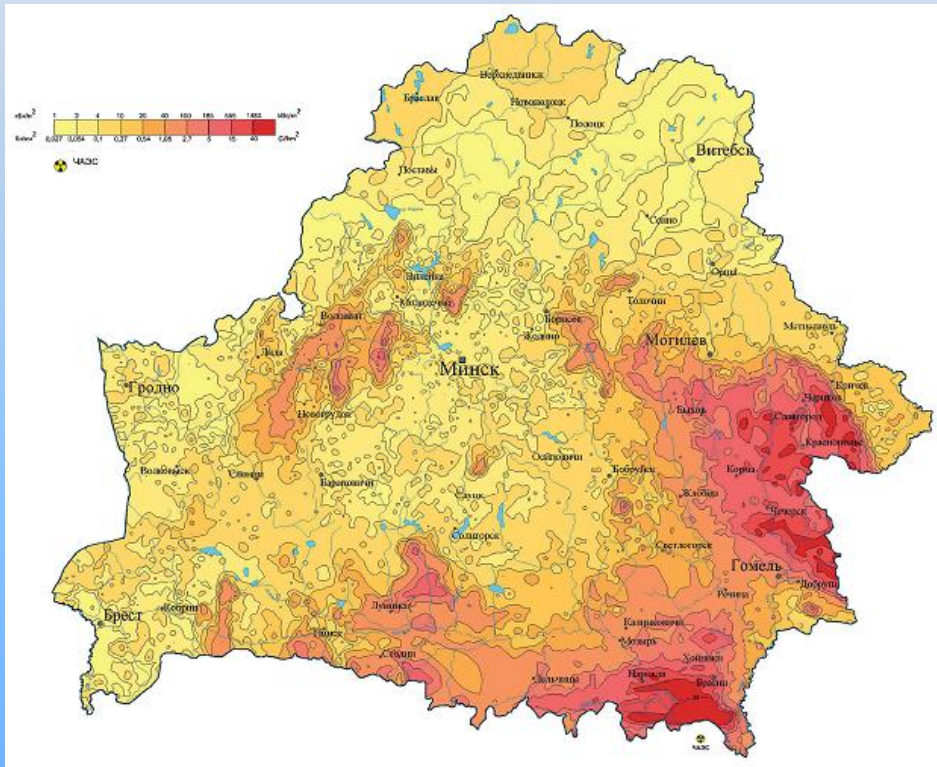


Pathologies non cancéreuses dans les secteurs du Bélarus contaminés par la radioactivité due à la catastrophe de Tchernobyl



Prof. Yury Bandazhevski
Dr. Galina Bandazhevskaya
Belarus

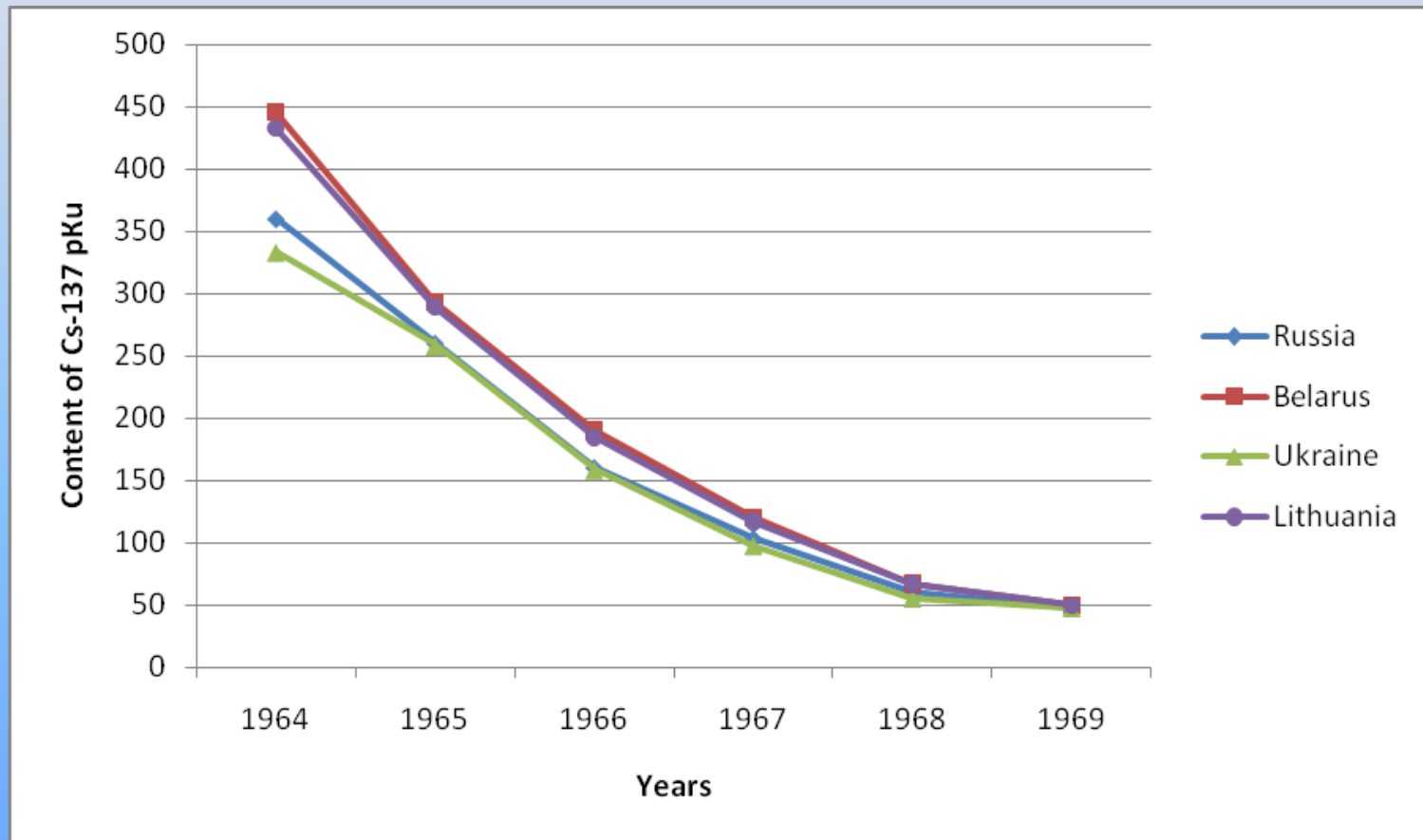
**Pollution du territoire du Bélarus
par le Cs-137 en 1986**

Problématique radio-écologique

L'environnement écologique qui a une influence sur la santé, régule le développement de la société humaine. Ne prenant pas en compte les progrès considérables en matière de protection de l'environnement et par conséquent de protection de la santé humaine, certains pays ont de sérieux problèmes environnementaux ; et en premier lieu les pays de l'ex-Union Soviétique. L'aspiration à suivre et dépasser les progrès militaires et économiques occidentaux a conduit les dirigeants de l'ex Union soviétique à mettre en œuvre les technologies industrielles ayant un impact fatal sur l'environnement et par conséquent sur la santé publique. Avant tout il faut prendre en considération les essais de l'arme atomique réalisés par l'URSS.

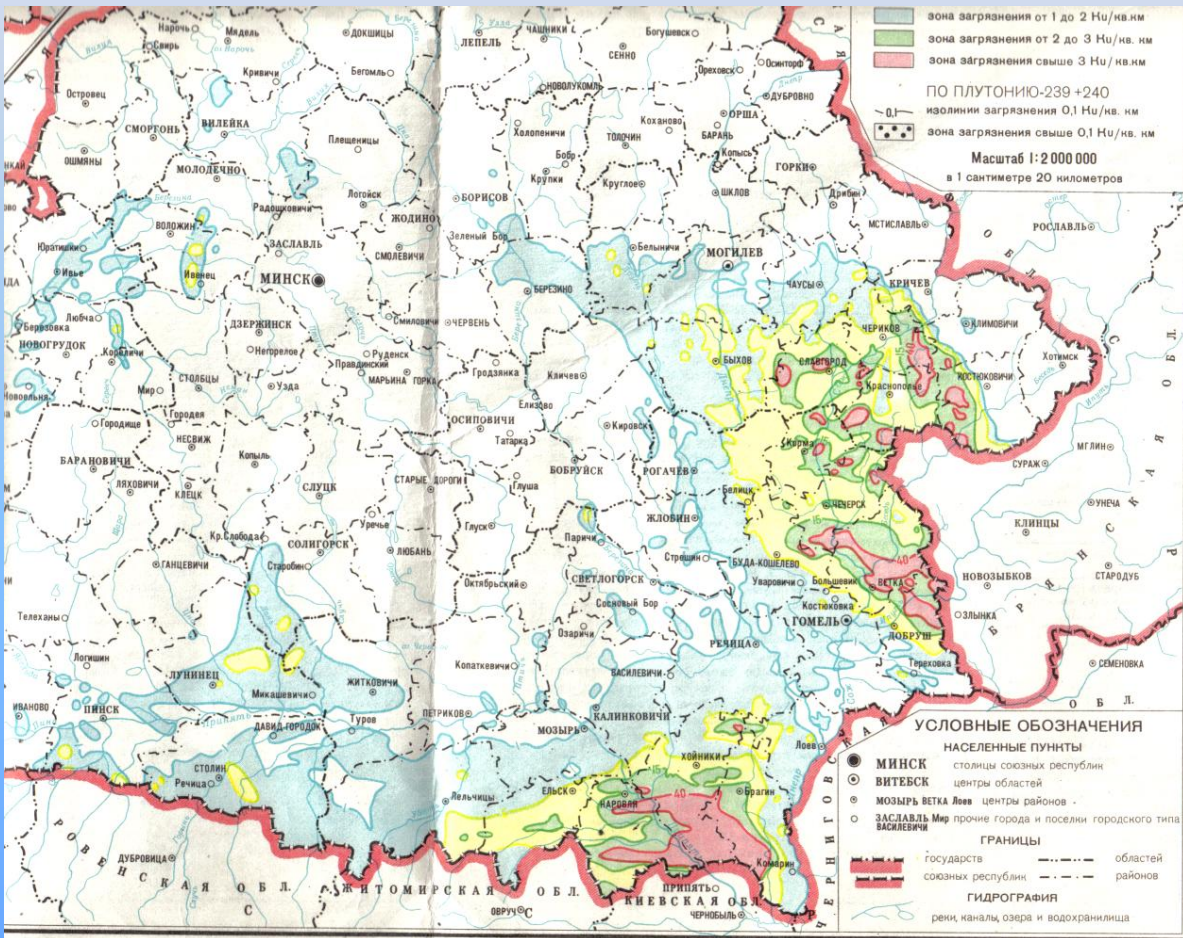
La pollution par des éléments radioactifs, d'énormes territoires du Belarus, de Lituanie, de Lettonie, d'Estonie, d'Ukraine de Russie depuis les années 60 est une conséquence de ces essais. La population de ces pays n'avait pas d'information sur l'existence de la radioactivité et ne pouvait donc se protéger de son impact en aucune façon.

Une grande quantité de radionucléides Cs-137 contenus dans les aliments depuis les années soixante, ont été consommés par les habitants des pays mentionnés pendant de nombreuses années. (Marey A.N. *et al.*, 1974. Rusyayev A.P. *et al.*, 1974. Ternov V.I., Gurskaya N.V., 1974)



Teneur en Cs-137 des rations alimentaires quotidiennes des villageois en pCi (Marey A.N. and co-authors, 1974).

L'accident de Tchernobyl de 1986 a beaucoup intensifié les effets de la radioactivité préexistante sur la population de plusieurs pays européens et en premier lieu sur celle de la République du Belarus. La carte de 1992 des dépôts de Cs-137 sur le territoire du Belarus après l'accident de Tchernobyl correspond presque à la carte, publiée en 1974, des dépôts du même radionucléide sur le territoire du Belarus dans les années 60 (Marey A.N. et al., 1974).

