation significative entre les symptômes cardiovasculaires des enfants et le niveau corporel de Cs-137 mesuré par anthropogammamètre. Une hypertension artérielle de référence, après des efforts minimaux, était constatée auprès de 9,1% des enfants présentant une charge de césium de moins de 5 Bq/kg de poids corporel, de 25,8% du groupe d'enfants avec une charge moyenne de Cs-137 de $38 \pm 2,4$ Bq /kg, et de 50% des enfants dans le groupe avec $122 \pm 18,5$ Bq/kg de poids corporel. Un régime de pectine de 16 jours a réduit de façon significative la charge Cs-137 dans les groupes avec des valeurs moyennes de 38 et 122 Bq/kg respectivement, et la sémiologie s'est améliorée.

N. Gres et **N. Arynchin**, pédiatres, ont comparé les manifestations cliniques causées par l'irradiation ionisante chronique à faibles doses, auprès de la population d'une zone épargnée entre 1994 et 2001. Le compte rendu de leur intervention et les données présentées par Nika Gris se trouvent ci-dessous. (voir Appendice 2)

Pour conclure, les études présentées par ces scientifiques indépendants confirment le niveau élevé des pathologies infantiles dans les zones contaminées par la radioactivité à la suite de l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl. Le fait que l'on estime en 2003 que 80% des ces enfants soient malades est très inquiétant.

Références

- 1 Bandazhevsky Y.I. Cs-137 incorporation in children's organs. SMW 2004; 133: 488-90. www.smw.ch
- 2 Nesterenko V.B., Nesterenko A.V., Babenko V.I., Yerkovich T.V., Babaneko I.V. Reducing the ¹³⁷Cs-load in the organism of "Chernobyl" children with apple-pectin. SMW 2004; 134: 24-7 www.smw.ch
- 3 Okeanov A.E., Sosnovskaya E.Y., Priatkina O.P. A national cancer registry to assess trends after the Chernobyl accident. SMW 2004; 134: 645-9. www.smw.ch
- 4 Dubrova Y.E. Monitoring of radiation-induced germline mutation in humans. SMW 2003; 133: 474-8. www.smw.ch
- 5 Goncharova R.I. Remote consequences of the Chernobyl disaster: assessment after 13 year / /Low Doses of Radiation: Are They Dangerous? / Ed. E.B. Burlakova. Nova Science Publishers, Inc. New York, 2000. p. 289-314.
- 6 Lazyuk G. (Ed. Imanaka T. Kyoto university, 1998).
- 7 Scherb H., Weigelt E., & Brüske-Hohfeld I. Regression Analysis in Germany 1980 -1993. Environ. Health. Prospect N: 108 p. 159-165, 2000
- 8 Bandazhevskaya G.S., Nesterenko V.B., Babenko V.I., Babenko I.V., Yerkovich T.V., Bandazhevsky Y.I. Relationship between Caesium (¹³⁷Cs) load, cardiovascular symptoms, and source of food in "Chernobyl" children - preliminary observations after intake of oral apple pectin. SMW 2004; 134:725-9. www.smw.ch

FERNEX, Michel

Prof. Dr. med. (émerite), PSR/IPPNW Suisse, Postfach 167, CH-4118 Rodersdorf (Suisse), s.m.fernex@wanadoo.fr

ANNEXE 2 - QUELQUES CARACTERISTIQUES DU DEVELOPPEMENT DE PATHOLOGIE CHRONIQUE CHEZ L'ENFANT BIELORUSSE VIVANT DANS DES CONDITIONS D'IRRADIATION PERMANENTE A FAIBLES DOSES

