

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire



Tchernobyl, 25 ans après

Fin avril 1986,
lors d'un accident
nucléaire majeur,
une importante quantité
de matières radioactives
se disperse dans
l'atmosphère...

Les unités

Becquerel

Le becquerel est l'unité de mesure de la radioactivité. Il correspond à une désintégration par seconde, quel que soit le type de rayonnement émis (α , β , γ).

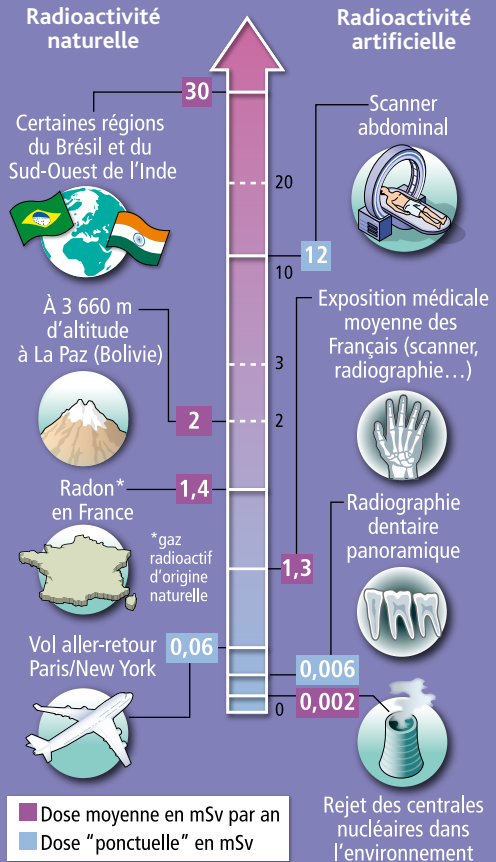
Gray

Le gray (Gy) est l'unité de dose absorbée. Il correspond à la quantité d'énergie (en joule - J) cédée par les rayonnements ionisants à la matière qu'ils traversent (exprimée en kilogrammes - kg).
 $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$.

Sievert

Le sievert (Sv) est l'unité de dose équivalente reçue par un organe ou un tissu spécifique ainsi que l'unité de dose efficace (corps entier). La dose équivalente est déterminée à partir de la dose absorbée, en tenant compte de la différence d'efficacité des rayonnements à créer un dommage aux organes ou tissus. La dose efficace est déterminée à partir des doses équivalentes délivrées aux différents organes ou tissus du corps, en tenant compte de leur sensibilité relative aux effets des rayonnements ionisants. Ces doses en sievert permettent d'estimer le risque d'apparition d'effets stochastiques (cancers, effets héréditaires) pouvant affecter l'organisme exposé.

Quelques exemples de sources d'exposition sur l'homme



Rappel

La dose efficace individuelle moyenne due à la radioactivité naturelle en France est de 2,4 millisieverts par an.



Ce qu'il faut savoir sur l'accident de Tchernobyl

Qu'est-ce que la radioactivité ?	p. 2
1 ■ L'accident	p. 4
2 ■ Les rejets	p. 7
3 ■ La dispersion du panache radioactif sur l'Europe	p. 8
4 ■ La formation des dépôts radioactifs en Europe	p. 12
5 ■ La contamination des milieux et de la chaîne alimentaire	p. 17
6 ■ L'impact sanitaire dans les territoires les plus contaminés	p. 24
7 ■ Les doses reçues en France et les risques associés	p. 31
8 ■ Le site aujourd'hui	p. 35
9 ■ Les leçons de l'accident de Tchernobyl	p. 38

Qu'est-ce que la radioactivité ?

La radioactivité est un phénomène naturel qui existe depuis que les atomes se sont formés, il y a des milliards d'années.

Les éléments chimiques présents dans la matière sont constitués d'atomes dont le noyau est formé de protons et de neutrons, qu'entoure un cortège d'électrons. Les atomes d'un même élément ont tous le même nombre de protons (par exemple 92 pour l'uranium) mais peuvent avoir un nombre différent de neutrons : il s'agit des différents isotopes de l'élément.

La plupart des isotopes ont un noyau stable et restent indéfiniment identiques à eux-mêmes. D'autres isotopes ont un noyau instable en raison d'un excès ou d'un déficit de neutrons : ils se transforment spontanément en un atome plus stable en libérant de l'énergie sous forme de rayonnements ionisants ; c'est le phénomène de la radioactivité. Une source composée d'isotopes radioactifs est caractérisée par son activité, exprimée en becquerels (Bq) : 1 Bq correspond à une désintégration radioactive par seconde. Plus l'activité d'une source est élevée, plus la quantité de rayonnement émis est importante. Au fur et à mesure que les noyaux radioactifs contenus dans une source se transforment, l'activité de la source décroît : la demi-vie, ou période radioactive, est le temps nécessaire pour que l'activité d'une source diminue de moitié.

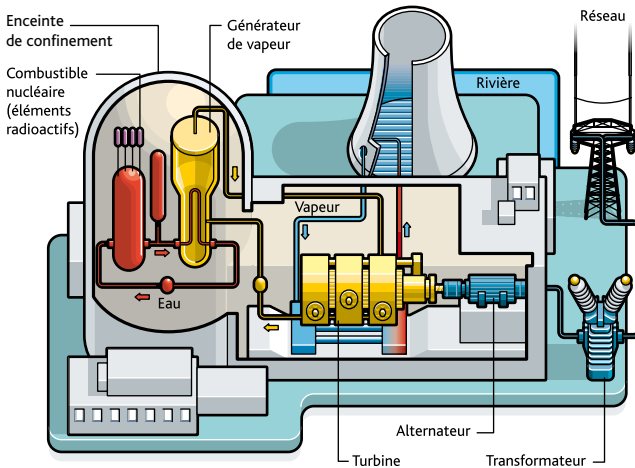
Le rayonnement émis par une source radioactive transporte une énergie importante qui est progressivement absorbée par la matière qu'il traverse. Ce transfert d'énergie dans la matière est quantifié par la dose absorbée, exprimée en grays (Gy).

Lorsqu'une personne est exposée au rayonnement émis par une source radioactive, la dose absorbée par les tissus traversés par ce rayonnement peut provoquer des dommages biologiques. En fonction des caractéristiques du rayonnement et de la sensibilité des organes irradiés, le risque de détrimement sur la santé est évalué par la dose efficace (corps entier) ou par la dose équivalente à l'organe ou tissu exposé, toutes deux exprimées en sieverts (Sv).

Nous sommes exposés en permanence à des sources naturelles de radioactivité, dans notre environnement, dans l'air que nous

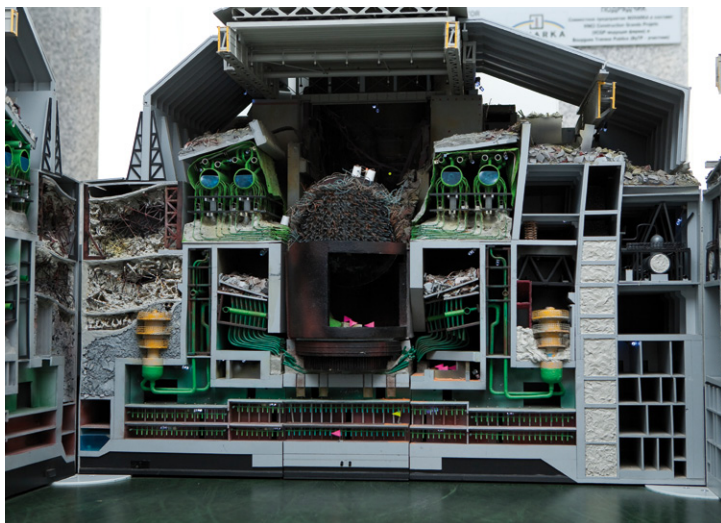
respirons, dans les aliments que nous consommons ou au sein même de notre propre corps.

Nous sommes également exposés à des rayonnements provenant de sources artificielles créées par l'homme (radiographies médicales, retombées des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, installations nucléaires, etc.). La dose efficace individuelle moyenne due à la radioactivité naturelle en France est de 2,4 millisieverts par an.