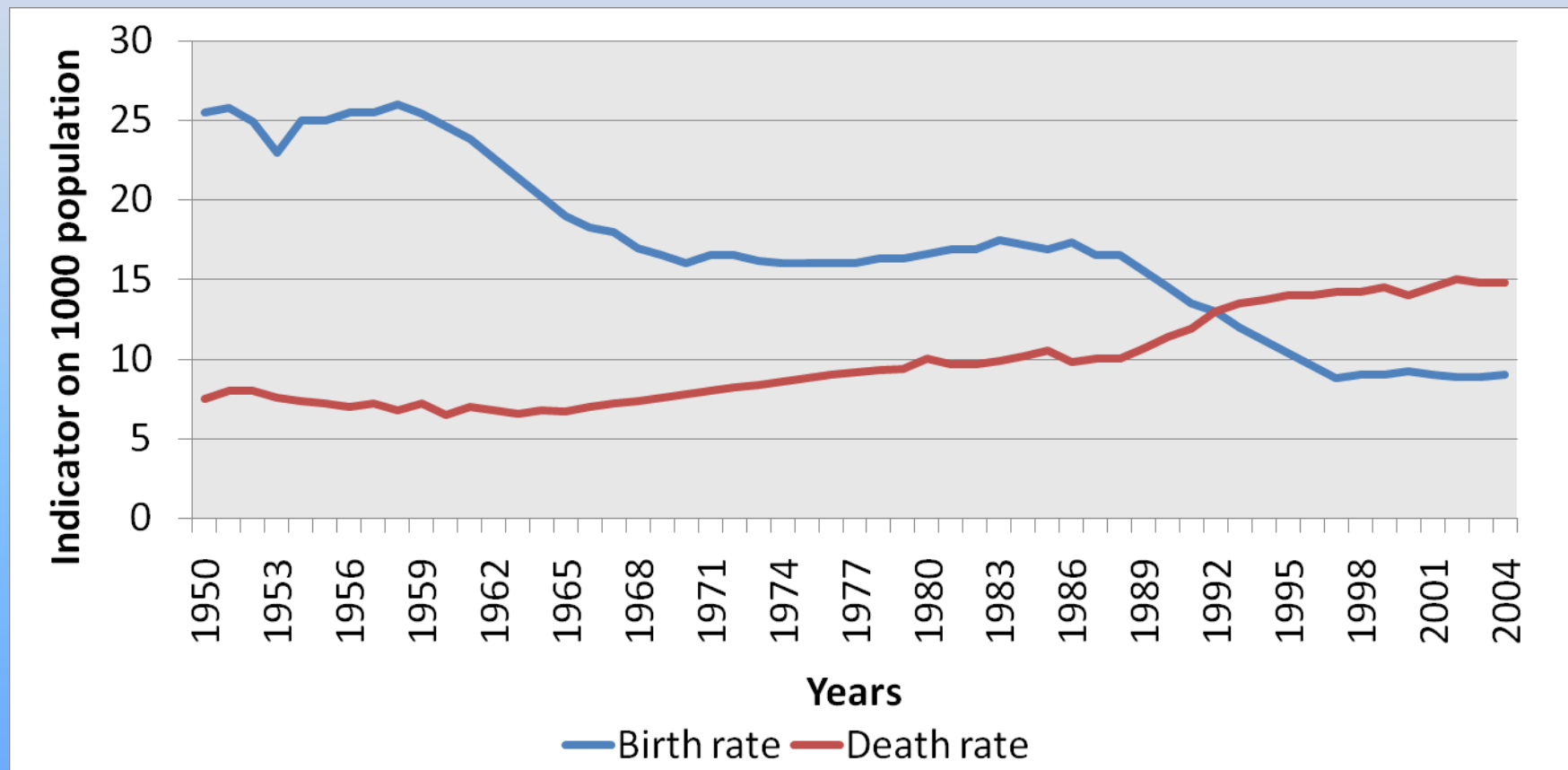


Juste après l'accident de Tchernobyl de 1986, grâce aux actions mises en oeuvre par les organisations publiques occidentales, il est devenu possible de parler de l'influence des agents radioactifs sur la santé humaine au Belarus et dans d'autres pays.

Carte des dépôts de Cs-137 dans le territoire du Belarus en 1992.

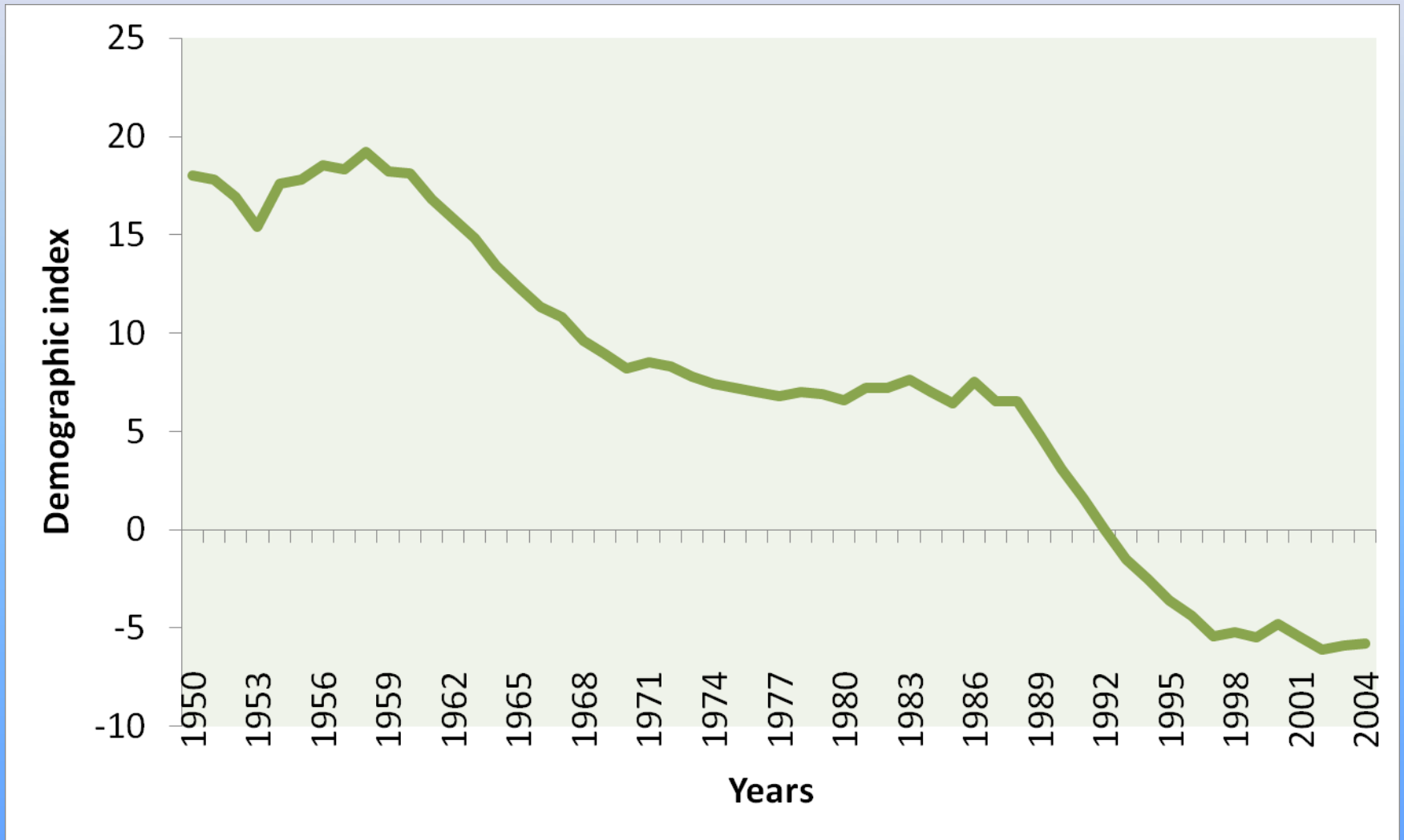
La catastrophe de Tchernobyl est considérée comme la plus grande des catastrophes d'origine humaine au regard de l'ampleur de ses conséquences. Ses conséquences sociales, médicales et écologiques appellent une étude approfondie. De tous les pays européens, le Bélarus est celui qui a été le plus touché. Environ 70% des substances radioactives libérées dans l'atmosphère lors de l'accident du 4ème réacteur de la centrale nucléaire de Tchernobyl ont contaminé 23% du territoire de la république. Actuellement dans cette zone vivent environ 1,4 millions d'habitants, dont 260.000 enfants. La radioactivité expose toujours plusieurs régions touchées à une situation difficile et le principal danger pour la santé vient des radionucléides Cs-137 et Sr-90 qui pénètrent dans l'organisme avec la nourriture. La contribution de ces deux radionucléides aux doses internes atteint 70 à 80% (National report. 20 years after the Chernobyl accident). L'exposition aux agents radioactifs a conduit à un doublement du taux de mortalité au cours des 20 dernières années. Durant la seule période 1990-1999, le taux de mortalité a augmenté de 32,7% (de 10,7 à 14,2 pour mille) ; de 40,2 % chez les hommes et de 24,3 % chez les femmes. Cette évolution de la mortalité est particulièrement marquée dans les districts connaissant un haut niveau de contamination par le Cs-137 et le Sr-90

L'augmentation de la mortalité et la baisse de la natalité au Bélarus se traduisent depuis 1993 par un indicateur de croissance de la population (l'index démographique) négatif : en 2002 -5,9‰ ; 2003 -5,5‰ ; 2005 -5,2‰. Nous pouvons dire qu'il ne s'agit pas d'un indicateur de croissance mais d'un indicateur de déclin de la population.

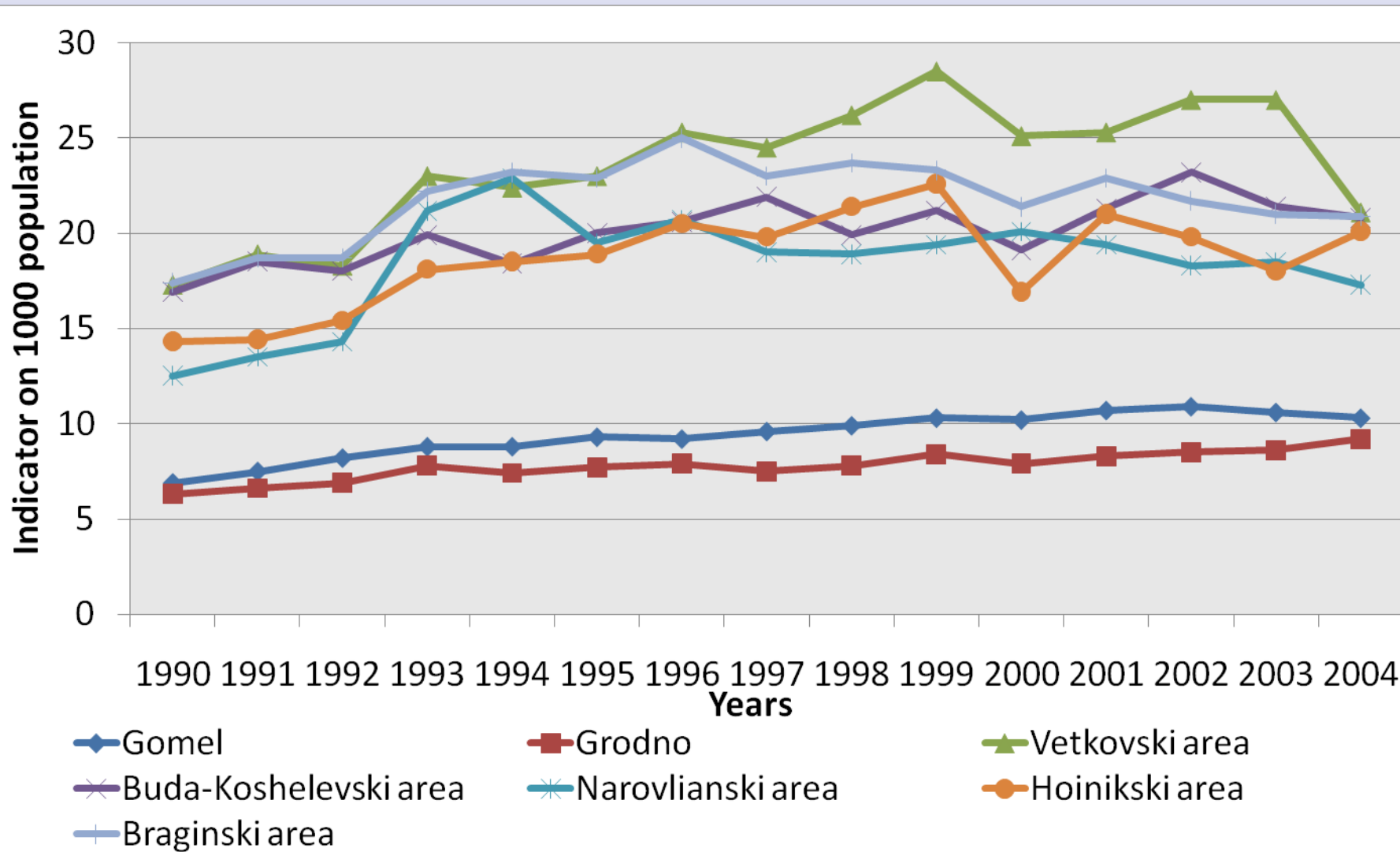


Taux de mortalité et de natalité (pour 1000 habitants) en République du Bélarus.

