

rels de plutonium. La contamination de l'eau potable des villes de Tchernobyl et de Prypiat par le strontium 90 ne dépasse pas 200 becquerels par mètre cube, soit au-dessous du niveau autorisé de contamination, égal à 20 becquerels par litre ; malheureusement, dans les puits des zones rurales, la contamination est cinq fois supérieure à celle des eaux dans les villes.

Les autres flux de radioactivité vers l'extérieur de la zone d'exclusion sont dus au transfert atmosphérique des poussières radioactives remises en suspension, aux migrations d'animaux et aux activités humaines. Ces voies sont négligeables comparées au transfert par les eaux de ruissellement, sauf à l'occasion des feux de forêts : un feu de 200 hectares de forêt entraîne la remise en suspension de près de 70 tonnes de cendres radioactives. Depuis l'accident, six feux importants se sont déclarés dans cette forêt morte.

La contamination radioactive de la zone d'exclusion est surveillée par 20 stations de mesure de la radioactivité des aérosols, 133 stations de prélèvement et de mesure des eaux de surface et souterraines. En outre, la radioactivité est surveillée mensuellement par des prélèvements d'aérosols atmosphériques, de dépôts de surface, d'eau et de sol. Les eaux souterraines ne sont polluées que sur une faible partie de la zone d'exclusion, mais très fortement à l'aplomb des zones de stockage temporaire. Les eaux qui circulent dans les déchets eux-mêmes ont une activité en strontium 90 de 100 000 à 100 millions de becquerels par litre. La contamination des eaux souterraines augmente, et le maximum est prévu dans 10 à 20 ans.

Durant les premiers jours qui ont suivi l'accident, les débits de dose près

du réacteur accidenté étaient de l'ordre d'un gray par heure. Ils sont aujourd'hui de l'ordre de quelques dixièmes de milligray par heure. La radioactivité des aérosols atmosphériques a décliné régulièrement jusqu'en 1991, puis s'est stabilisée.

Outre la contamination des divers compartiments de l'environnement, les doses incorporées par les personnes vivant ou travaillant dans la zone d'exclusion indiquent la viabilité de cette zone. La dose moyenne annuelle des personnes travaillant dans la zone d'exclusion a diminué, entre 1990 et 1995, de six à un millisievert ; la limite acceptée est d'un millisievert pour les personnes du public et 20 dans un cadre professionnel.

En principe, la zone d'exclusion a été totalement évacuée. En fait, quelques centaines de personnes, généralement âgées, y vivent encore de leur propre production agricole, sans appliquer de contre-mesures. Cette population ne reçoit pas, d'après les informations officielles, une dose annuelle supérieure à un millisievert.

Après une irradiation aiguë en mai 1986, due au passage du nuage radioactif et au dépôt des radionucléides sur le sol, une large part de la faune et de la flore a récupéré ses fonctions essentielles dès que le débit de dose a diminué. Néanmoins, on observe des altérations aux niveaux cellulaire et moléculaire dans les organismes végétaux. L'environnement a été contaminé à une période de l'année où la nature, en pleine croissance est la plus sensible aux rayonnements. Les organes de reproduction des arbres sont particulièrement vulnérables aux rayonnements, et la relation entre les doses reçues par les arbres et les capacités de germination

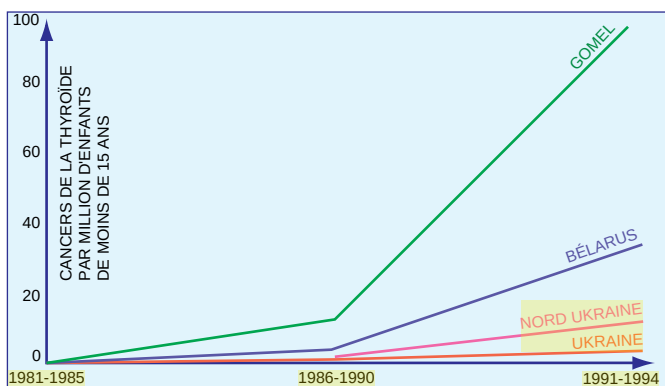
des graines est nette. Les conifères sont particulièrement fragiles.