Le fonctionnement d'une centrale

Les centrales thermiques, hydrauliques et nucléaires sont basées sur un même principe : une turbine dont le mouvement entraîne un alternateur qui fabrique de l'électricité. Dans les centrales thermiques classiques, on utilise du combustible fossile (charbon, gaz naturel ou pétrole) pour produire de la chaleur qui transforme de l'eau en vapeur capable d'entraîner la turbine. Dans les centrales nucléaires, le combustible fossile est remplacé par du combustible nucléaire constitué de noyaux fissionables d'uranium ou de plutonium. Ce combustible, sous forme d'assemblages placés dans un réacteur nucléaire, produit de la chaleur par fission des noyaux d'uranium ou de plutonium. Ceux-ci se cassent sous l'impact de neutrons en produisant des produits de fission radioactifs qui doivent être maintenus confinés dans le réacteur, et des neutrons qui entretiennent la réaction de fission.



La centrale de Tchernobyl compte quatre réacteurs. Le 26 avril 1986, le réacteur n° 4 explose. Le couvercle de 2000 tonnes a détruit le toit (reconstruit) et se trouve à la verticale (maquette du réacteur 4 détruit).

□ La centrale de Tchernobyl

Le 26 avril 1986 à 1 h 24 mn, le réacteur n° 4 de la centrale de Tchernobyl, en service depuis 1983, explose accidentellement lors de la réalisation d'un essai technique.

Il s'agit d'un réacteur de type RBMK, une conception soviétique des années soixante. Le cœur du réacteur est constitué d'un imposant bloc de graphite traversé par des canaux verticaux

dans lesquels sont placés des tubes de force qui renferment chacun plusieurs assemblages de combustibles nucléaires. Le graphite assure le rôle de modérateur : la réduction de la vitesse des neutrons est nécessaire à l'entretien de la réaction en chaîne. Le refroidissement est assuré par de l'eau bouillante circulant à l'intérieur des tubes de force au contact du combustible.



□ Les causes conjuguées pour un accident

Dans leur conception initiale, les RBMK présentaient des faiblesses significatives du point de vue de la sûreté. En particulier : une instabilité importante du réacteur à certains niveaux de puissance, un temps de réaction trop long du système d'arrêt d'urgence et l'absence d'enceinte de confinement autour du réacteur. De

plus, faute de préparation suffisante des conditions nécessaires à l'essai prévu, et par manque de temps lors de sa réalisation, les opérateurs n'ont pas respecté toutes les règles de conduite. Ils ont par ailleurs commis des violations de règles en inhibant de très importants systèmes de sécurité.

□ Un engrenage fatal

Le 25 avril au matin, les opérateurs entament la procédure de réduction de la puissance.

Entre 13 h et 23 h, contrairement au programme initial de l'essai, le réacteur est maintenu à mi-puissance, à la demande du centre de distribution électrique.

Vers 23 h, la réduction de puissance reprend. Mais l'état du réacteur est alors inapproprié à la réalisation de l'essai : le cœur est très difficile à contrôler avec les moyens disponibles. Une stabilisation du réacteur était à ce stade nécessaire. Mais pressés de rattraper le retard du programme, les opérateurs décident de réaliser l'essai malgré tout.

Le 26 avril à 1 h 23' 04", l'essai démarre : les vannes d'alimentation en vapeur de la turbine sont fermées. La température monte dans le cœur provoquant une augmentation de la réactivité. Le réacteur se met à diverger de manière incontrôlable. À ce moment, les opérateurs réalisent la gravité de la situation.

À 1 h 23' 40", le chef opérateur ordonne l'arrêt d'urgence ; la totalité des barres commencent à descendre dans le cœur, mais n'ont pas le temps d'arrêter la réaction en chaîne : la divergence est devenue trop rapide.

À 1 h 23' 44", le pic de puissance est atteint, dépassant de plus de 100 fois la puissance nominale du réacteur.

□ Une explosion, puis un incendie

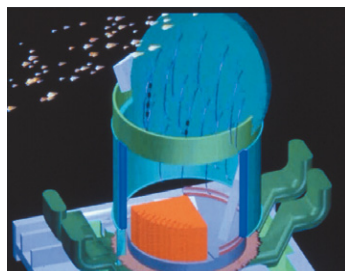
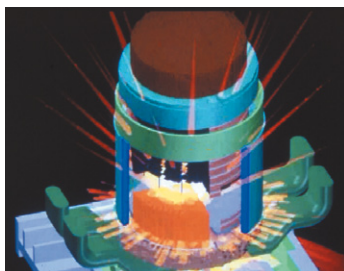
Les fortes pressions atteintes dans les tubes de force provoquent leur rupture. Une déflagration soulève la dalle supérieure du réacteur, d'un poids de 2 000 tonnes.

La partie supérieure du cœur du réacteur est à l'air libre. Le graphite prend feu, plusieurs foyers s'allument dans l'installation. Il

faudra trois heures aux pompiers pour les éteindre. Le feu de graphite reprend. Il ne sera arrêté définitivement que le 9 mai.

Du 27 avril au 10 mai,

5 000 tonnes de matériaux (sable, bore, argile, plomb, etc.) sont déversées par hélicoptère pour recouvrir le réacteur.



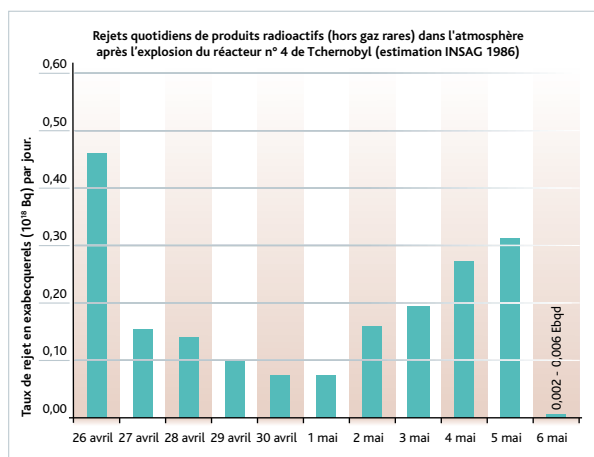
Dans le cœur, les crayons de combustible se fragmentent. Les pastilles d'oxyde d'uranium, surchauffées, explosent.

2 Les rejets

Les rejets radioactifs les plus importants se produisent au moment de l'explosion du réacteur.

L'énergie libérée par l'explosion entraîne l'émission brutale, à l'atmosphère, des produits radioactifs contenus dans le cœur du réacteur nucléaire, jusqu'à plus de 1 200 mètres de hauteur. Les rejets se poursuivent jusqu'au 5 mai, sous l'effet de l'incendie consécutif à l'accident, puis de la chaleur résiduelle dégagée par les restes du cœur détruit par l'accident.

Au total, ce sont près de 12 milliards de milliards de becquerels qui, en 10 jours, partent dans l'environnement, soit 30 000 fois l'ensemble des rejets radioactifs atmosphériques émis en une année par les installations nucléaires alors en exploitation dans le monde. La grande majorité (84 % de l'activité totale rejetée) des éléments radioactifs avaient une période radioactive inférieure à un mois.



La dispersion du panache radioactif sur l'Europe

Des débris de combustible nucléaire et des morceaux du réacteur sont projetés dans l'environnement proche de la centrale. Les poussières, les fines particules (aérosols) et les gaz radioactifs partent en altitude et forment un panache entraîné au gré des vents par les masses d'air, sur des grandes distances.

Entre le 26 avril et la mi-mai 1986, le panache radioactif disperse des éléments radioactifs tels que l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sur la plupart des pays d'Europe.

Au fil du temps, cette dispersion entraîne la dilution des éléments radioactifs dans l'air. Une partie des aérosols se dépose sur le trajet, appauvrissant progressivement le nuage radioactif. Enfin, les éléments radioactifs

ayant une demi-vie très courte (quelques heures) disparaissent rapidement par décroissance radioactive dans le panache. Ainsi, la concentration des éléments radioactifs dans l'air, qui dépassait le 26 avril les 10 millions de becquerels par mètre cube (Bq/m^3) autour du réacteur accidenté, diminue en s'éloignant et n'atteint au maximum que quelques dizaines de becquerels par mètre cube le 1^{er} mai en France.