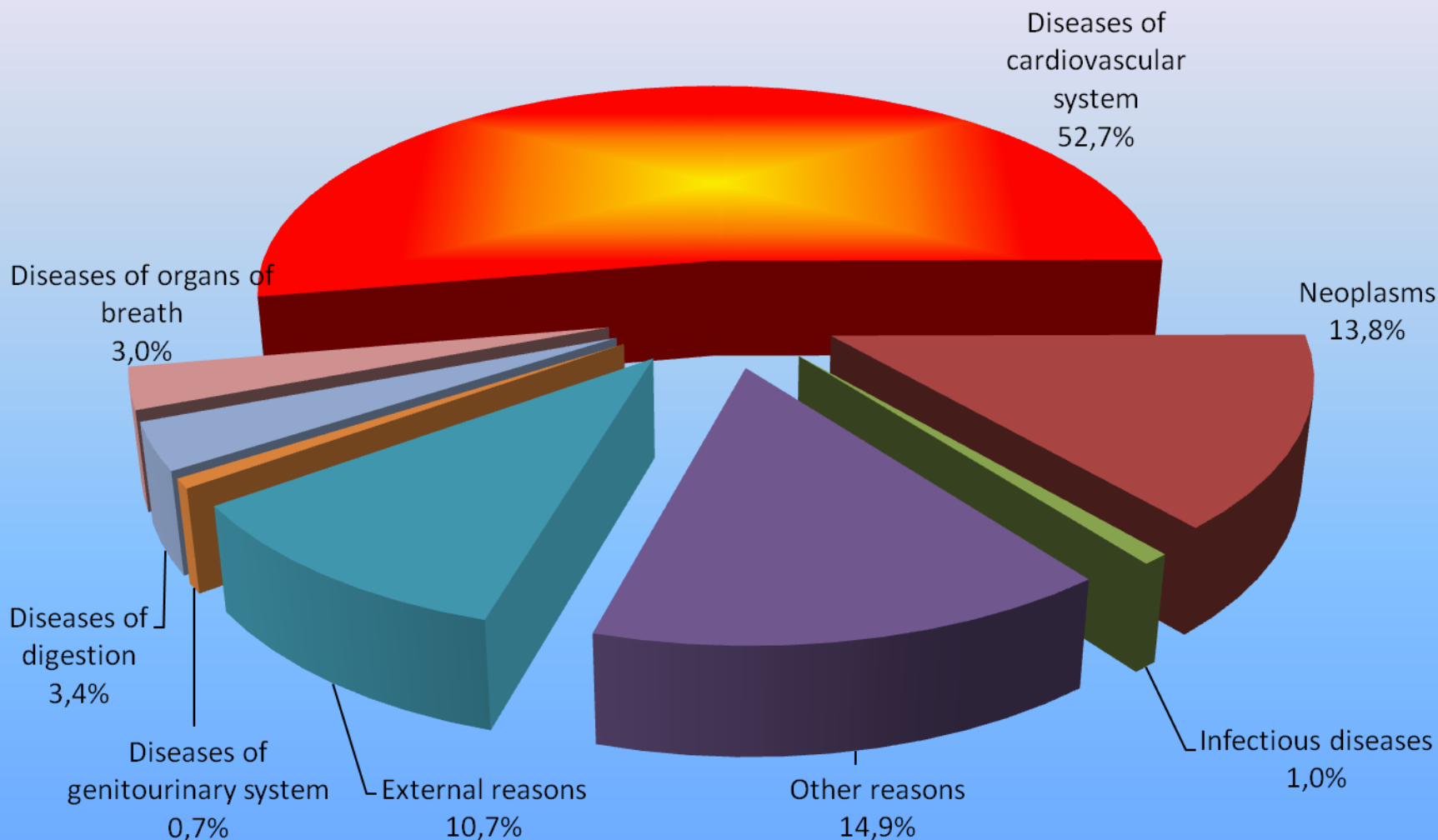
Index démographique de la République du Bélarus



Evolution des taux de décès dans différentes régions du Bélarus

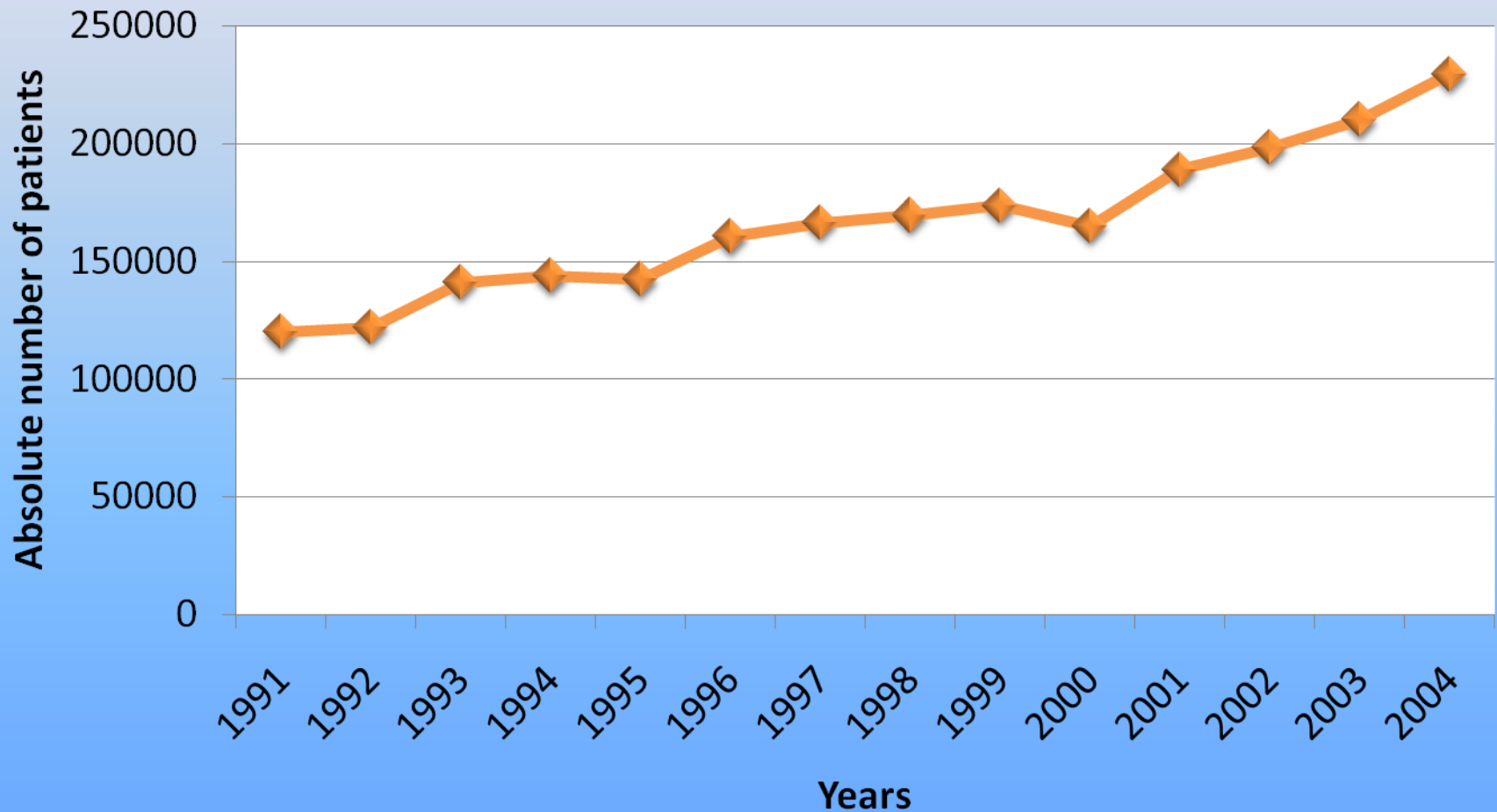


Parmi les causes de décès au Bélarus les maladies cardiovasculaires et les cancers prennent la place principale



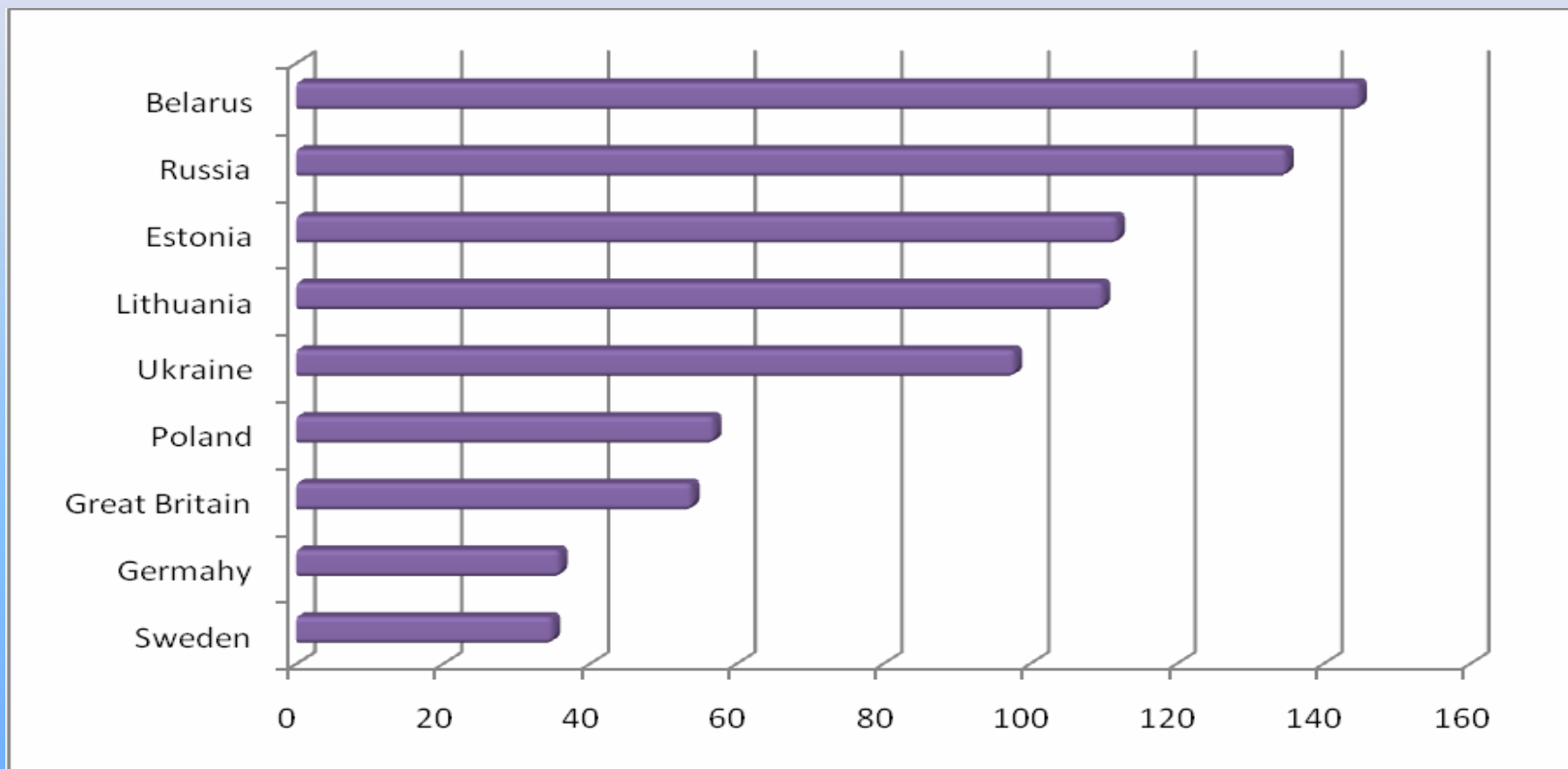
Structure des causes de décès en Bélarus en 2008

Une des causes d'inquiétude tient à l'augmentation significative de l'incidence des maladies cardiovasculaires, en particulier chez les liquidateurs de la centrale de Tchernobyl.



Evolution des pathologies cardiovasculaires en République du Bélarus.

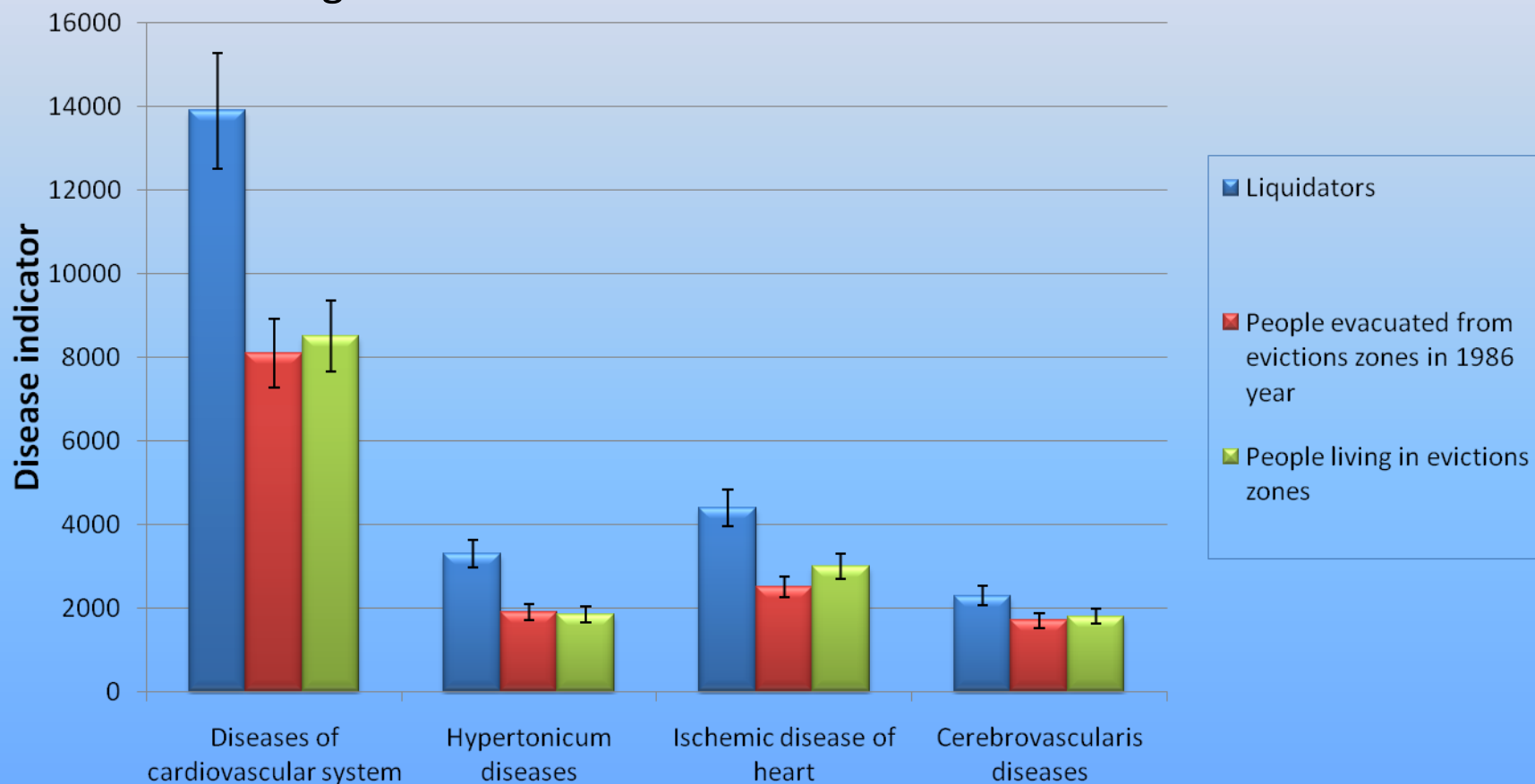
Les indices de morbidité des pays de l'ex URSS diffèrent nettement, pour le pire, de ceux des pays occidentaux.