Aux alentours du site, les rayonnements ont massivement détruit les pins et partiellement endommagé le feuillage supérieur des bouleaux, des aulnes et, plus généralement, des arbres à feuilles caduques. On appelle ces forêts, «forêts rousses». De 1988 à 1989, une partie des arbres de cette zone a retrouvé ses capacités de reproduction. Les botanistes ont noté des anomalies morphologiques et des anomalies de croissance chez les herbacés et les arbustes.

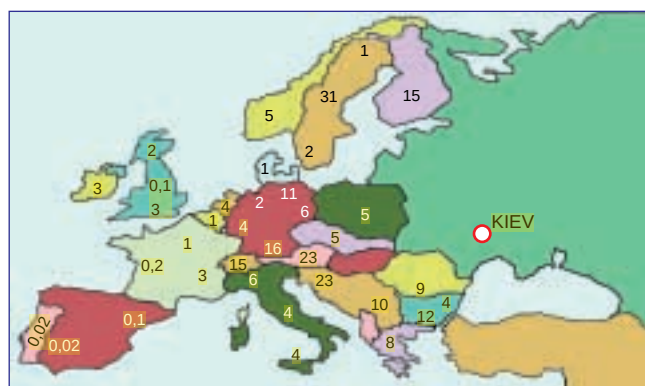
Dans le monde animal, on a observé un grand nombre d'altérations des processus physiologiques et biologiques ; de profondes modifications pathologiques, éventuellement mortelles, ont frappé les espèces dont l'habitat a été fortement contaminé, notamment les rongeurs. La fertilité des poissons vivant dans les lacs et la rivière Prypiat a diminué, leur taux de croissance et les processus de développement des cellules sexuelles ont été altérés. Chez différentes espèces de reptiles et d'amphibiens, le nombre d'aberrations cellulaires a augmenté. Les invertébrés, qui sont plus résistants aux rayonnements ionisants, ont toutefois été plus affectés, du fait de la plus forte contamination de leur niche écologique.

Contamination hors de la zone d'exclusion

L'inventaire calculé du cœur, à l'instant de l'accident, était de 25 millions de térabecquerels d'halogènes, dont 12,6 millions de térabecquerels d'iodes (ces produits dangereux résultent des réactions de fission dans le combustible nucléaire). Vingt à cinquante pour



3. INCIDENCE ANNUELLE MOYENNE du cancer de la thyroïde chez l'enfant en Bélarus, en Ukraine et à Gomel.



cent des iodes ont été rejetés dans l'atmosphère. Les iodes, éléments volatils à vie courte, ont disparu par décroissance radioactive quelques mois après l'accident ; hélas, dans l'entremise, la radioactivité rejetée et la radiotoxicité des iodes sur la thyroïde ont entraîné des dommages sanitaires importants pour les populations. Une large part de la région du «Polessey» est maintenant classée en «réserve écologique et radiologique» et est réglementée par un décret limitant considérablement les activités humaines, notamment l'agriculture. Dans le sol, dix ans après l'accident, plus de 95 pour cent de l'activité totale est présente dans les dix premiers centimètres.

Environ 5 à 30 pour cent du césium et 50 à 90 pour cent du strontium présents dans le sol sont aujourd'hui disponibles pour les plantes. La libération du strontium par les particules chaudes devrait accroître cette disponibilité.

L'impact de la radioactivité sur l'homme résulte essentiellement de la radioactivité de la couche supérieure du sol. Cette présence est quantifiée

par la «demi-vie de présence» du radionucléide dans le sol, c'est-à-dire le temps nécessaire à une diminution de moitié de sa concentration initiale. Pour le césium 137, cette demi-vie est plus longue dans la couche supérieure du sol (24 à 27 ans), où le césium est piégé, que dans la couche plus profonde, au-delà de 5 à 8 centimètres (10 à 17 ans). Le strontium disparaît de la surface une à trois fois plus vite que le césium.

La forêt occupe environ 30 pour cent des sols contaminés et a joué le rôle de filtre dans l'interception des retombées, ce qui se traduit par une contamination accrue de 20 à 30 pour cent de la zone périphérique des forêts par rapport au centre ; 60 à 90 pour cent des retombées ont été interceptées par le feuillage, la moitié de l'activité retombant au sol au bout d'un mois. La litière est donc la partie la plus contaminée des écosystèmes forestiers : 45 à 90 pour cent des retombées y sont concentrées.