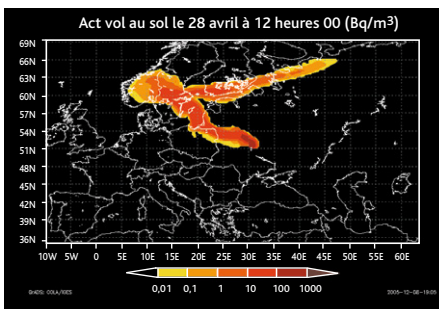
□ Les trajectoires du panache

Dans un premier temps, le vent emporte vers le nord-ouest les matières radioactives rejetées le 26 avril. Parvenu au-dessus des pays baltes puis de la Scandinavie le 28 avril, ce panache est rabattu vers l'est, puis vers le sud, ramenant les polluants vers l'Europe centrale et les Balkans. Le panache correspondant aux rejets du 27 avril se dirige vers l'Europe de l'Ouest, l'Allemagne, la France et le nord de l'Italie, où

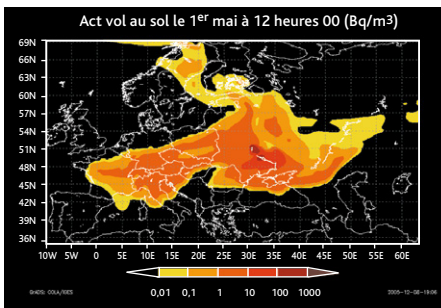
il parvient entre le 30 avril et le 5 mai, avant d'être repris par un vent du sud qui le conduit sur les îles britanniques, épargnant ainsi l'Espagne et le Portugal. Les rejets émis par la centrale à partir du 28 avril sont emportés vers l'est et le sud, en direction de la Russie, du Caucase, de la Méditerranée orientale et de l'Europe centrale. **Avec le temps, les matières radioactives correspondant aux différents rejets et trajectoires**

se mélangent pour former une masse d'air contaminée qui recouvre la majeure partie de l'Europe à des concentrations de plus en plus faibles. Ces éléments radioactifs continuent

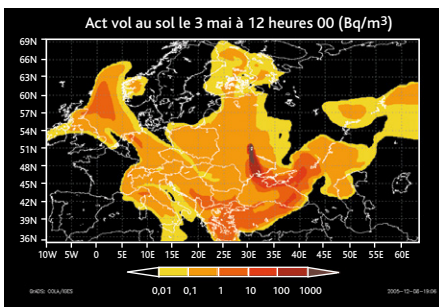
ensuite de se disperser dans l'ensemble de l'hémisphère nord et sont détectés en Amérique du Nord et au Japon, en concentrations extrêmement faibles.



Dispersion dans l'atmosphère du césium 137 rejeté par l'accident de Tchernobyl : situation le 28 avril 1986 à 12 heures (modélisation IRSN 2006).



Contamination de l'air par le césium 137 : situation le 1er mai 1986 à 12 heures (modélisation IRSN 2006).



Contamination de l'air par le césium 137 : situation le 3 mai 1986 à 12 heures (modélisation IRSN 2006).

□ En France

En France, la concentration des éléments radioactifs dans l'air augmente au cours du 30 avril 1986 dans l'est du pays, pour atteindre un maximum d'extension le 1^{er} mai.

Les principaux éléments radioactifs mesurés dans l'air au début mai 1986, sont par ordre décroissant de concentration :

Éléments radioactifs

Période radioactive (demi-vie)

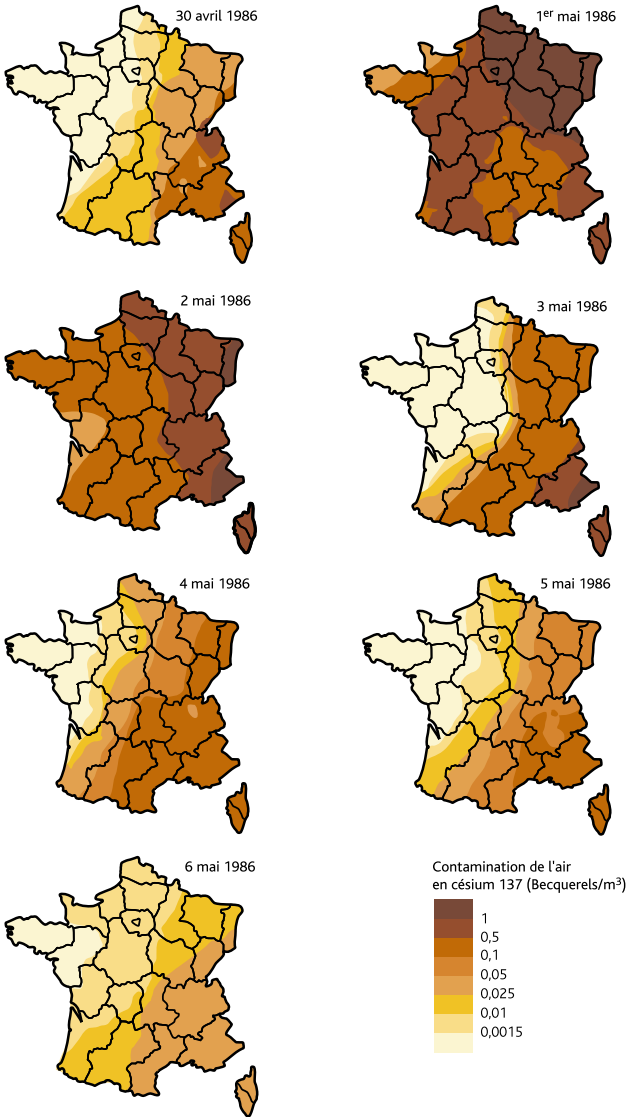
■ Iode 131	■ 8 jours
■ Tellure 132	■ 78 heures
■ Tellure 129m	■ 33 jours
■ Ruthénium 103	■ 39 jours
■ Césium 137	■ 30 ans
■ Césium 134	■ 2 ans
■ Baryum 140	■ 13 jours

La contamination de l'air persiste jusqu'au 5 mai tout en diminuant. C'est à l'est qu'elle est la plus élevée au cours de cette période.

À partir du 6 mai, elle diminue fortement, le panache repartant vers l'est de l'Europe.



(Cartes construites par l'IRSN en 2004 à partir des mesures des prélèvements quotidiens d'aérosols obtenus par le réseau de balises du SCPR).

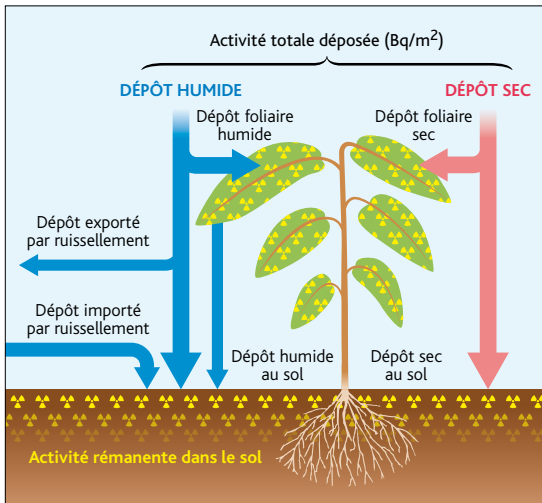


Concentration moyenne du césium 137 dans l'air en France, entre le 30 avril et le 6 mai 1986.

4

La formation des dépôts radioactifs en Europe

Les particules radioactives transportées dans les masses d'air finissent par retomber au sol sous forme d'un dépôt sec lorsque les particules sont à proximité du sol, et sous forme de dépôt humide, sous l'effet de la pluie ou de la neige.



Ces dépôts recouvrent aussi bien les végétaux, les sols, les eaux de surface mais aussi les surfaces bâties et les lieux de vie. Lorsque le dépôt est formé par les pluies, il se distribue au gré de l'écoulement de l'eau en surface ou dans le sol.

L'importance des dépôts en Europe est variable en fonction de très nombreux facteurs :

- Les particules les plus grosses et massives, notamment les

débris de combustible nucléaire, retombent au voisinage immédiat de la centrale, formant des dépôts d'activité très élevée, à l'intérieur de la zone d'exclusion de 30 kilomètres autour de la centrale.