Taux de cardiopathies ischémiques pour 100 000 habitants en Europe en 1993-1994.

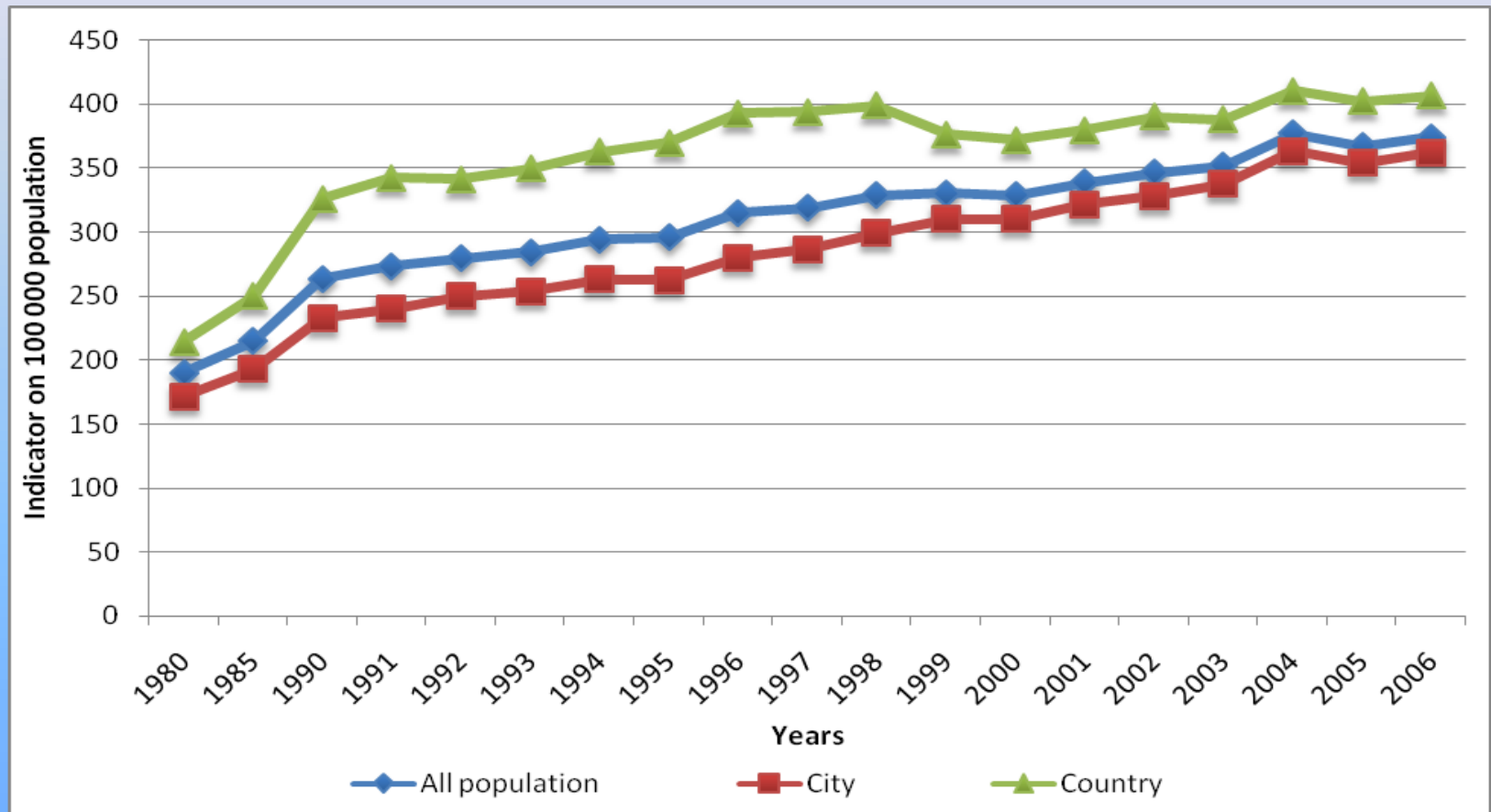
«The population health in Europe. Report on monitoring measures to obtain health for everyone in 1993-1994. Regional WHO publications, European edition, No 56, Copenhagen, 1995».

Il est particulièrement important de prendre en compte chez les liquidateurs, cette augmentation significative des pathologies vasculaires, à savoir l'hypertension artérielle, l'ischémie myocardique (incluant les infarctus du myocarde) et les accidents vasculaires cérébraux, notamment par comparaison avec d'autres catégories masculines du Bélarus.

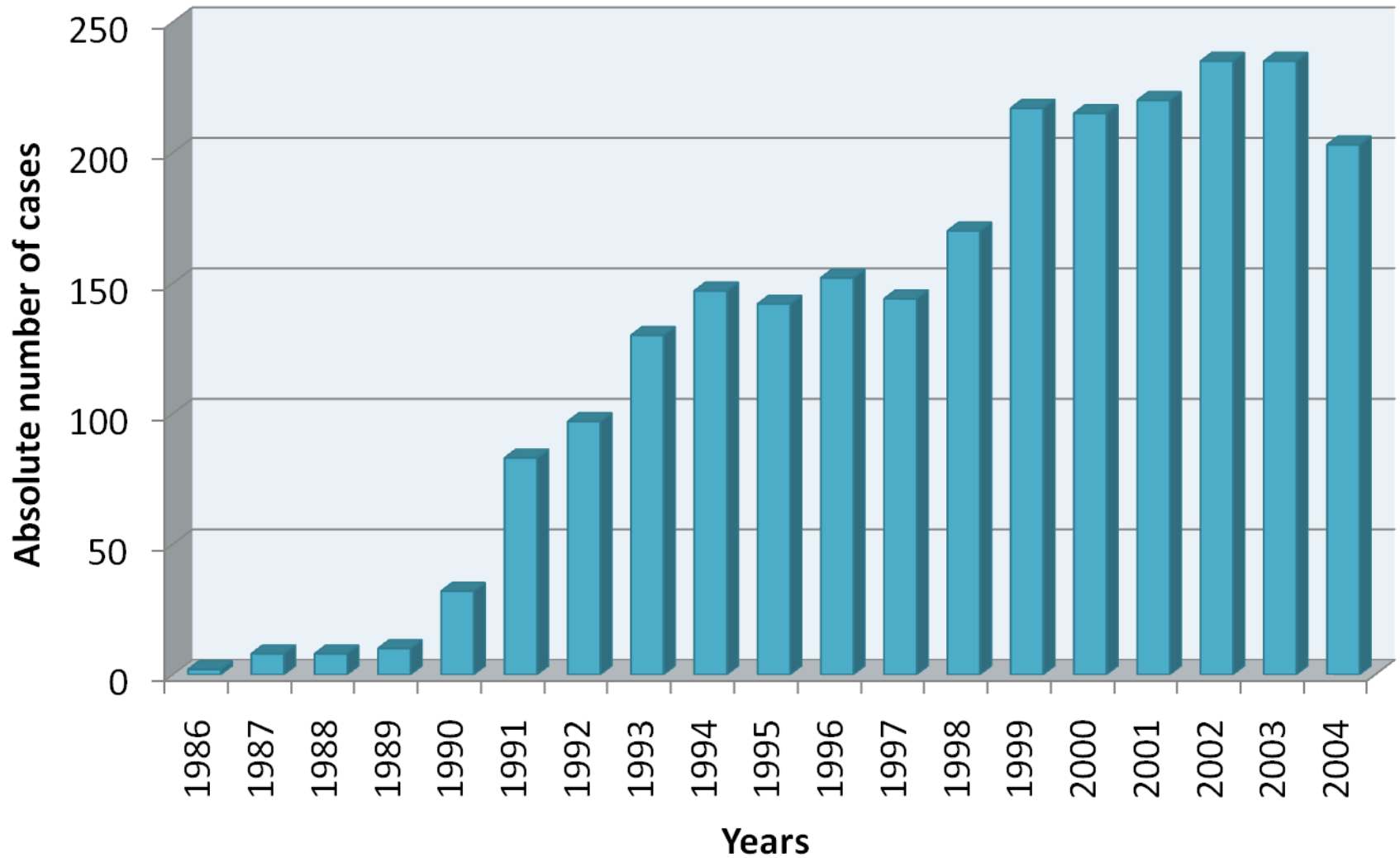


Incidence standardisée des pathologies vasculaires chez les hommes concernés par les conséquences de la catastrophe de Tchernobyl.

Durant les 20 années qui ont suivi l'accident de Tchernobyl, l'incidence des tumeurs malignes n'a cessé d'augmenter en République du Bélarus.

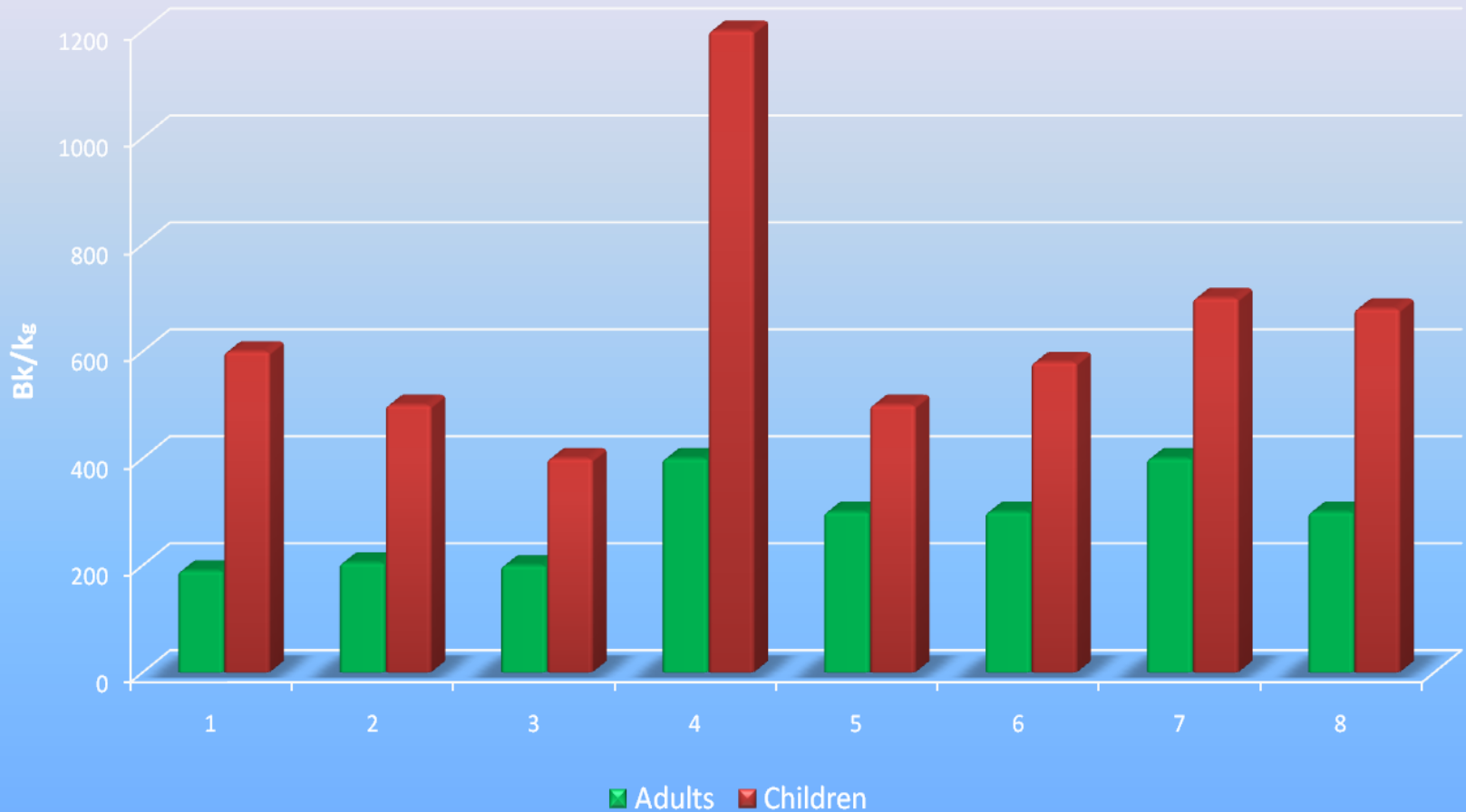


Incidence pour 100 000 habitants des tumeurs malignes dans la population de la République du Bélarus



Evolution du nombre de nouveaux cas détectés de cancer de la thyroïde.