Actuellement, l'activité totale accumulée par la phytomasse représente six pour cent de la radioactivité totale

de la forêt. Les feuillus accumulent plus de radioactivité que les conifères. Les végétaux arbustifs et herbacés des écosystèmes forestiers se décontaminent de moitié en 15 ans.

La contamination des forêts a durement frappé l'économie forestière : 20 pour cent de la production de bois en Bélarus, qui dépasse les niveaux acceptables de contamination, est temporairement stockée avant emploi. Le bois de chauffage est le plus surveillé, car sa combustion concentre l'activité dans les cendres (d'un facteur 100). L'une des options proposées pour la valorisation des forêts contaminées est l'incinération dans des centrales de production d'énergie thermique ou des usines de transformation du bois en pâte à papier, le contrôle des cendres étant plus facile dans une installation industrielle.

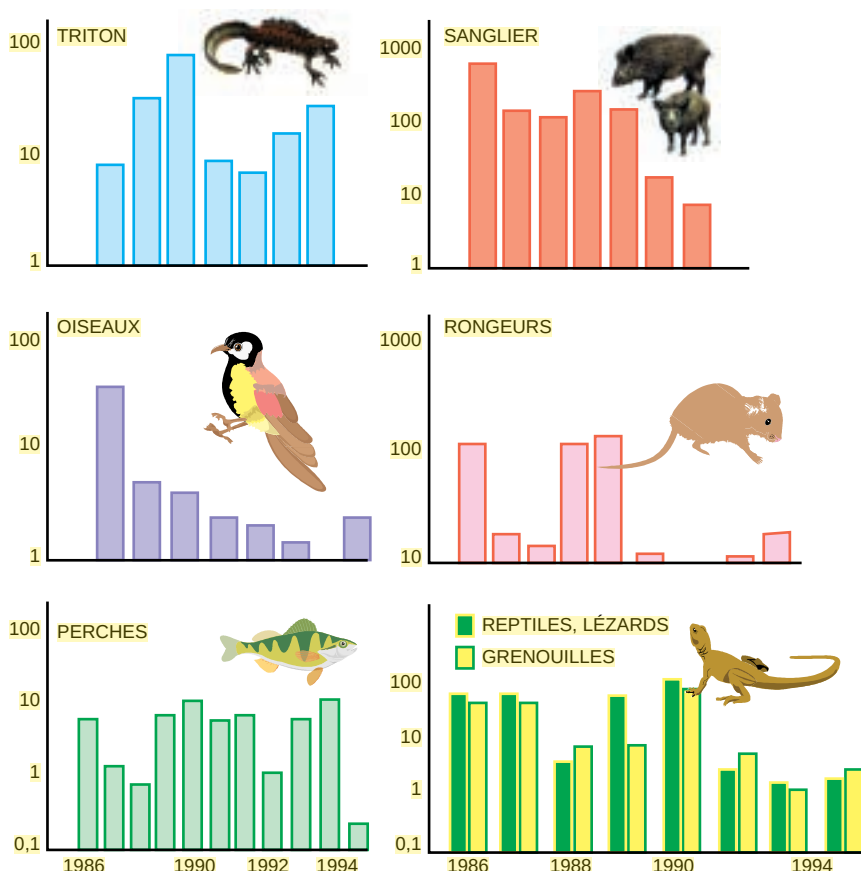
Doses aux populations

La dose prévue pour la période de 1996 à 2056 est deux à trois fois plus faible que la dose déjà reçue durant ces dix dernières années, la moitié de cette dose ayant été délivrée en 1986. Dans les zones les plus contaminées, les individus recevront 200 à 300 millisieverts au cours de leur vie, en plus de la dose due à l'irradiation naturelle.

La dose due à l'alimentation représente 60 pour cent de la dose totale entre 1986 et 1995. Cependant les 80 pour cent de la dose reçue dans les années à venir sera due à l'irradiation par le sol ; 20 pour cent seulement par l'alimentation. Une augmentation de la dose reçue a été observée ces dernières années chez les habitants des zones rurales : ce phénomène est principalement dû à la consommation de baies et de champignons, malgré leur contamination en césium 137 au-delà des niveaux permis. La contribution du strontium 90 à la dose provenant de l'alimentation est aujourd'hui négligeable. Entre 1986 et 1995, la contribution du plutonium à la dose a été de 25 microsieverts en moyenne.