Nika A. GRES, A. N. ARINCHIN, L. A. OSPENNIKOVA

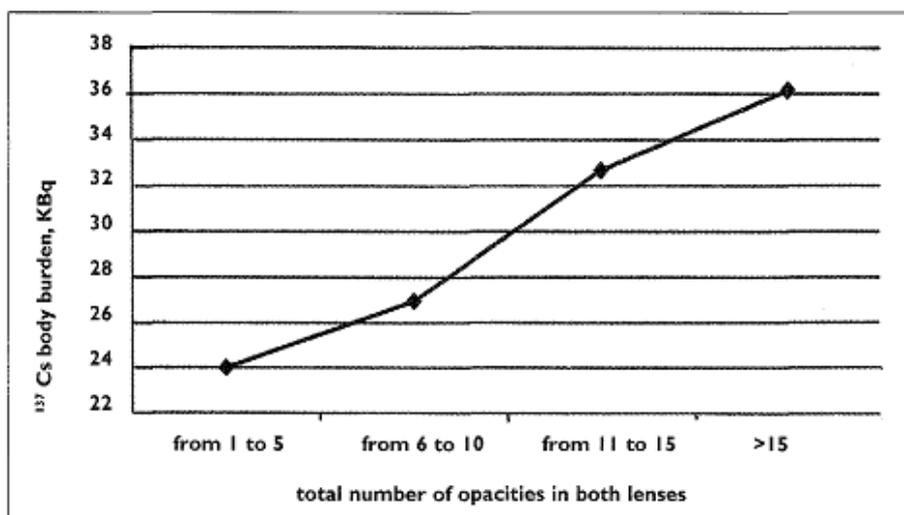
Mots-clés : radiation, dose, enfants, cristallinopathie, cataracte, gastrite chronique, atrophie, métaplasie intestinale.

Le groupe étudié comprenait 137 enfants, âgés de 6 à 15 ans, habitant dans le Sud de la Polésie. La dose effective moyenne totale de radiation était de 2,2 mSv /an (0,4 à 9,7 mSv). La dose effective totale variait de 3,2 à 71 mSv (dose moyenne 15,4 mSv). La dose était due principalement à la contamination interne (74%), par incorporation du césium radioactif. Le groupe contrôle se composait de 92 enfants du même âge, habitant en Pooserie du Nord, dans des zones non contaminées par les radionucléides.

L'œil

L'œil est l'un des organes sensibles aux radiations, sa partie la plus sensible est le cristallin. Initialement, la cataracte a été diagnostiquée dans le groupe exposé, chez 3 enfants âgés respectivement de 11, 12, et 15 ans. Quand la cataracte a été diagnostiquée, la dose totale calculée chez ces enfants était respectivement de 15,3 , 17,1 et 25,9 mSv. En outre, à la cataracte totalement irradiée, s'ajoute probablement un stade de cristallinopathie, avec le développement d'opacités du cristallin. Au cours de l'examen ophtalmologique systématique, des cristallinopathies ont été diagnostiquées chez 53,7% du groupe des 137 enfants. Dans le groupe contrôle, des cristallinopathies ont été constatées dans 29,3% des cas. La corrélation entre le nombre d'opacités du cristallin d'une part, et le niveau d'activité du Cs-137 dans l'organisme de l'enfant d'autre part, est montrée sur la Figure 1. Le nombre d'opacités du cristallin des deux yeux augmente avec le niveau d'activité spécifique du Cs-137 dans l'organisme (Fig. 1).

Figure 1: Corrélation entre la charge de Césium radioactive dans l'organisme et le nombre d'opacités dans les deux cristallins.



Pour évaluer le développement des cristallinopathies avec l'âge, nous avons procédé au suivi ophtalmologique de 21 enfants pendant 3 ans, à un an d'intervalle. La progression de la cristallinopathie a été constatée chez 42,9% des enfants.

Gastrite

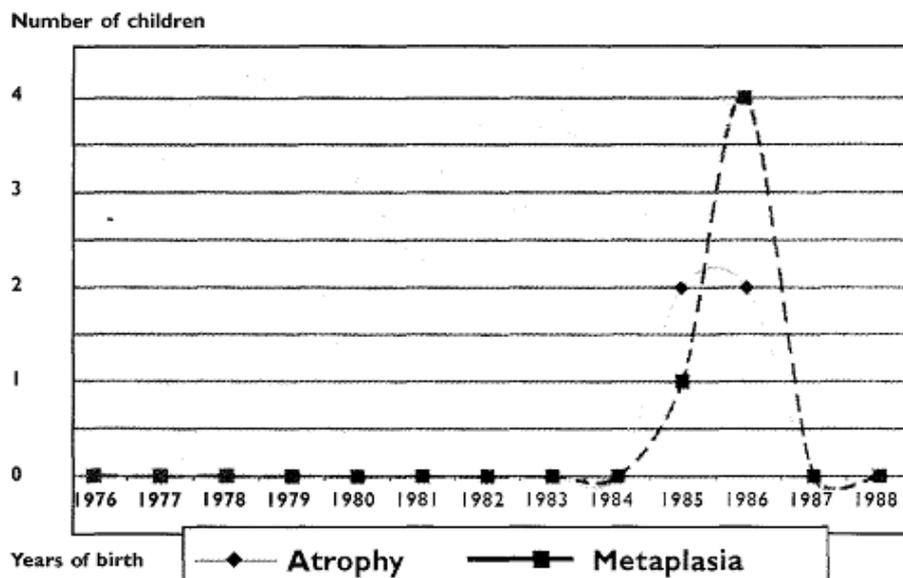
Avec l'œil, le tractus gastro-intestinal peut aussi être considéré comme très sensible à l'irradiation interne. Dans un groupe représentatif de 289 enfants, exposés à des doses de 0,9 à 4,7 mSv, la source de rayonnement a été estimée être interne chez 69-77% des cas. 72% de ces enfants montraient des signes cliniques de gastrite chronique.