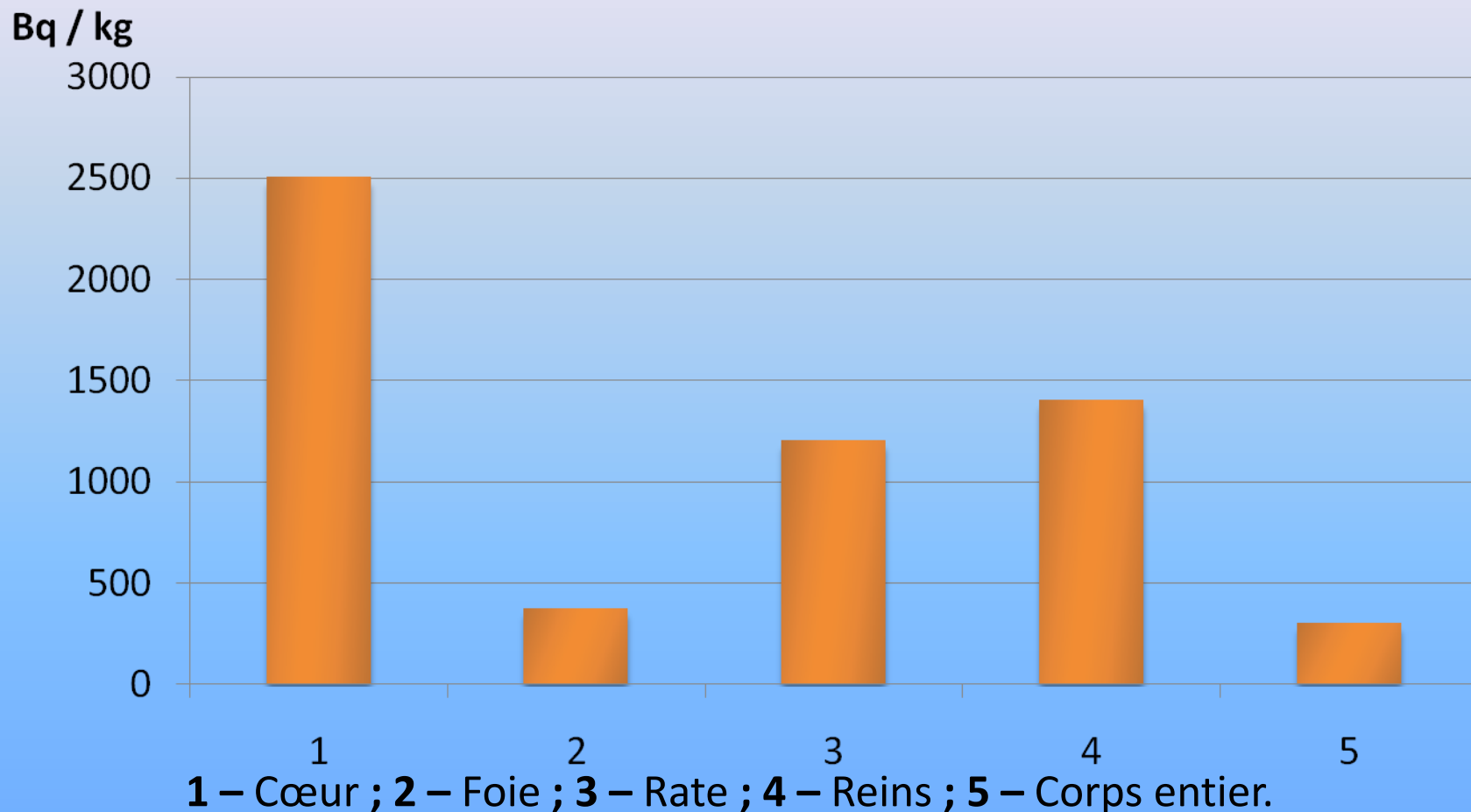
Le Cs-137, ingéré de façon chronique par voie alimentaire, s'accumule dans plusieurs organes vitaux : la glande thyroïde, le coeur, les reins, la rate, le foie et le cerveau ; le degré de concentration étant variable.



1 – Myocarde ; 2 – Cerveau ; 3 – Foie ; 4 – Glande thyroïde ; 5 – Reins ; 6 – Rate ; 7 – Muscles squelettiques ; 8 – Intestin grêle.

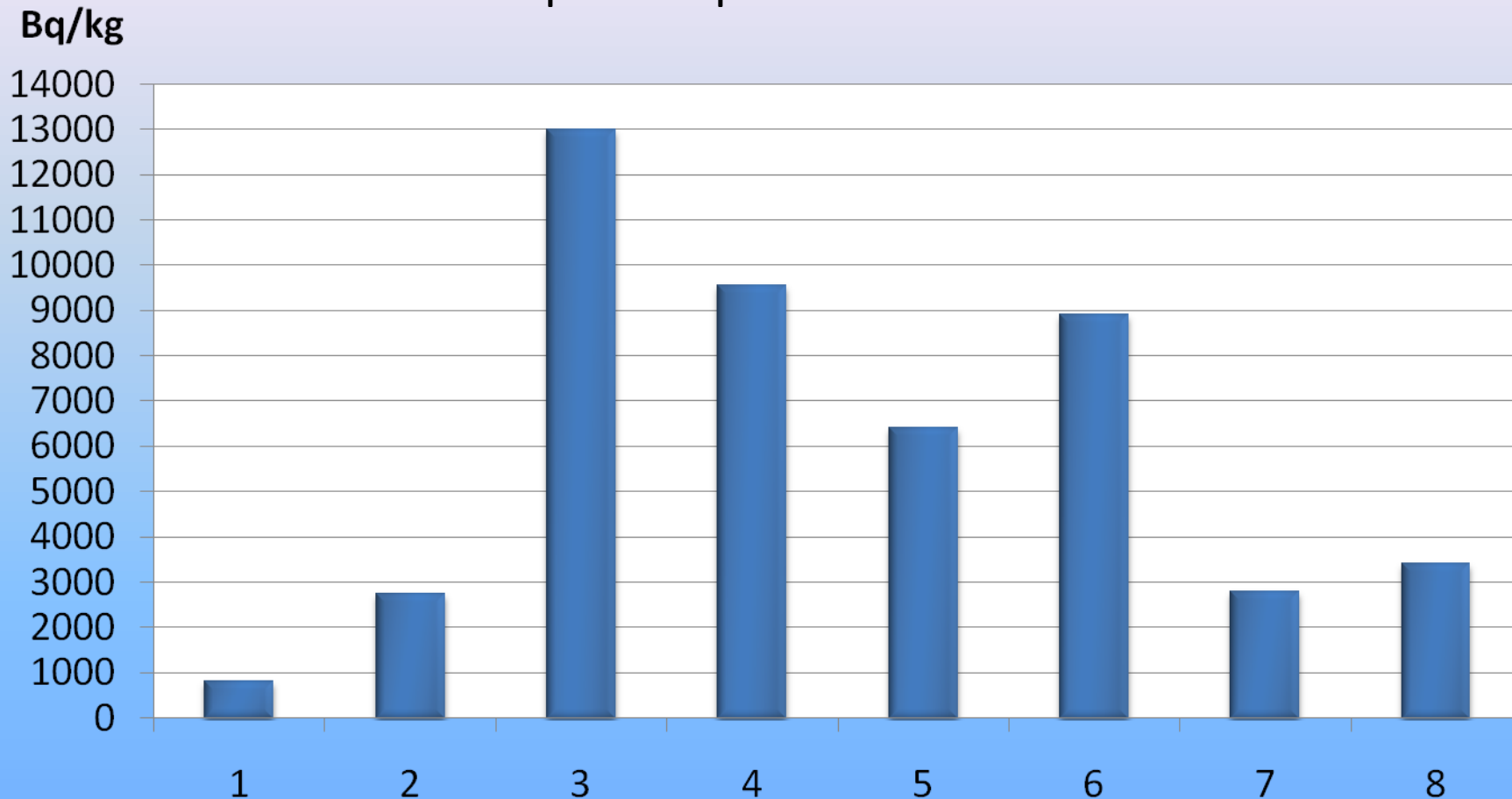
Accumulation de Cs-137 dans les viscères des adultes et enfants de la région de Gomel mesurée par radiométrie lors des autopsies en 1997 et 1998 (Yu. I. Bandazhevsky, 1999, 2003).

Ceci est tracé par l'expérimentation animale lors de l'incorporation de doses relativement faibles de radionucléides



Accumulation de Cs-137 dans les organes et l'organisme lors d'expérimentations animales

L'augmentation des doses de Cs-137 introduites dans l'organisme via le tractus digestif provoque son accumulation dans d'autres organes, notamment les muscles squelettiques.



1 – Corps entier ; 2 – Foie ; 3 – Reins ; 4 – Myocarde ; 5 – Rate ;
6 – Muscles squelettiques ; 7 – Testicules ; 8 – Poumons.

Accumulation de Cs-137 dans les organes internes de rats albinos lors
de l'ingestion quotidienne de 180 Bq

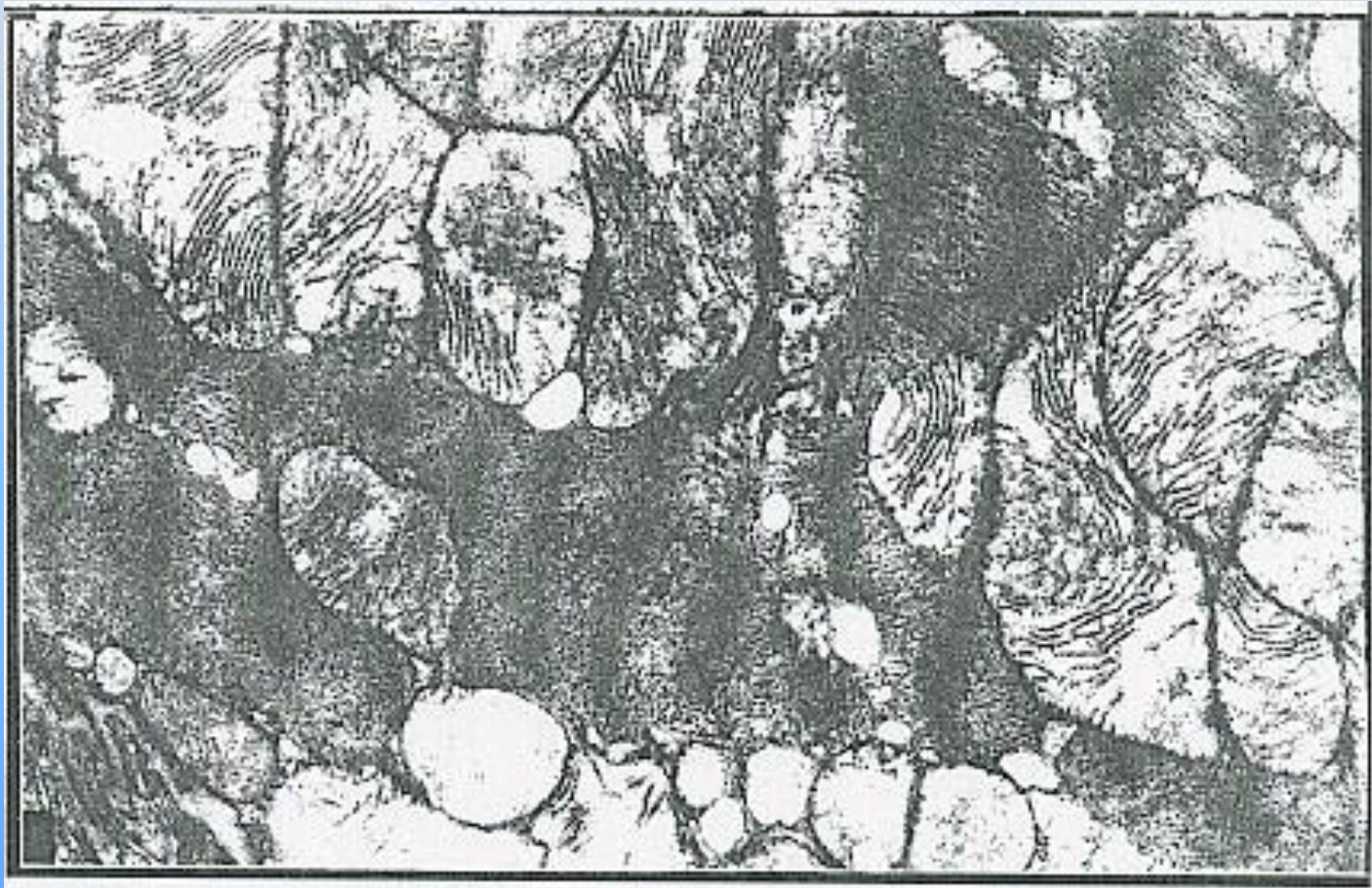
L'incorporation de Cs-137 conduit à des désordres énergétiques et métaboliques dans les cellules hautement différenciées et à des processus dystrophiques et nécrobiotiques. L'importance des désordres est une fonction de la concentration de Cs-137 dans l'organisme et dans les organes mentionnés précédemment. Plus la concentration est importante, plus les désordres le sont.