Les mesures de décontamination

L'effort le plus important porte sur une réhabilitation de l'agriculture dans les territoires contaminés. Le premier objectif a été la production



5. CONTAMINATION DES DIFFÉRENTES ESPÈCES ANIMALES de la zone d'exclusion. Cette contamination est mesurée par la radioactivité γ artificielle en kilobecquerels par kilogramme. On a observé de fortes modifications pathologiques chez les rongeurs et les amphibiens.

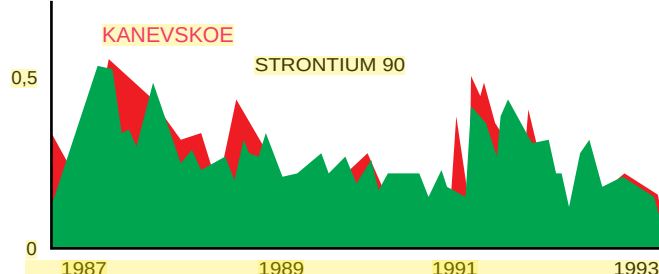
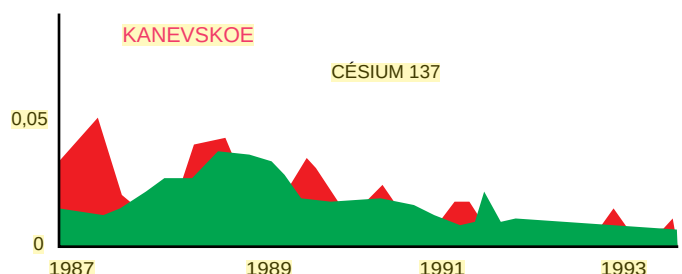
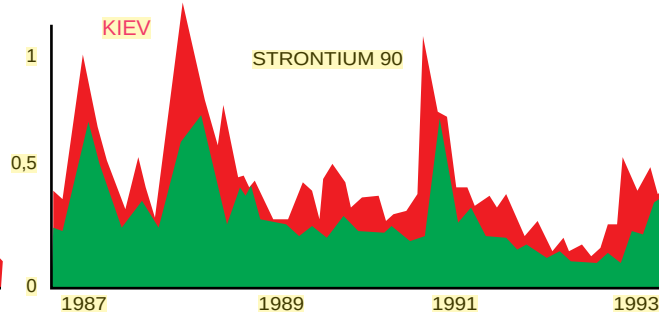
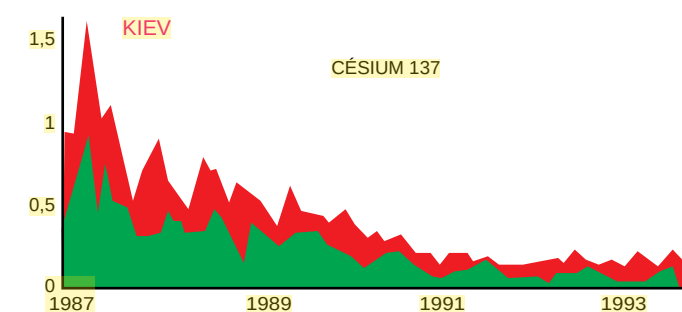
de produits agricoles au-dessous des niveaux admissibles de contamination. Les contre-mesures agronomiques, agrochimiques et l'amélioration des sols ont divisé le transfert du césium aux productions agricoles par un facteur 1,5 à 4 : chaulage des sols acides, application d'engrais potassium, labour profond et application d'engrais potassium. La contamination des produits animaux dépend du type d'alimentation, de l'affouragement, du type d'élevage,

du niveau de contamination du fourrage et du sol. L'alimentation des animaux avec du fourrage non contaminé, deux à sept mois avant l'abattage, permet la production de viande peu ou pas contaminée.