L'examen microscopique des biopsies a révélé une atrophie des muqueuses dans 16,1% des cas. C'est nettement plus que ce qui a été trouvé dans le groupe contrôle, soit 2,7%. La métaplasie des muqueuses a été constatée respectivement dans 5,4% et 2,7% des cas.

Ces résultats histologiques – atrophie et métaplasie – sont des altérations morphologiques rencontrées chez les personnes âgées. Chez les enfants, ces modifications peuvent être considérées comme une prédisposition aux changements précancéreux.

Un suivi de ces enfants pendant 8 ans a montré des processus atrophiques dans 12,5% des cas. Le nombre d'enfants avec métaplasie a augmenté jusqu'à 20,8%. Il est intéressant de noter que, chez les enfants qui sont nés en 1986-1987 et ont été exposés aux radiations pendant la catastrophe de Tchernobyl (à une période critique de leur vie : *in utero*, et au début de la période postnatale), l'atrophie de la membrane muqueuse et la métaplasie sont demeurées inchangées (Figure 2).

Figure 2 : Nouveaux cas de gastrite chez les enfants, avec atrophie et métaplasie de la membrane muqueuse, liés à la date de naissance.



Les infections chroniques récurrentes chez les enfants de 0 à 14 ans

Une analyse comparative a montré que les enfants exposés à des radiations présentent une incidence sensiblement plus élevée ($p < 0,05$) de bronchite chronique récurrente et d'infections urinaires, si on les compare avec les niveaux officiellement enregistrés au Bélarus. La Figure 3 et 4 montrent les différences entre les enfants des régions contaminées par la radioactivité, et les niveaux officiellement enregistrés au Bélarus, pour ces deux infections chroniques différentes.

L'analyse des données présentées ici nous amène à penser qu'une probabilité d'effets très néfastes, dus aux rayonnements ionisants d'une contamination interne, existe toujours.

Figure 3: Comparaison du nombre de premières manifestations de bronchite chronique récurrente chez les enfants des zones contaminées par la radioactivité, avec les enregistrements nationaux de la République du Bélarus, entre 1993 et 2000.

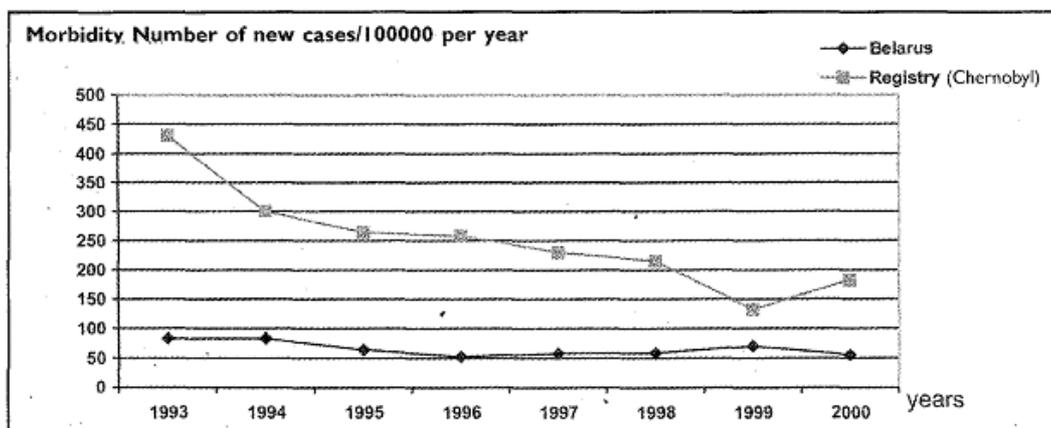


Figure 4 : Comparaison du nombre de premières manifestations d'infections chroniques récurrentes des voies urinaires chez les enfants des zones contaminées par la radioactivité, avec les enregistrements nationaux de la République du Bélarus, entre 1993 et 2000.