En règle générale, plusieurs organes sont sujets simultanément aux effets radiotoxiques, ce qui induit les dysfonctions métaboliques. Il doit être noté que les organes et tissus ayant dans des conditions physiologiques peu ou pas de réplication cellulaire (comme le myocarde) sont ceux qui sont les plus atteints. Le Cs-137, accumulé dans l'organisme, perturbe les processus métaboliques et affecte les structures des membranes cellulaires.

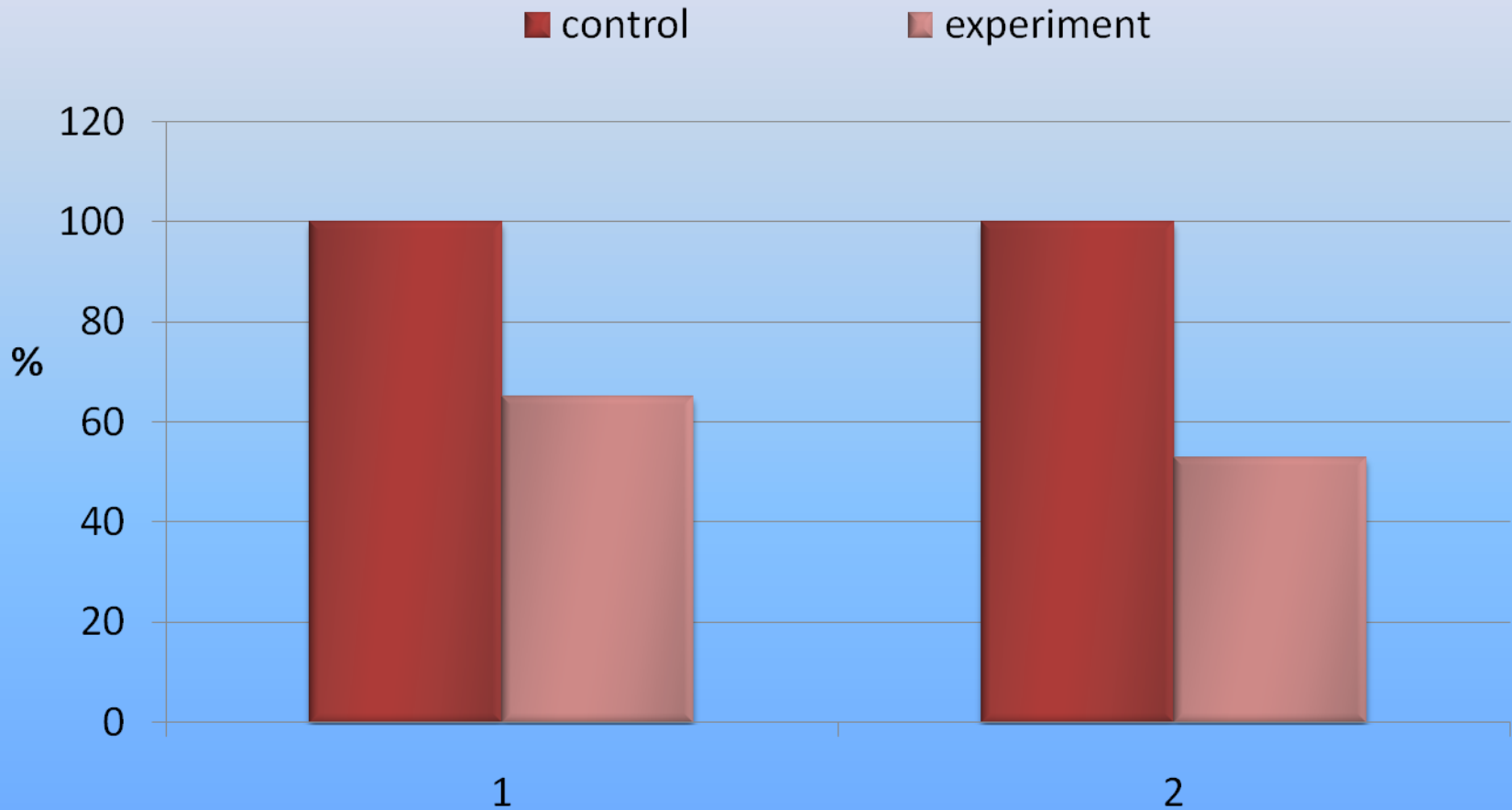
Les désordres structurels et fonctionnels concernent de nombreux systèmes vitaux, et en premier lieu le système cardiovasculaire. Les modifications structurelles, métaboliques et fonctionnelles du myocarde lors de l'accumulation progressive de radio césium sont une preuve de ses effets toxiques, avec l'atteinte du système énergétique et des mitochondries. Des changements profonds et irréversibles (liés à l'augmentation de la concentration de Cs-137) conduisent à des processus nécrobiotiques intracellulaires. L'inhibition ou la disparition de la créatine phosphokinase apparaît comme une conséquence de l'instabilité énergétique

Accumulation dans les mitochondries de cardiomyocytes de rat
lors d'une incorporation de radio cesium de 45 Bq/kg.

Uv. 30 000.



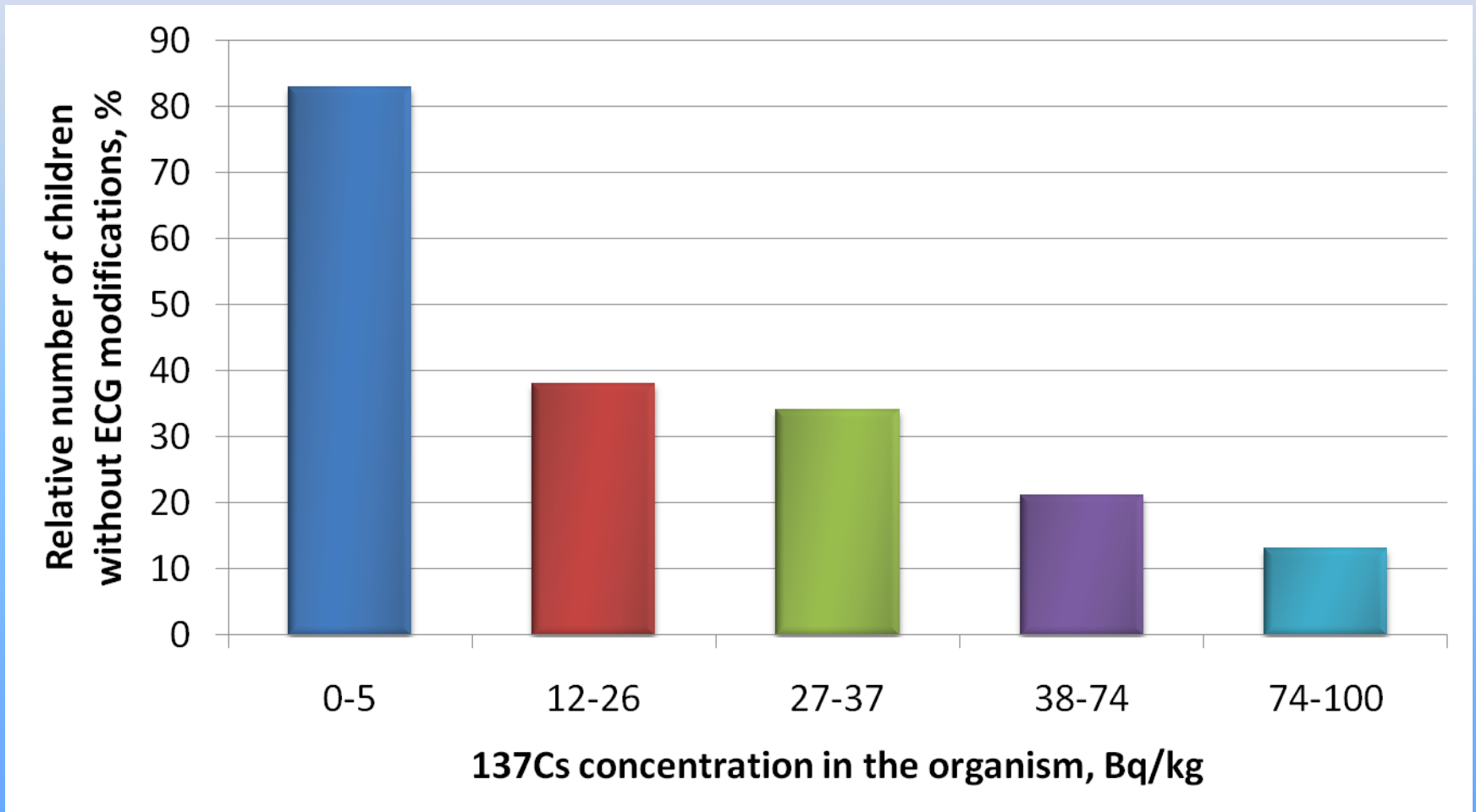
Variations de l'activité des enzymes dans le tissu myocardique parmi les animaux du groupe expérimental (% versus groupe contrôle)



1 – Phosphatase alcaline; **2** – Créatine phosphokinase (p <0,05).

Les effets du Cs-137 sont plus intenses sur le système cardiovasculaire d'un organisme en développement. Une concentration de radio césium supérieure à 10 Bq/kg conduit à l'altération des processus électro physiologiques du myocarde chez les enfants. Ceux nés après 1986 et vivant constamment dans les territoires contaminés par une concentration de Cs-137 supérieure à 15 Ci/km² ont de graves modifications pathologiques de leur système cardiovasculaire, qui se manifestent sur le plan clinique comme sur le plan électro cardiographique. L'incorporation de Cs-137 chez des enfants scolarisés provoque des désordres électro physiologiques du muscle cardiaque illustré par le taux d'anomalie du rythme cardiaque. Il y a une corrélation entre la dose de radionucléides présents dans l'organisme et le taux de troubles du rythme.

Nombre d'enfants sans modifications de l'ECG, fonction du niveau de concentration du Cs-137 dans l'organisme.

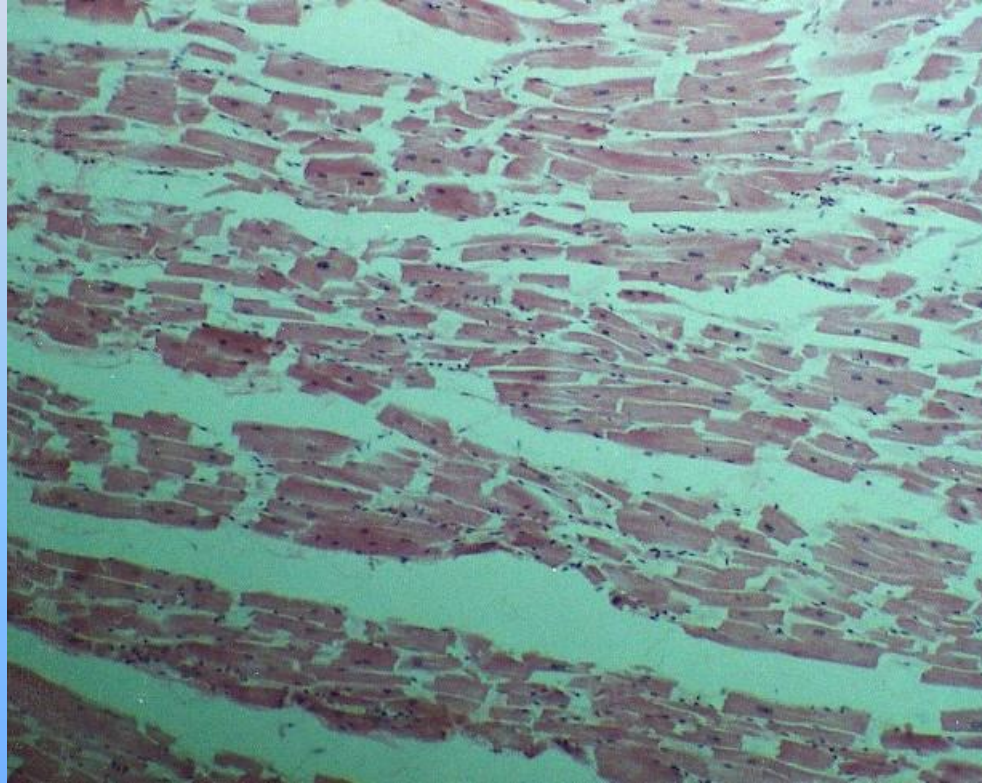


Coupe histologique du myocarde d'un habitant de Dobrush âgé de 43 ans
(décès par mort subite).

Concentration cardiaque de radio césium : 45,4 Bq/kg. Cytolyse diffuse.

Oedème intermusculaire. Fragmentation des fibres musculaires.

Coloration par hématoxyline et éosine. Uv. X 125.



Des désordres myocardiques sont notés dans 99% des cas de décès. On peut observer ici l'atteinte diffuse de cellules musculaires qui est caractéristique des effets toxiques de l'incorporation de radio césium.

Des modifications similaires sont retrouvées chez les animaux de laboratoire, le Cs-137 étant ingéré par la nourriture (grains d'avoine) ou par solution aqueuse .

Nous définissons la pathologie du myocarde que nous avons décrite comme étant une cardiomyopathie liée à l'incorporation de Cs-137. Elle correspond exactement à la définition du comité d'experts de l'OMS statuant qu'une cardiomyopathie est une destruction du myocarde de différentes origines, mais sans étiologie inflammatoire ou coronaire. La destruction diffuse de cellules musculaires du cœur sans réponse prononcée de l'organisme peut lui en donner une illustration parfaite.