- L'importance de la concentration des éléments radioactifs dans l'air et la durée de la contamination de l'air ambiant entraînent des dépôts d'activité élevée dans les trois pays les plus

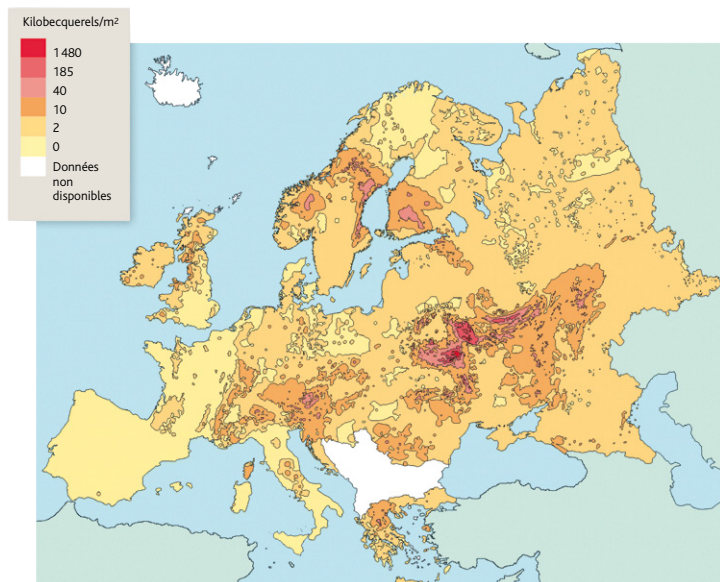
La formation des dépôts secs et humides lors du passage du nuage de particules radioactives.

touchés : l'Ukraine, la Biélorussie et la Russie.

Les dépôts sont fortement amplifiés dans les zones où il a plu. Leur activité est jusqu'à 10 fois plus importante que celle des dépôts secs formés aux mêmes endroits. Des « taches » de contamination se constituent ainsi en fonction des épisodes pluvieux.

■ Dans les zones montagneuses, où les pluies sont plus abondantes, l'activité des dépôts est plus importante. Dans les zones

forestières, le feuillage des arbres capte facilement les poussières radioactives contenues dans l'air, ce qui contribue à augmenter l'activité des dépôts radioactifs comparée à celle des dépôts sur les prairies. Il en résulte des dépôts d'activités très hétérogènes, les plus importantes étant réparties autour du site de Tchernobyl et dans les pays limitrophes de la centrale. Le césium 137 est un bon indicateur de la répartition des dépôts à l'échelle de l'Europe.

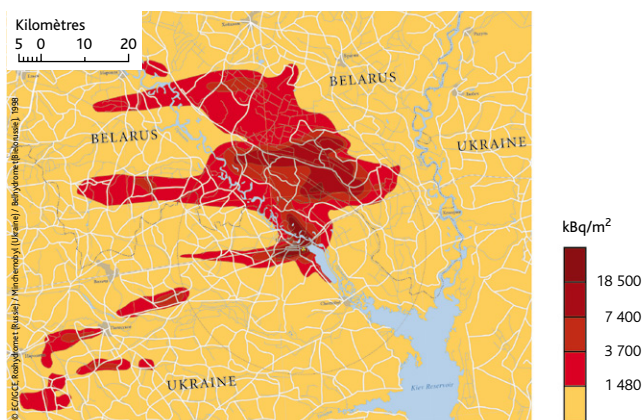


Carte des dépôts de césium 137 juste après l'accident de Tchernobyl à l'échelle de l'Europe (source : Atlas européen EC/IGCE 1998 et IRSN). Aucune donnée n'est disponible sur les Balkans.

□ Territoires contaminés des pays de l'ex-URSS

En Russie, en Biélorussie et en Ukraine, de vastes territoires sont contaminés de façon discontinue, avec des dépôts d'activité pouvant atteindre plusieurs centaines de milliers, voire dépasser le million de becquerels

par mètre carré. Dans la zone proche de la centrale, des dépôts plus ou moins importants de strontium 90, de plutonium etc. se constituent en fonction des trajectoires des panaches de rejet.



Dépôts de césium 137 en 1986 dans les environs de la centrale de Tchernobyl.

□ Europe centrale et occidentale

Hors de l'ex-Union soviétique, on trouve des dépôts dépassant 40 000 becquerels par mètre carré en Scandinavie (sud de la Finlande, partie centrale et orientale de la Suède, centre de la Norvège), en Europe centrale, notamment dans le sud de la

Roumanie, au niveau de la frontière entre la République tchèque et la Pologne, en Autriche et au nord de la Grèce, ainsi que sur des surfaces plus réduites au Royaume-Uni, en Suisse, en Bavière et en Italie (région des lacs et massif des Dolomites).

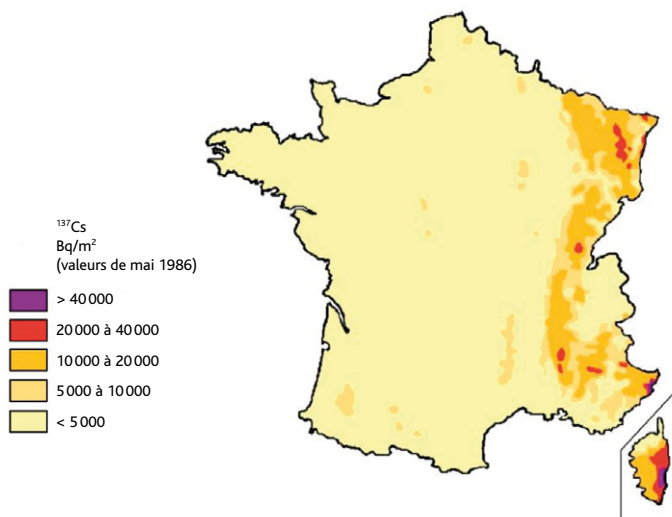
□ France

En raison de l'appauvrissement du panache radioactif et de la courte durée de la contamination de l'air en France (environ une semaine) les dépôts sont d'une activité généralement faible, plus importante à l'est qu'à l'ouest du pays.

Ainsi, les dépôts secs de césium 137 sont estimés autour de 1 000 becquerels par mètre carré dans l'est et à environ 100 becquerels par mètre carré dans les départements les plus à l'ouest.

Toutefois, des pluies fortes et localisées, notamment entre le 2 et le 4 mai, provoquent des dépôts humides plus importants à l'est d'une ligne allant globalement de la Moselle jusqu'à la Corse.

Certains endroits reçoivent des dépôts dont l'activité dépasse 10 000 becquerels par mètre carré, voire localement, 20 000 becquerels par mètre carré. Les départements du nord-est, de Franche-Comté, du sud des Alpes et de la Corse sont les plus concernés.



Reconstitution des retombées de césium 137 en mai 1986 à l'échelle de la France à l'aide d'une modélisation fondée sur l'intensité des pluies tombées début mai 1986 (IRSN 2005).

Très localement, à l'échelle de quelques kilomètres carrés, des averses très intenses conduisent à des dépôts encore plus importants.

En montagne, la concentration du dépôt sous l'effet de l'écoulement des eaux superficielles dans des cuvettes en pied de pente, de l'égouttement des arbres et de la fonte des amas de neige provoquent des taches de forte activité sur de très faibles surfaces (plusieurs becquerels par kilogramme de terre sur quelques décimètres carrés).

Dans le détail, de forts contrastes peuvent être observés au sein

d'un même département, pouvant atteindre un facteur 10 à 15 entre les extrêmes. Une cartographie très précise de ces dépôts n'est donc pas réalisable. L'iode 131 a qualitativement le même comportement que le césium 137 en termes de dépôt, avec une activité initiale environ 10 fois plus élevée. Toutefois, sa courte demi-vie (huit jours) entraîne sa disparition rapide dans les sols, contrairement au césium (80 jours après l'accident, l'activité de l'iode 131 a diminué d'un facteur 1 000 alors que celle du césium 137 n'a pratiquement pas changé).



Échantillon de sol servant à la mesure des dépôts.

5

La contamination des milieux et de la chaîne alimentaire

Les retombées radioactives atmosphériques se répartissent sur les différents milieux de l'environnement.