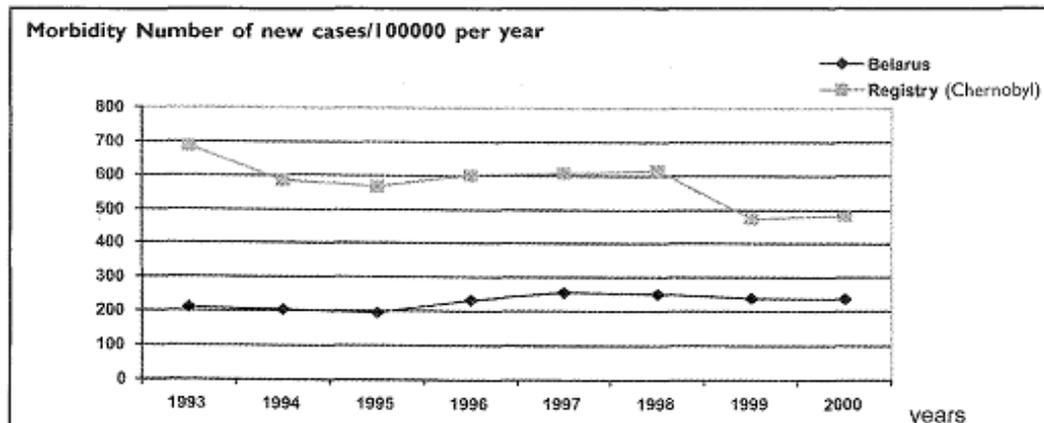
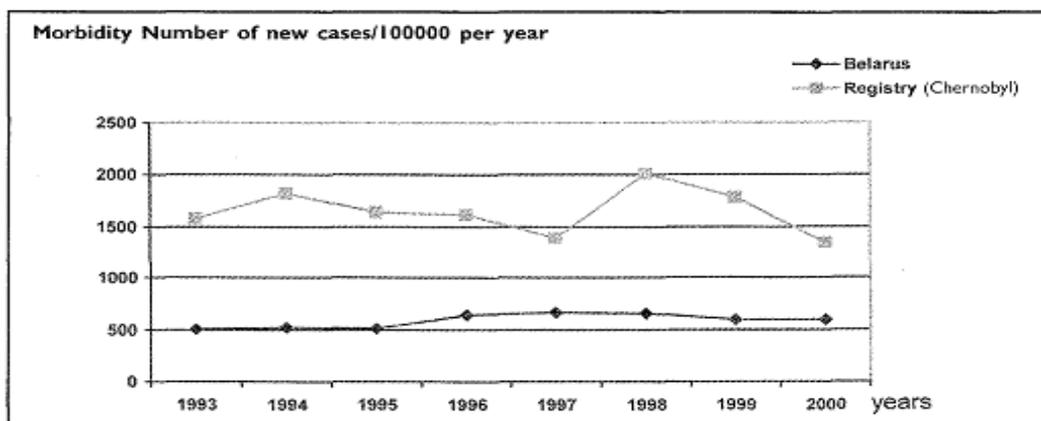


Figure 5 : Dynamiques comparatives de la morbidité primaire des maladies de l'appareil circulatoire dans la population des enfants de 0 à 14 ans.



GRES, Nika

Prof. Dr. méd., Académie Médicale Biélorusse pour la Formation des Etudiants de Troisième Cycle, pos.Lesnoy d.6, kv.72, 223040 Minski rayon, Bélarus



« Le Dniepr », publication trimestrielle éditée par l'association :

« LES ENFANTS DE TCHERNOBYL »

Résidence « Les Provinces » 1 A rue de Lorraine 68840 PULVERSHEIM

courriel : les.enfants.de.tchernobyl@wanadoo.fr

Site Internet : www.lesenfantsdetchernobyl.fr

Rédactrice en chef : Évelyne KIEFFER

Directeur de Publication : Thierry MEYER

Comité de Rédaction : Catherine ALBIE, Norbert BERNOLIN, Elisabeth CORDIER, Anne-Marie et Marc DESCHLER, Dominique GATINEAU, Marie-Christine KLEIN, Angèle MOSSER, Pierre VERNEREY.

Impression : Maison de la Presse - 64 rue de la République 68500 GUEBWILLER

ISSN : 1253 - 2207

Téléphone : 03.89.76.94.42

Dépôt légal : Mars 2010