La contribution du Cs-137 au classique infarctus du myocarde est considérable aussi, par la réduction de l'activité anti-thrombotique de la paroi vasculaire et par l'activation des thrombocytes et des systèmes de coagulation et de fibrinolyse qui favorisent la coagulation du sang dans la lumière des vaisseaux.

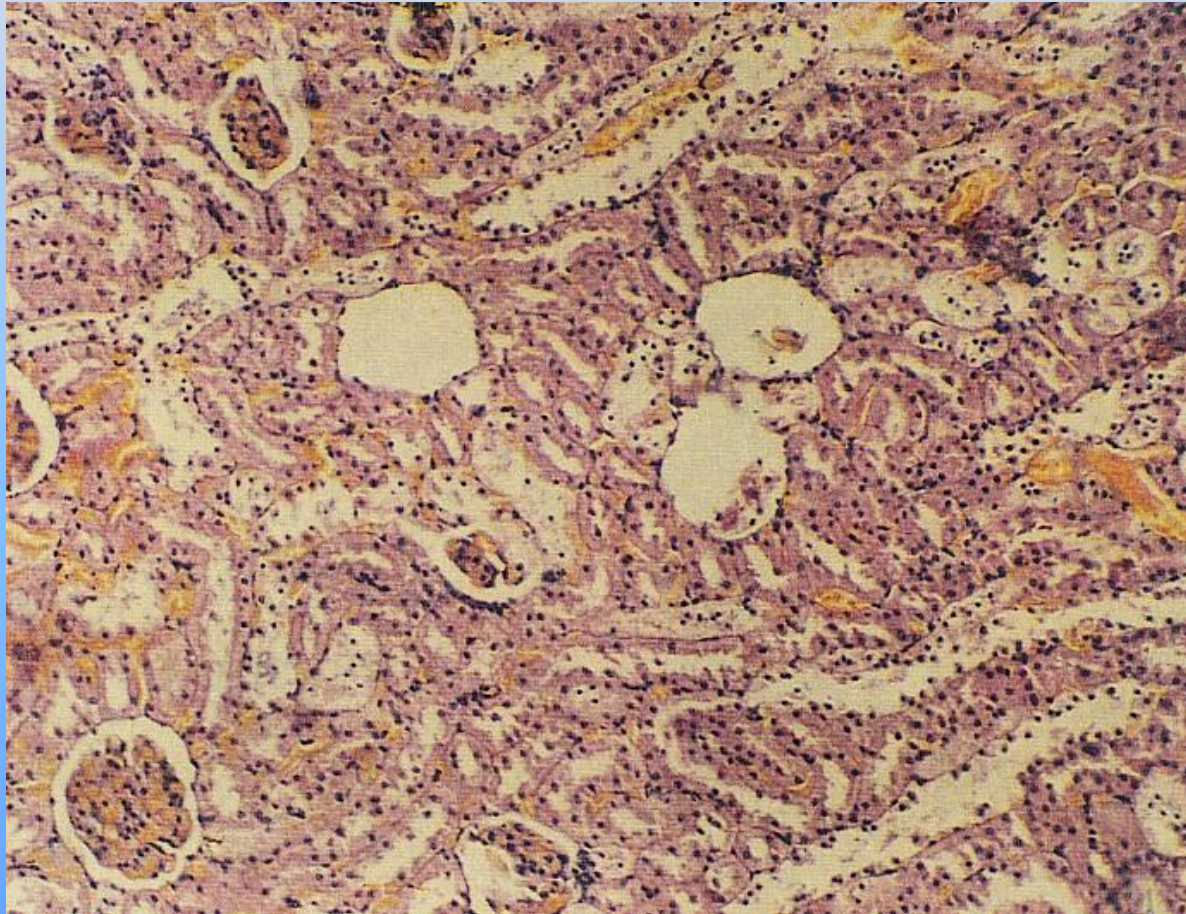
L'atteinte du système vasculaire due au Cs-137 se traduit par l'augmentation du nombre de personnes souffrant de maladies sévères – avec une pression artérielle augmentée - ; l'hypertension apparaissant déjà lors de la petite enfance.

Ces modifications pathologiques du système vasculaire induisent des destructions cellulaires dans le cerveau, le cœur, les reins et d'autres organes, en dehors de l'effet toxique qu'a sur eux le radio césium.

Aussi, en dépit de nombreuses discussions parmi les cardiologues, c'est le Cs-137 que nous considérons comme responsable des atteintes cardiovasculaires. Plusieurs faits substantiels doivent être considérés. La présence de radio césium dans les produits alimentaires et les corps humains sur le territoire de l'ex-URSS, en Bélarus, ont été notés dès les années 60 (Marey A.N. and co-authors, 1974). Ces années 60 sont aussi marquées par une augmentation substantielle de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaires.

Les reins sont un organe clef, gouvernant le processus d'excrétion du radio césium de l'organisme. Selon V. Zhuravlev (1990), l'excrétion urinaire de Cs-137 est 6 à 9 fois plus importante que par les fèces. Il affecte le système vasculaire des tubules et glomérules du néphron. La destruction structurelle et fonctionnelle des éléments du rein, au premier rang desquels les glomérules, se manifeste par un aspect typique en histologie, appelé phénomène de "melting ice-floe" ou « phénomène des glaçons fondus ». Des concentrations considérables de Cs-137 ont été mesurées dans le tissu de cet organe.

Coupe histologique rénale chez un rat albinos
ayant une concentration de radio cesium de 900 Bq/kg.
Nécrose et fragmentation glomérulaire avec formation de cavité.
Nécrose et dystrophie hyaline de l'épithélium tubulaire.
Coloration par hématoxyline et éosine. Uv. X 250.



Du fait des particularités structurales de cet organe, les pathologies radio induites ont leurs propres spécificités. La maladie est rarement accompagnée d'un syndrome néphrotique, elle est plus sévère et plus rapidement évolutive qu'une glomérulonéphrite chronique ordinaire. La suite est caractérisée par un développement fréquent et précoce d'une hypertension artérielle maligne. Il ne faut que 2 à 3 ans pour que la dégradation des reins conduise au développement d'une insuffisance rénale chronique avec ses complications cardiaques et cérébrales.

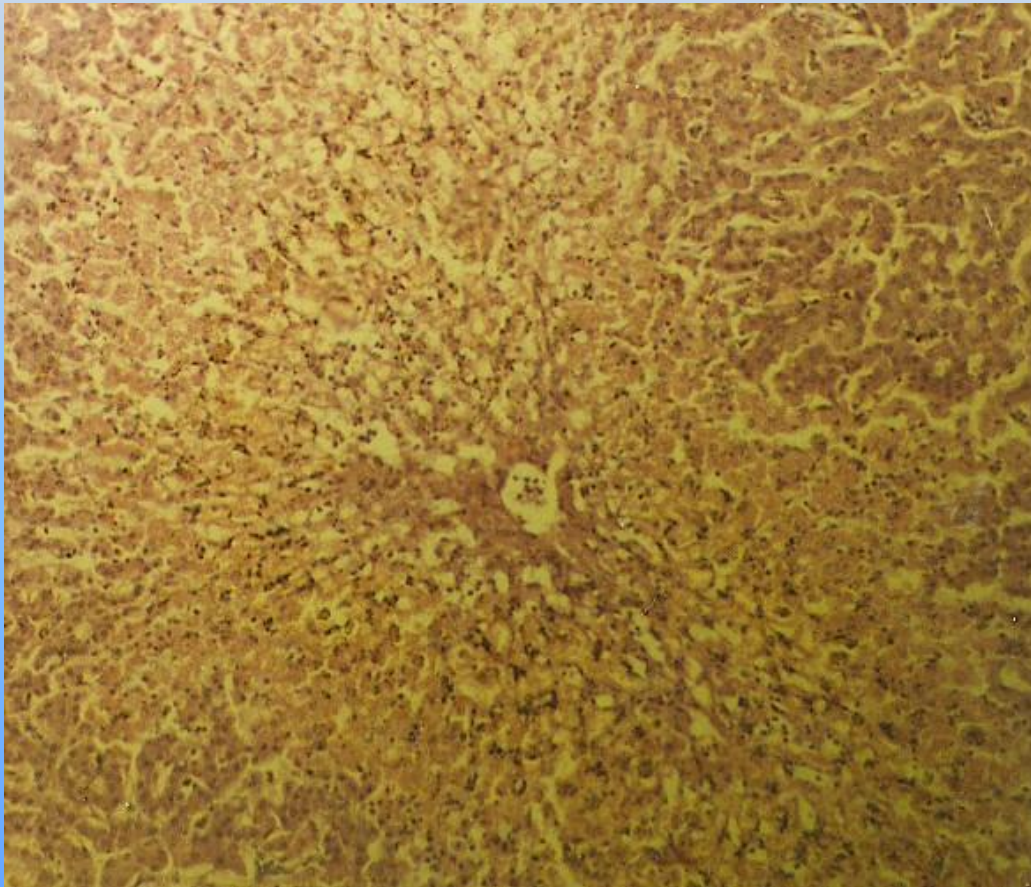
La destruction des reins est un l'un des effets majeurs du Cs-137 et entraîne l'accumulation de métabolites dans l'organisme avec des effets toxiques sur le myocarde et d'autres organes ainsi que le développement d'une hypertension artérielle. Dans l'étude sur les cas de mort subite à Gomel, 89% des cas présentaient une dégradation sévère des reins, alors qu'aucune mention de pathologie rénale n'avait été enregistrée au cours leur vie.

Coupe histologique du foie d'un habitant de Gomel âgé de 40 ans
(décès par mort subite).

Concentration en Radio césium dans le foie – 142,4 Bq/kg.

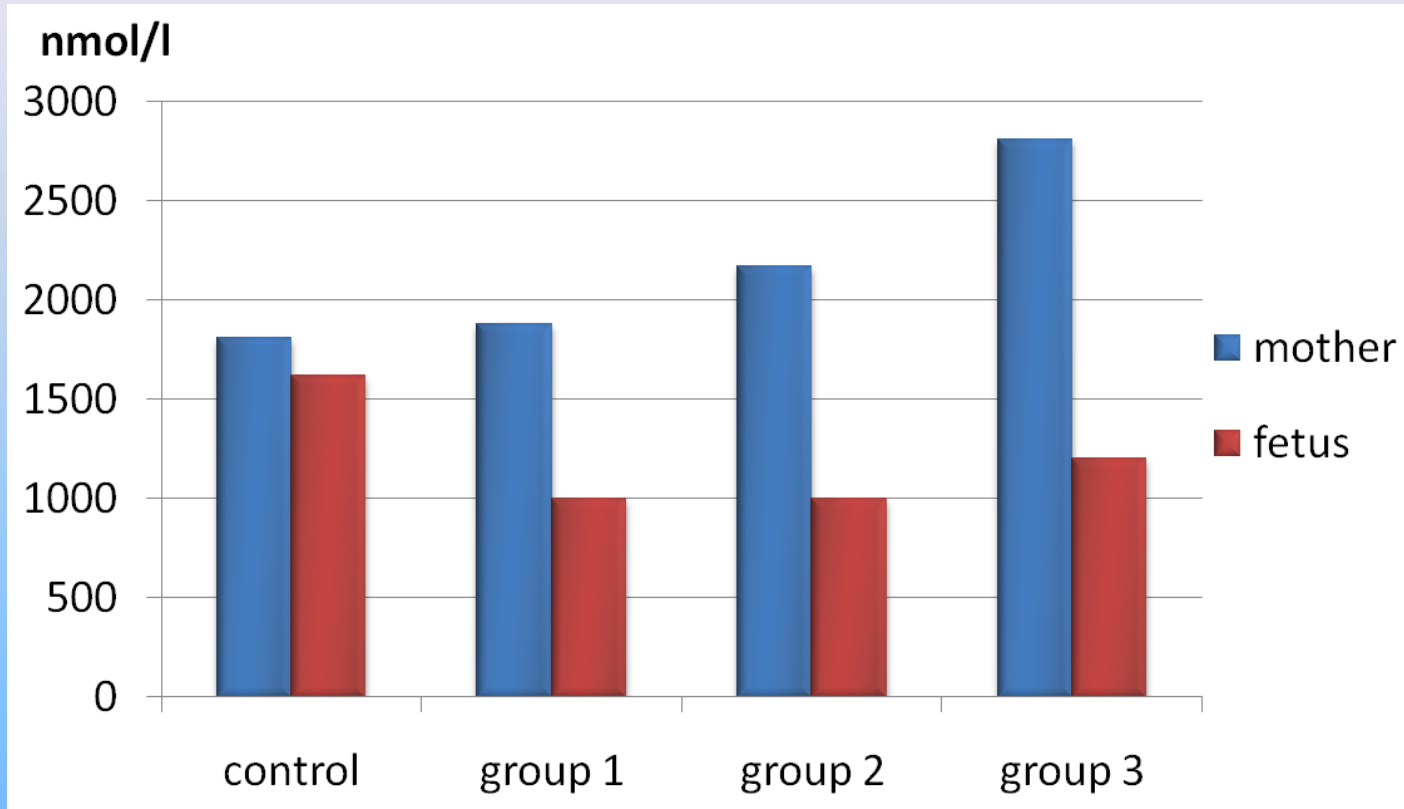
Dystrophie protéinique et lipidique, nécrose hépatocyttaire.

Coloration par hématoxyline et éosine. Uv. X 125



De sérieuses modifications du foie sont également notables. Le processus toxique passe avant tout par une perte de protéines cellulaires et des transformations métaboliques, avec formation de graisses, contribuant à des formes sévères de stéatose et de cirrhose.