Les végétaux sont ainsi directement contaminés, par interception par les feuilles des produits radioactifs en suspension dans l'air (aérosols). Ce phénomène, beaucoup plus efficace pour les dépôts secs que pour les dépôts humides, entraîne une contamination des productions agricoles et des denrées d'origine naturelle. Du fait de la saison pendant laquelle l'accident s'est produit, l'herbe et les légumes à feuilles, notamment les salades, les épinards et les poireaux, sont les végétaux les plus touchés en mai 1986. Les animaux d'élevage qui consomment l'herbe contaminée des pâtures, sont également

atteints. Cette contamination s'étend aux productions qui s'y rattachent, comme les produits laitiers et les viandes.

La contamination atteint un pic immédiatement après les dépôts et diminue fortement dans les semaines qui suivent en raison de la croissance continue des végétaux et de la disparition des éléments radioactifs à demi-vie courte (iode 131). Elle est 100 fois plus faible au bout de trois mois.

Le sol retient une partie des éléments radioactifs déposés et, pour ceux qui ont une demi-vie longue et une tendance à se fixer sur les constituants du sol (par exemple les argiles), tels que le césium 137, un stock durable se forme.

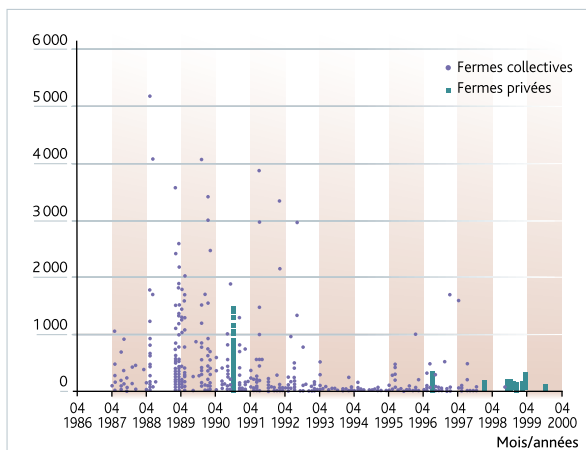
À partir de 1987, le transfert des éléments radioactifs par les racines, beaucoup moins efficace que l'interception directe par les feuilles, contribue à entretenir une contamination des végétaux et du reste de la chaîne alimentaire dans les territoires les plus touchés.

Les territoires contaminés de Russie, de Biélorussie et d'Ukraine

□ Les productions agricoles

Dans les territoires fortement touchés de Russie, de Biélorussie et d'Ukraine, des niveaux élevés de contamination des productions agricoles sont observés en 1986, mais aussi durant les années suivantes. Après 1986, la contamination est surtout fixée dans les 10 à 20 premiers centimètres dans la majorité des sols. La contamination des produits agricoles diminue globalement au fil des années, de façon variable

en fonction des caractéristiques initiales des dépôts, des natures de sol et des pratiques agricoles. Il n'est pas rare d'observer des valeurs élevées de concentration de césium 137 jusqu'au début des années 1990. Ceci s'observe principalement dans la région de Gomel en Biélorussie, où l'on atteint plusieurs milliers de becquerels par litre pour le lait de vache, 1 000 à 5 000 becquerels par kilogramme dans la viande de



Activité du césium 137 (en becquerel/l) mesurée à partir de 1987 dans le lait de vache collecté dans les fermes des territoires contaminés. La contamination est très variable, en rapport avec l'intensité des retombées, mais aussi des actions de réhabilitation des surfaces agricoles.



bœuf ou 1 000 à 2 500 becquerels par kilogramme pour le chou. Sur la même période, la plus grande partie des céréales et des pommes de terre produites présente une activité massive inférieure à 100 becquerels par kilogramme. Cependant il subsiste des zones où les activités massives sont restées notables, quelques milliers de becquerels par kilogramme dans les herbes

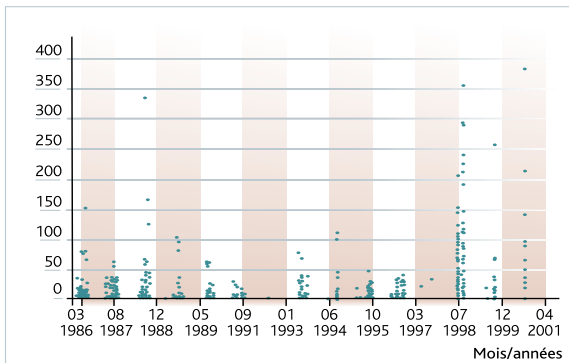
naturelles ou certains fourrages. Après une nette diminution jusqu'au début des années 1990, la contamination des produits agricoles évolue plus lentement (baisse de 3 et 7 % par an) et elle est très majoritairement due au césium 137. Elle est plus marquée dans les denrées animales (viande, lait), notamment issues d'élevages extensifs, que dans les denrées végétales.

□ Les forêts

Les feuillages des arbres interceptent facilement les aérosols radioactifs ambiants.

La chute des feuilles entraîne localement une contamination de la litière et des sols des forêts,

qui constituent ainsi un stock pérenne de substances radioactives recyclées par les arbres et les plantes de sous-bois, notamment les jeunes pousses.



Concentration du césium 137 mesurée dans des champignons récoltés entre 1986 et 2000 dans les territoires contaminés de Russie, de Biélorussie et d'Ukraine.

Vingt-cinq ans après l'accident, la contamination par le césium 137 persistant dans la litière végétale et la terre forestière n'a pratiquement diminué que sous le seul effet de la décroissance radioactive (soit 56 % de l'activité initialement déposée), provoquant toujours, *via* les racines, la contamination du bois, des feuillages, ainsi que des champignons, des baies et du gibier. Ainsi, contrairement aux pro-

duits agricoles dont la contamination a généralement fortement diminué au fil du temps, on observe toujours de très fortes activités de césium 137 dans les produits naturels récoltés dans les forêts des territoires les plus contaminés. Elles atteignent parfois plusieurs dizaines de milliers de becquerels par kilogramme dans les champignons, le gibier et les baies sauvages.

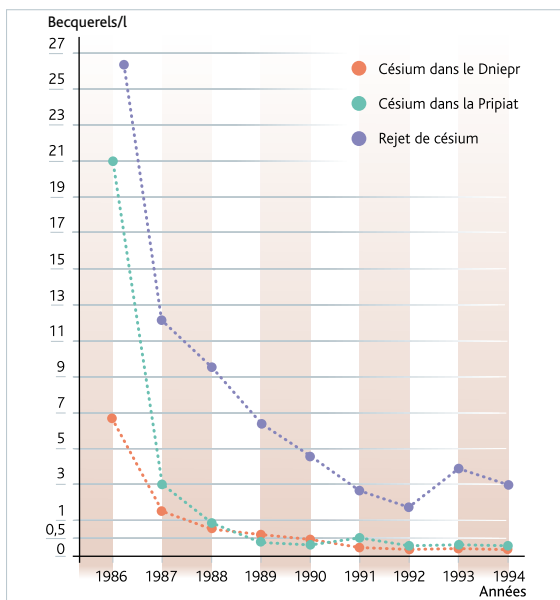
□ Les eaux de rivière

L'impact sur les eaux de surface est surtout observé au cours des premières semaines après l'accident, dans les territoires

proches de la centrale accidentée, où elles ont été contaminées directement par les retombées radioactives. La contamination



Port de Pripiat (affluent du Dniepr) et les bateaux contaminés abandonnés.



Courbe de l'évolution (1986-1994) du césium dans la Pripjat et le Dniepr.

de l'eau a ensuite décru fortement, du fait de la disparition des éléments radioactifs de courte période radioactive et de l'absorption des substances radioactives sur les sédiments. Ainsi, la Pripjat et le Dniepr, ressources en eau potable des principales villes d'Ukraine, sont contaminés au point de nécessiter, durant les premiers mois, la mise en œuvre d'actions préventives : mise en place de digues, approvisionnement des villes en eau depuis des zones non contaminées, restrictions d'usage. En 1986 et les années suivantes,

le ruissellement des eaux de pluie, la fonte de la neige ou les crues favorisent le lessivage d'une partie des dépôts de la surface du sol vers les cours d'eau. Le césium 137 et le strontium 90 sont les principaux éléments radioactifs observés sur le long terme dans la Pripjat, à proximité de Tchernobyl, à des concentrations faibles (de l'ordre de 0,1 Bq/l en solution dans l'eau). Les nappes phréatiques ne sont pas touchées, si ce n'est à proximité même du site en raison de l'infiltration dans le sol où des débris contaminés ont été hâtivement enfouis.