Depuis 1994, la contamination des productions agricoles a nettement diminué : 0,7 pour cent de la production de lait et quelques tonnes de viande seulement dépassent les limites tolérées. Aucune production en provenance de terres labourables (céréales,

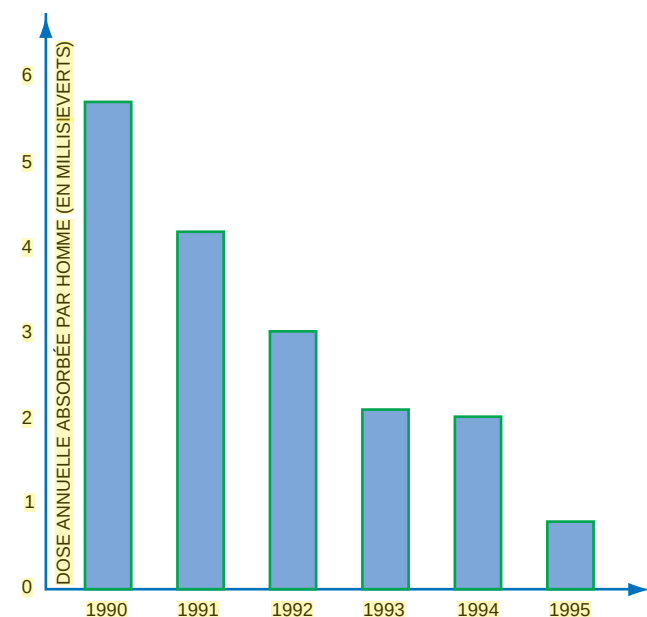
tubercules, racines) n'est supérieure aux limites tolérées.

Les contre-mesures qui ont été appliquées ont modifié très profondément les pratiques habituelles de cette zone agricole. Globalement, la production de fourrage a été augmentée, les pratiques zootechniques ont été modifiées (alimentation et stabulation du bétail), afin que les agriculteurs obtiennent des produits faiblement contaminés avant transformation.

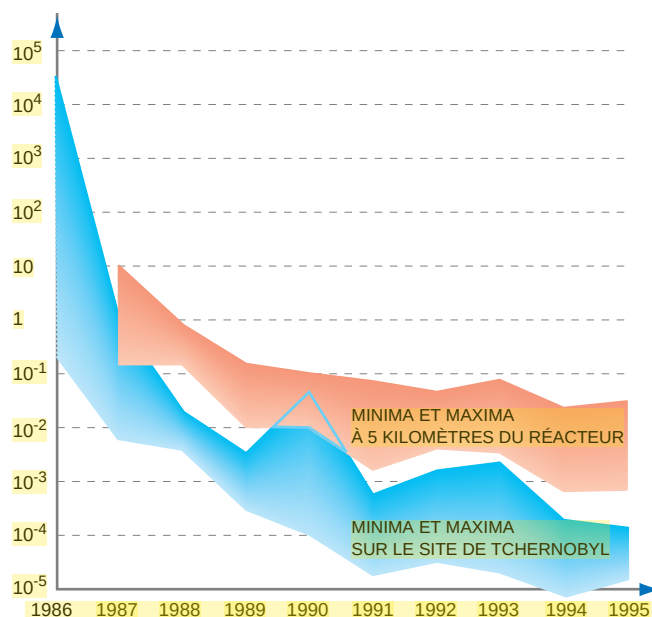


6. CONTAMINATION PAR LE CÉSIUM 137 ET LE STRONTIUM 90 des réservoirs d'eau de Kiev et de Kanevskoe, alimentés par le Dniepr et la Prypiat. Les aires en rouge indiquent l'activité des eaux à l'en-

trée des réservoirs, celles en vert l'activité des eaux en sortie. Les activités sont exprimées en becquerels par litre ; les niveaux temporaires admissibles sont de 370 becquerels par litre.



7. DOSES DÉLIVRÉES AUX POPULATIONS, en millisieverts par an, pour les travailleurs de la zone d'exclusion autour de Tchernobyl.



8. RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE due aux émetteurs β des aérosols atmosphériques entre 1986 et 1995.



9. CARTOGRAPHIE DES DOSES dans la zone de Tchernobyl. La zone d'exclusion de 30 kilomètres de diamètre est indiquée par le cercle rouge.