Concentration de cortisol dans le sang chez la mère et le nouveau né



Concentration placentaire en Cs-137
1^{er} groupe – 1-99 Bq/kg
2^{ème} groupe – 100-199 Bq/kg
3^{ème} groupe – 200 Bq/kg et plus.

Le système endocrinien est exposé à l'influence du Cs-137. La surrénale est également affectée par l'incorporation de cet élément. Le taux de cortisol est corrélé à la concentration de radio césium. La modification du cycle du cortisol est particulièrement notable chez les nouveau-nés, leur mère ayant accumulé des quantités importantes de radionucléides dans l'organisme, notamment au niveau du placenta. D'où la fameuse mauvaise adaptation de ces enfants à leur condition intra utérine.

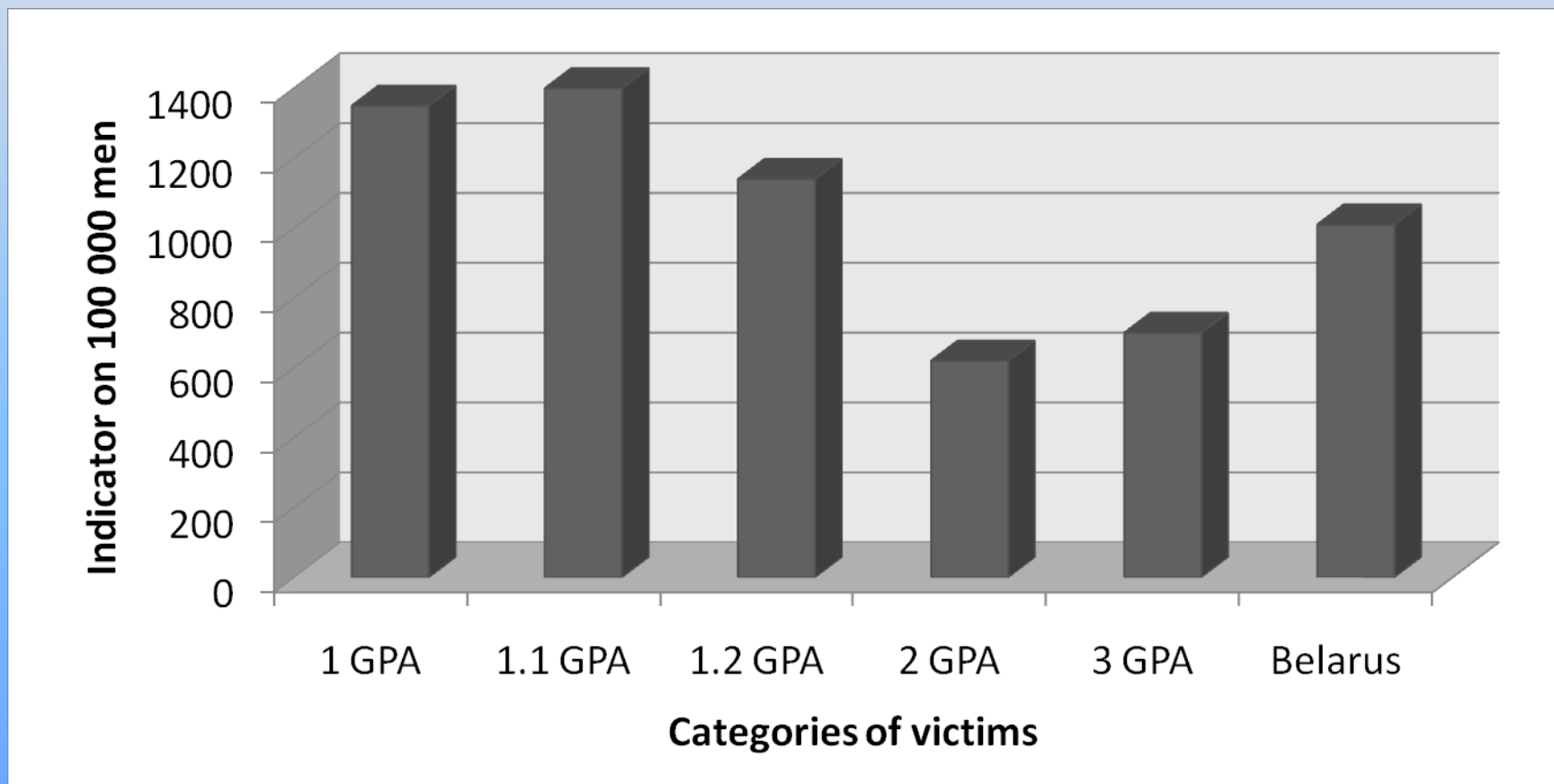
Les pathologies du système reproductif féminin sont le résultat de l'atteinte des fonctions endocriniennes. Le radio césium est responsable de déséquilibres oestrogéno-progestatifs à différents moments du cycle chez les femmes en âge de procréer, ce qui est un facteur clef d'infertilité.

L'incorporation de radio césium dans le placenta et d'autres organes endocriniens durant la grossesse conduit à des désordres hormonaux chez l'enfant comme chez la mère. En particulier, l'augmentation de la concentration Cs-137 accroît le taux de testostérone tout comme ceux d'hormones thyroïdiennes et de cortisol dans le sang.

Les atteintes hormonales du couple mère-foetus dues au radio césium amènent à des morts ainsi qu'à des complications néonatales et postnatales. En cas d'allaitement, le radio césium pénètre aussi l'organisme de l'enfant. Ainsi, l'organisme de la mère se purifie, pendant que celui de l'enfant devient contaminé au Cs-137. De nombreux systèmes se forment durant cette période, le radio césium a des effets extrêmement négatifs sur les organismes infantiles.

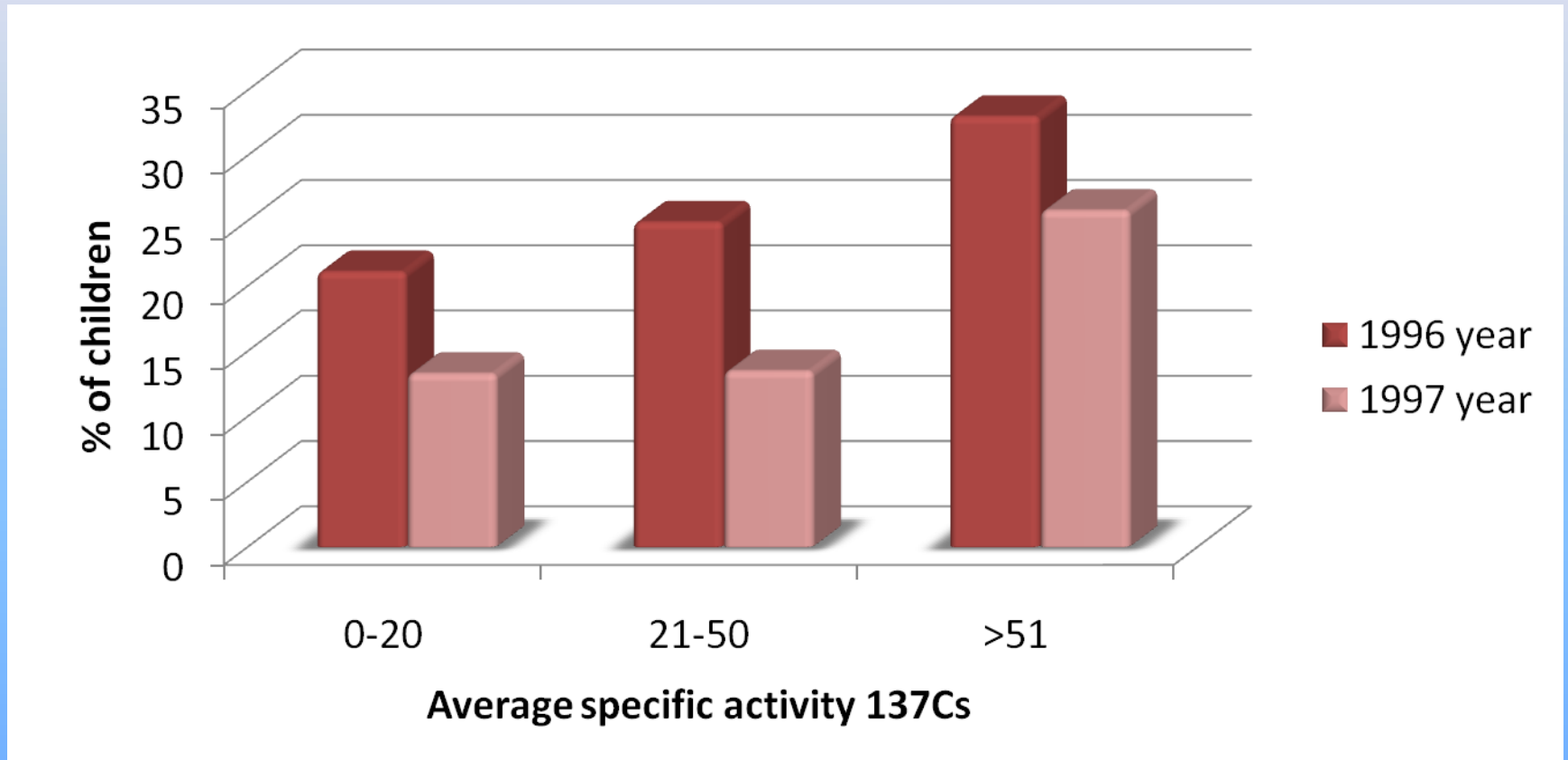
Le système nerveux est le premier à être affecté par l'incorporation de radionucléides. L'incorporation de Cs-137 à raison de 40-60 Bq/kg, provenant de l'alimentation en avoine d'animaux pendant 28 jours, cause un déséquilibre distinct des monoamines et des aminoacides neuro-actifs dans les différentes parties du cerveau, en particulier les hémisphères, ce qui est caractéristique des doses léthales et super léthales de radiation. Ceci se traduit par de nombreux désordres neurovégétatifs.

Les organes de la vue sont extrêmement sensibles à l'incorporation de radio césium. De 1993 à 2003 une augmentation annuelle de 6% en moyenne de l'incidence de la cataracte a été détectée chez les hommes liquidateurs de la catastrophe de Tchernobyl. Ce qui est significativement supérieur à l'incidence observée parmi les hommes d'autres catégories de population affectée.



Incidence de la cataracte chez les hommes affectés par la catastrophe de Tchernobyl entre 1993 et 2003 (pour 100 000 hommes).

Doit être également mentionnée l'augmentation de l'incidence de la cataracte chez les enfants d'âge scolaire vivant des territoires contaminés. La fréquence de découverte de pathologies des organes de la vue est directement liée à la quantité de Cs-137 dans l'organisme.



Augmentation des cas de cataracte des enfants du district de Vetka, région de Gomel, selon le taux moyen d'activité spécifique en Cs-137 (Bq/kg) dans l'organisme (Yu.I. Bandazhevsky and co-authors, 1997, 1999).

Ainsi, en pénétrant dans l'organisme, un radio isotope à durée de vie longue, le Cs 137, affecte nombre d'organes et de systèmes vitaux.

Ce sont avant tout les cellules hautement différenciées qui sont touchées, l'atteinte étant proportionnelle au taux de radio césium. La destruction des mécanismes énergétiques cellulaires est à la base du processus et aboutit à des destructions protéiques.

Les caractéristiques des effets du CS 137 sur l'organisme humain sont liées à des réductions successives de processus métaboliques au sein des cellules. De ces réductions métaboliques découlent les effets directs de toxicité sur les organes vitaux qui combinent une atteinte de la trophicité des tissus et du système vasculaire.

Ces modifications pathologiques retrouvées dans l'organisme humain ou animal peuvent être réunies dans un même syndrome de l'incorporation chronique de radio-isotopes à demi-vie longue ; « syndrome of the long-living incorporated radioisotopes (**SLIR**) ».

Le syndrome apparaît en cas d'incorporation de Cs-137 (son intensité est fonction de la quantité incorporée et de la durée d'incorporation). Il est caractérisé par une pathologie métabolique spécifique associant des altérations structurelles et fonctionnelles des systèmes cardio-vasculaires, nerveux, endocrinien, immunitaire, génital, digestif, rénal et hépatobiliaire. L'effet de la quantité de Cs-137 sur l'induction d'un SLIR peut varier selon l'âge, le sexe et l'état fonctionnel préalable de l'organisme. Il a été noté que les enfants avaient des modifications pathologiques considérables au niveau des organes et systèmes, pour un taux d'incorporation supérieur à 50 Bq/kg. Simultanément, des perturbations métaboliques, essentiellement dans le myocarde, ont été enregistrées à une concentration de Cs-137 de 10 Bq/kg.

C O N C L U S I O N :

1. Vingt-trois ans après l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl, les habitants de la République du Belarus, qui ont vécu dans des territoires contaminés par les éléments radioactifs et qui ont consommé ces radio nucléides sur une longue période sont exposés à un risque accru de maladies cardio-vasculaires et de tumeurs malignes.
2. L'augmentation constante de ces pathologies durant les 23 années après l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl conduit à une situation proche de la catastrophe démographique où le taux de mortalité atteint le double du taux de natalité.
3. La situation actuelle requiert des décisions immédiates au niveau national et international afin d'apporter au problème survenu sa solution – la protection de l'état de santé des personnes habitant dans les territoires contaminés par l'accident de Tchernobyl.