En France

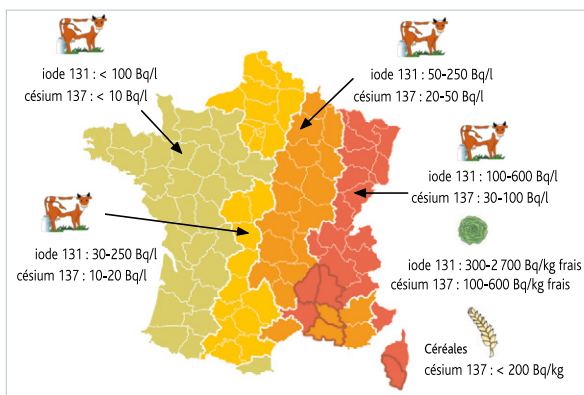
En France, c'est dans les régions de l'est que les valeurs de contamination les plus élevées sont atteintes dans les productions agricoles et d'origine naturelle.

Les valeurs maximales sont mesurées sur le lait de vache et les salades au cours de la première quinzaine de mai 1986. Dans les zones de l'est du pays ayant reçu des dépôts humides particulièrement importants, la perte d'efficacité de l'interception des retombées radioactives par les feuilles liée aux fortes pluies entraîne une contamination de ces produits qui n'est que deux à trois fois plus élevée que

celle mesurée dans les zones des mêmes régions moins touchées par ce type de dépôt.

Au cours des semaines suivant le dépôt radioactif initial, les concentrations en iode 131 et en césium 137 dans les légumes et les produits laitiers diminuent très rapidement sous l'effet de la croissance des végétaux et de la décroissance radioactive pour l'iode 131.

Certains produits sont extrêmement sensibles aux retombées radioactives. C'est notamment le cas du lait de chèvre et de brebis ; en zone méditerranéenne, ces animaux se nourrissent de



Gammes de valeurs de contamination en césium 137 et iode 131 mesurées au cours de la première quinzaine de mai 1986.



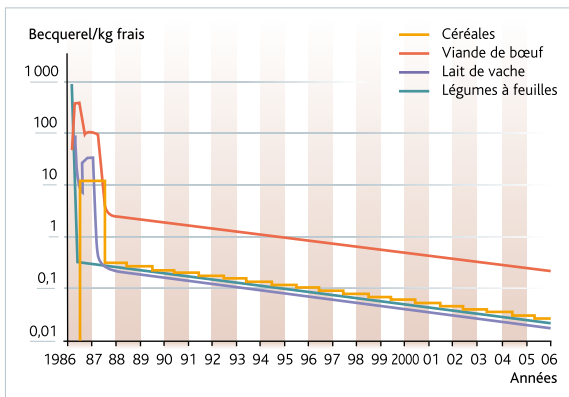
plantes pauvres en eau, prélevées sur de grandes surfaces ; immédiatement après le dépôt, la contamination de leur lait a pu atteindre 10 000 becquerels par litre en iode 131 et 500 becquerels par litre en césium 137.

À partir de 1987, la contamination des productions agricoles provient de l'absorption par les racines du césium 137 et du césium 134 présents dans les sols. Dès lors, elle est beaucoup plus faible et diminue régulièrement au fil des années. Cette diminution s'explique par la décroissance radioactive, notamment celle du césium 134 dont la période radioactive est de 2,1 ans

et la diminution de la disponibilité du césium pour les plantes.

En 2010, la contamination des produits agricoles est 10 à 30 fois plus faible qu'en 1987, et 1 000 à 10 000 fois plus faible qu'immédiatement après les dépôts de mai 1986. Elle diminue désormais lentement au cours du temps.

Certains sols forestiers de l'est de la France contiennent encore près de 55 % du césium 137 initialement déposé. Cet élément radioactif peut encore être mesuré à des concentrations de l'ordre de 100 becquerels par kilogramme dans certaines espèces de champignons récoltés sur ces sols.



Évolution de la contamination en césium 137 de diverses denrées en France depuis 1986.

Le césium 134 n'est plus détectable depuis le milieu des années 90.

6

L'impact sanitaire dans les territoires les plus contaminés

Dans les jours qui suivent l'accident, la population de la majeure partie de l'Europe est exposée à des degrés variables aux retombées de l'accident de Tchernobyl.



Deux personnes âgées, vivant dans la zone d'exclusion.

Dès le 26 avril 1986, les personnes présentes sur le site ou dans son voisinage immédiat sont fortement exposées aux rayonnements émis par le réacteur, aux éléments radioactifs rejetés à l'extérieur et aux dépôts formés au sol. Il s'agit principalement des travailleurs présents sur le site, et de leurs familles, qui vivent dans la ville de Pripiat, toute proche.

Ces populations sont d'abord exposées au panache fortement chargé en fines poussières radioactives. L'importance de cette exposition décroît en s'éloignant

de la centrale. La population est également exposée aux rayonnements émis par les dépôts radioactifs sur les sols. Enfin, les personnes sont exposées via la contamination des aliments consommés résultant du dépôt sur les feuilles (facteur important dans les mois suivant l'accident) ou du transfert par les racines de la contamination résiduelle des sols. Bien que ces deux dernières sources d'exposition aient considérablement diminué au fil des années, elles perdurent encore aujourd'hui sur les territoires les plus contaminés de Russie, de

Biélorussie et d'Ukraine en raison de la longue demi-vie du césium 137 (30 ans).

Les doses reçues par les personnes soumises à ces différentes voies d'exposition dépendent des importances respectives de celles-ci et du mode de vie de chacun. Leur intensité détermine le risque d'apparition de pathologies telles que les cancers

parmi les populations exposées. Pour les situations de très forte exposition auxquelles ont été soumis le personnel du site et les premiers intervenants, les doses absorbées sont telles que les seuils d'apparition de symptômes d'irradiation aiguë et de brûlures radiologiques cutanées sont dépassés pour certaines personnes.

□ Pompiers, personnels de la centrale

Parmi les 600 intervenants du premier jour, qui reçoivent les doses les plus élevées, deux sont morts immédiatement de brûlures et 28 autres décèdent dans les 4 premiers mois qui suivent l'accident des suites de leur irradiation.

De 1987 à 2006, 19 autres intervenants décèdent de diverses causes dont la plupart sont non liées à

une exposition aux rayonnements ionisants (arrêt cardiaque, tuberculose pulmonaire, cirrhose du foie, traumatisme, cancer).

Parmi les survivants des 134 intervenants ayant présenté un syndrome d'irradiation aiguë peu après l'accident, une dégénérescence cutanée secondaire à des brûlures radiologiques et des cataractes sont les principales séquelles observées aujourd'hui.



Monument en hommage aux pompiers.

□ Liquidateurs

Les « liquidateurs », environ 600 000 personnes civiles et militaires, interviennent dans les premières années qui suivent l'accident pour effectuer diverses tâches : travaux auprès du réacteur, décontamination du site, construction du sarcophage, enfouissement de déchets radioactifs dans la zone d'exclusion.

Certains des intervenants des premières semaines reçoivent des doses efficaces élevées pouvant atteindre plus de 1 000 mSv,

mais pour la plupart des liquidateurs, les doses efficaces reçues sont nettement moins élevées (en moyenne 120 mSv, 85 % des doses efficaces enregistrées étant comprises entre 20 et 500 mSv) car ils ont exercé des tâches de courte durée, parfois plusieurs années après l'accident. Les doses reçues par les liquidateurs sont généralement estimées avec une grande imprécision, mis à part ceux qui portaient un dosimètre au moment de l'intervention.



Ville de Slavutych à 38 km du réacteur de Tchernobyl : monument funéraire en hommage aux liquidateurs de Tchernobyl.



Le cancer de la thyroïde dont le taux semble plus élevé chez les liquidateurs en comparaison de la population générale, n'établit pas pour autant un lien clair de cause à effet avec l'exposition aux rayonnements. Les autres types de cancers solides ne semblent globalement pas être en excès malgré les résultats apparemment contradictoires que montrent deux études russes ayant mis en évidence une augmentation de la mortalité par cancer solide proportionnelle à la dose reçue.