Qualité de la vie des populations

La catastrophe de Tchernobyl empêche les pratiques normales dans l'industrie et dans l'agriculture. Six à vingt pour cent des budgets nationaux des trois républiques ont été consacrés à la réhabilitation des territoires affectés par la catastrophe. Dans les territoires contaminés, la santé publique est le souci majeur : un système spécifique de sécurité sociale a été mis en place, et le suivi médical des populations y est intensif.

Ces mesures ont deux effets opposés : d'une part, elles contribuent à un meilleur état de santé, d'autre part, elles accroissent les inquiétudes des populations. L'état psychologique et social des individus vivant dans les territoires contaminés ou évacués en 1986 est caractérisé par une grande anxiété, une grande agressivité, une crainte de l'avenir et, finalement, un profond désespoir. Les évacuations et le relogement ont protégé les populations des rayonnements, mais ont créé des difficultés liées aux nouvelles conditions de vie et au déracinement. La situation démographique de ces territoires se dégrade : le taux de natalité et l'espérance de vie diminuent.

Des restrictions concernant la production et la consommation de produits alimentaires subsistent depuis mai 1986 dans les zones rurales les plus contaminées. Un approvisionnement de produits non contaminés a été mis en place, en particulier pour le lait, mais s'est révélé insuffisant pour les fruits, les légumes et le bois de chauffage. La consommation de produits contaminés n'a pas été supprimée.

Un problème corollaire est la difficulté, voire l'impossibilité, de trouver des marchés pour les denrées alimentaires produites dans les régions contaminées, même quand ces denrées respectent les normes sanitaires ; il en résulte une diminution du revenu des agriculteurs et une forte augmentation du chômage. L'aide apportée par l'État ne compense pas cette grave situation, et la méfiance de la population envers les pouvoirs publics est amplifiée.

Les effets sanitaires

Les pompiers, sauveteurs et employés de la centrale qui ont participé aux actions de secours le 26 avril 1986 et les jours suivants ont été les seuls à souffrir d'effets aigus des rayonnements. Parmi les 237 personnes for-

tement irradiées et hospitalisées, 28 sont mortes en quelques semaines. Leur mort résultait d'une combinaison des effets de l'irradiation et de brûlures radiologiques étendues, dues au dépôt de produits radioactifs sur la peau. Trois autres sauveteurs sont morts le premier jour, l'un de traumatismes dus à l'écroulement des structures du réacteur, un autre de crise cardiaque et le troisième de brûlures thermiques.

Peu de liquidateurs étaient munis de dosimètres. Les doses d'irradiation sont estimées à plus de 250 millisieverts pour dix pour cent d'entre eux. À titre de comparaison, la dose par irradiation naturelle sur la vie entière est d'environ 150 millisieverts. Compte tenu de ces doses, il n'est pas exclu qu'un excès de cancers apparaisse dans l'avenir. Il peut paraître technocratique de distinguer les cancers induits par la catastrophe et les cancers dits naturels, dont nul n'est à l'abri. Cette différenciation n'en est pas moins indispensable pour une bonne évaluation des risques et des niveaux de prévention souhaités.

Les cancers induits risquent d'apparaître dans les futures décennies, et persisteront jusqu'à l'extinction naturelle du groupe de liquidateurs, d'un âge moyen de 35 ans en 1986. Le nombre de cancers attribuables à Tchernobyl est actuellement de l'ordre de la dizaine, soit un excès d'environ cinq pour cent du fonds naturel de cancers.

Malgré de nombreux rapports faisant état de maladies diverses en nombre anormalement élevé chez les 650 000 liquidateurs, leur mortalité, telle qu'elle est attestée par les chiffres, est identique à celle de la population. Elle a d'ailleurs les mêmes causes, avec plus de la moitié des décès dus à des blessures et à des intoxications, un cinquième à des maladies cardio-vasculaires et moins d'un autre cinquième à des tumeurs malignes.

Entre 1986 et 1995, plus de 27 000 liquidateurs sont morts de causes «naturelles». Sur la base des doses reçues par les liquidateurs, le taux de cancers radio-induits à apparaître dans les décennies à venir peut raisonnablement être évalué à quelques centaines pour 100 000 liquidateurs, dont 15 000 ou plus mourront de cancers naturels. Pour l'ensemble des 650 000 liquidateurs, cela représenterait quelques milliers de cancers attribuables à Tchernobyl, parmi les 90 000