Bien que ne statuant pas définitivement, des rapports récents suggèrent une augmentation des leucémies chez les liquidateurs de Biélorussie, d'Ukraine, de Russie et des pays Baltes. Des études complémentaires restent nécessaires en raison notamment des nombreuses incertitudes pesant sur la « reconstruction » des doses reçues.

De nombreuses études font également état de maladies autres que des cancers : ainsi les cataractes sont trouvées en excès chez les liquidateurs ayant reçu des doses supérieures à 0,7 Gray. Par ailleurs, une étude russe a montré un lien entre les doses reçues par les liquidateurs et une augmentation de la mortalité par maladies cardiovasculaires, ainsi que de l'incidence de maladies cérébrovasculaires. Cependant ces derniers résultats nécessitent confirmation car l'étude ne prend pas en compte les autres facteurs de risque, tels que l'obésité ou la consommation d'alcool et de tabac.

Aujourd'hui, il n'est pas encore possible de conclure sur l'existence d'un lien de cause à effet entre l'exposition due à l'accident de Tchernobyl et l'augmentation de la mortalité par maladies cardio – et cérébrovasculaires.

□ Les populations dans les trois républiques

Après l'accident, les territoires de Biélorussie, d'Ukraine et de Russie ayant reçu un dépôt de césium 137 dépassant 37 000 becquerels par mètre carré représentent une superficie d'environ 150 000 kilomètres carrés, sur laquelle vivent plus de cinq millions de personnes.

Les plus affectés sont les enfants et les adolescents exposés au moment de la catastrophe.

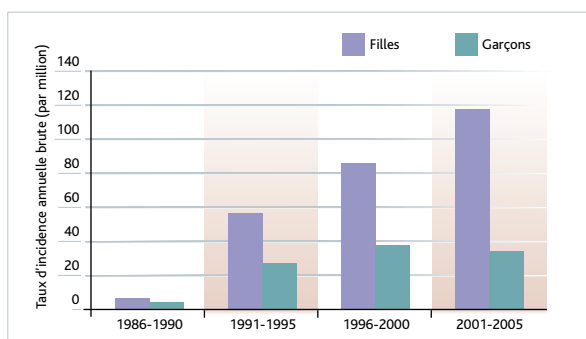
Leur thyroïde est particulièrement irradiée par l'iode radioactif qu'ils respirent et surtout ingèrent par le lait.

En Biélorussie, où sont détectés les premiers cancers, le nombre de cancers de la thyroïde chez

les enfants de moins de 15 ans était très faible avant l'accident. Après un temps de latence de cinq ans, ce nombre augmente rapidement au début des années 1990, en particulier chez les enfants âgés de moins de 10 ans au moment de l'accident.

De 1991 à 2005, 6 848 cancers de la thyroïde ont été constatés pour les enfants âgés de moins de 18 ans en 1986, dont la majorité (5 127 cas) parmi les enfants qui avaient moins de 14 ans en 1986. Ces cancers ont été quasiment tous curables (15 décès observés jusqu'en 2005).

Pour les enfants nés après 1986, aucune augmentation



Taux de cancers de la thyroïde chez les personnes exposées en Biélorussie pendant l'enfance et l'adolescence (âge inférieur à 18 ans en 1986).



Une petite fille passe un examen médical pour trouver des traces de césium 137 à l'école de Novozybkov.

des cancers de la thyroïde n'est observée, le taux observé chez les enfants de moins de 10 ans étant de 2 à 4 cas par million et par année, comparable à ce qui était observé avant l'accident de Tchernobyl.

Le risque de cancers de la thyroïde sur les personnes touchées

lors de leur enfance ou de leur adolescence perdure vingt cinq ans après l'accident de Tchernobyl. La surveillance de ces cancers doit donc être poursuivie. Des résultats similaires ont été observés sur les adolescents et jeunes adultes en Ukraine et dans certains territoires fortement contaminés de Russie.

□ Conséquences psychologiques

Le choc de l'accident et le fait de vivre dans des zones contaminées affectent les populations. Des troubles psychologiques (stress, dépression, anxiété et symptômes physiques ne pouvant pas être médicalement expliqués) sont observés chez les personnes résidant dans les zones contaminées.

Dans la plupart des cas, les symptômes observés ne relevaient pas de troubles psychiatriques proprement dits. Cependant, ils ont probablement joué un rôle dans la modification des habitudes alimentaires et de consommation de tabac et d'alcool chez les populations touchées.

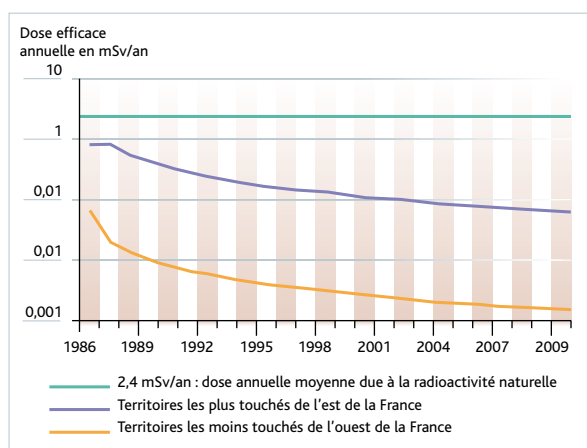
7

Les doses reçues en France et les risques associés

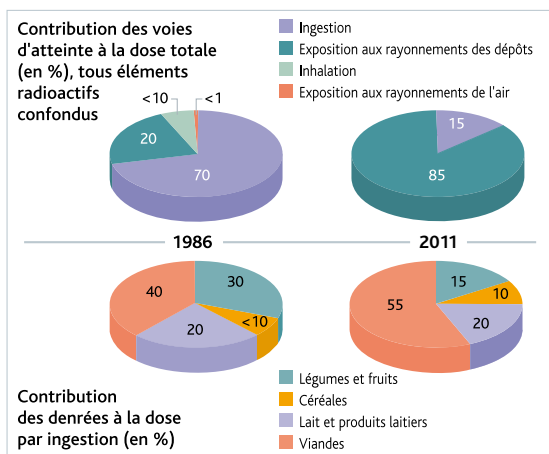
En France, les doses efficaces (corps entier) reçues par la population sont faibles. Les niveaux les plus élevés sont reçus dans l'est de la France.

En 1986, les doses efficaces reçues par les personnes résidant dans les zones les plus touchées de l'est du pays sont en dessous de 1 mSv pour l'année. Les an-

nées suivantes, les doses reçues du fait des éléments radioactifs persistant dans l'environnement sont beaucoup plus faibles et décroissent continûment.



Évolution des gammes de doses efficaces reçues annuellement de 1986 à 2010 par la population française exposée aux retombées de l'accident de Tchernobyl. La dose annuelle moyenne due aux sources naturelles de rayonnements ionisants est indiquée à titre de comparaison.



En 1986, les doses reçues par la population sont principalement liées à l'ingestion de denrées contaminées, notamment le lait et les produits laitiers, les légumes à feuilles et la viande de bœuf. À partir de 1987, la contamination de la chaîne alimentaire étant beaucoup plus faible, c'est l'exposition aux rayonnements émis par ce qu'il reste des dépôts qui contribue le plus aux doses annuelles.

Aujourd'hui, la dose efficace moyenne reçue par la population française du fait de la contamination résiduelle héri-

tée de l'accident de Tchernobyl est inférieure à 10 microsieverts par an.

Toutefois, certains comportements alimentaires très particuliers, comme par exemple une importante consommation de champignons de forêt et de gibier provenant de l'est du pays, peuvent conduire à des doses plus élevées, de l'ordre de quelques dizaines de microsieverts par an.

En France, le questionnement sur les risques associés aux retombées de l'accident de Tchernobyl se focalise sur les cancers de la thyroïde, en raison de l'épidémie



observée dans les territoires les plus contaminés de Biélorussie. Ce sont plus particulièrement les enfants résidant dans l'est de la France en 1986 qui ont reçu les doses équivalentes à la thyroïde les plus importantes en moyenne. Les doses reçues par cet organe sont très majoritairement imputables à l'iode 131 ingéré par la consommation de produits frais (lait, légumes et viande) contaminés par cet élément radioactif. Compte tenu de la faible demi-vie de l'iode 131 (huit jours),

l'essentiel de l'exposition de la thyroïde se produit au cours des trois premiers mois suivant les dépôts radioactifs. Dans le tableau ci-après, les doses équivalentes à la thyroïde sont des valeurs moyennes par tranche d'âge. De ce fait, certains enfants d'une même tranche d'âge ont pu avoir des doses plus faibles et d'autres des doses plus fortes, pouvant, selon leur mode de vie, atteindre de l'ordre d'une centaine de millisieverts dans les cas extrêmes.

Âge des enfants

Doses reçues (demi-vie)

■ Nourrissons	■ entre 1,3 et 2,5 mSv
■ Enfants de 1 an	■ entre 6,6 et 13 mSv
■ Enfants de 5 ans	■ entre 4 et 7,8 mSv
■ Enfants de 10 ans	■ entre 2,1 et 3,9 mSv

Doses moyennes à la thyroïde reçues par les enfants résidant dans l'est de la France en 1986. Les fourchettes de valeurs estimées par tranche d'âge correspondent à la variabilité des habitudes alimentaires, paramètres très sensibles sur la dose.

En 2000, une étude de l'IRSN et de l'Institut national de veille sanitaire (InVS) a permis d'obtenir une estimation du nombre théorique de cancers de la thyroïde en excès, susceptibles d'apparaître entre 1991 et 2015 parmi les 2,3 millions d'enfants de moins de 15 ans qui résidaient dans l'est de la France en 1986.

L'estimation donnant un résultat inférieur ou comparable aux incertitudes sur le nombre de can-

cers de la thyroïde « spontanés » prévisible au sein de cette population (cf. tableau ci-dessous), les cancers associés aux retombées de l'accident de Tchernobyl, dont l'existence est incertaine pour les doses reçues en France (de l'ordre de 100 fois moins que celles reçues par les enfants de Biélorussie parmi lesquels une épidémie de cancers thyroïdiens a été décelée), seraient très difficilement détectables par une étude épidémiologique.

Période de projection	Nombre de cancers de la thyroïde spontanés	Nombre de cas en excès théoriquement imputable à l'accident
■ 1991-2015	■ 889 (± 60)	■ 7 à 55

Entre 1986 et 2000, tous les réacteurs de la centrale ont été définitivement arrêtés. Sur le site aujourd'hui, une intense activité se poursuit pour la construction d'un nouveau confinement et d'une installation d'entreposage de combustible usé.

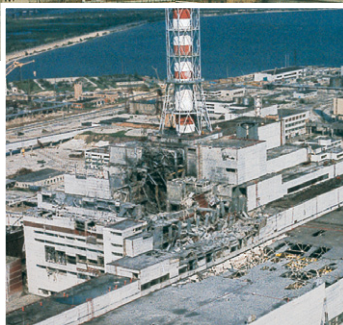
□ Le sarcophage

Construit en six mois après l'accident, dans des conditions particulièrement difficiles, le sarcophage

qui devait confiner les matières radioactives du réacteur détruit s'est rapidement dégradé.



La centrale de Tchernobyl. Un écroulement du sarcophage aboutirait à la mise en suspension de poussières radioactives qui pourraient, à nouveau, contaminer le voisinage du site.



À l'intérieur du sarcophage. Le cœur fondu est encore radioactif pour des milliers d'années.

□ Le nouveau confinement

Afin de réduire les risques présentés par le sarcophage, un programme d'actions a été lancé en 1997, financé conjointement par l'Ukraine et par un fonds international administré par la Banque européenne pour la reconstruction et le développement.

En septembre 2007, un contrat a été signé avec le consortium Novarka (VINCI et Bouygues) pour la construction d'un nouveau confinement qui doit recouvrir l'ancien sarcophage. En forme d'arche, la nouvelle structure aura des dimensions considé-

rales : 250 m de portée, 150 m de long et 105 m de hauteur. La charpente métallique pèsera plus de 18 000 tonnes. L'édifice devrait être achevé en 2014.

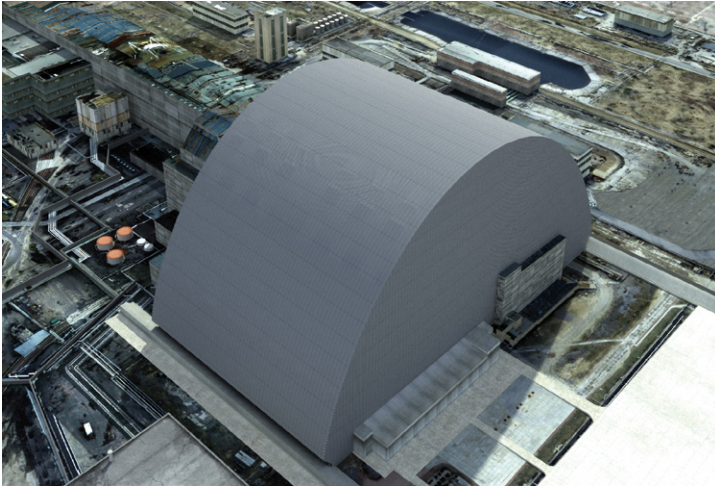
Les objectifs de la nouvelle arche sont multiples : protéger le sarcophage contre les agressions externes, assurer une étanchéité parfaite entre les ruines radioactives du réacteur détruit et l'environnement, et permettre à terme le démantèlement du sarcophage et l'enlèvement des matières radioactives dans des conditions sécurisées.

□ La coopération internationale

L'activité internationale en Ukraine reste très active. À présent, elle concerne tout particulièrement l'évaluation de la sûreté du projet de l'arche d'une part, celle des nouvelles installations d'entreposage du combustible usé, en cours de construction sur le site de Tchernobyl d'autre part.

En outre, plusieurs projets spécifiques de sûreté, financés par

la Commission européenne, se poursuivent sur les centrales ukrainiennes en exploitation. Dans un avenir proche, des évaluations de sûreté devront aussi commencer pour accompagner la construction des deux nouveaux réacteurs de Khmelnytsky, le projet du nouveau réacteur de recherche et la construction d'une usine de fabrication de combustible nucléaire.



<p>PROJECT SHELTER IMPLEMENTATION PLAN (SIP) NEW SAFE CONFINEMENT DESIGN, CONSTRUCTION AND COMMISSIONING CONTRACT № SIP08-1-001</p>	<p>ПРОЕКТ ПЛАН ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ (ПОМ) НОВЫЙ БЕЗОПАСНЫЙ КОНФАЙНМЕНТ КОНТРАКТ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ № SIP08-1-001</p>
<p>EMPLOYER THE STATE SPECIALIZED ENTERPRISE «CHERNOBYL NPP»</p>	<p>ЗАКАЗЧИК ГОСУДАРСТВЕННОЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ АЭС»</p>
<p>ENGINEER THE PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)</p>	<p>ИНЖЕНЕР ГРУППА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ (ГУП)</p>
<p>CONTRACTOR NOVARKA, a Joint Venture made of: VINCI Construction Grands Projets (VCGP, leader) and Bouygues Travaux Publics (BUTP, member)</p>	<p>ПОДРЯДЧИК Совместное предприятие NOVARKA в составе: VINCI Construction Grands Projets (VCGP-ведущая фирма) и Bouygues Travaux Publics (BUTP участник)</p>

Contractants du projet de l'arche sarcophage (EDF, Novarka : VINCI et Bouygues Travaux Publics).

Les leçons de l'accident de Tchernobyl

L'accident a profondément changé la perception des conséquences d'un accident grave et la façon de les gérer. Il a également mis en exergue l'importance de l'information pour cette gestion.

□ La protection des personnes

Au-delà des morts et des effets aigus immédiats liés à l'irradiation apparus peu après l'accident, les études réalisées depuis 1986 font clairement apparaître une augmentation du taux d'apparition de cancers de la thyroïde, notamment chez les enfants ayant inhalé ou ingéré de l'iode radioactif.

Des études sont poursuivies pour détecter ou apprécier d'autres conséquences sanitaires pouvant être en rapport avec l'accident. Aucune conclusion nette ne peut être établie aujourd'hui. En tout état de cause, les conditions de vie dans les territoires contaminés continuent de poser des difficultés. Des actions sont notamment menées pour réduire les doses

pouvant résulter de l'ingestion de produits contaminés.

Aujourd'hui, la doctrine de protection d'urgence prévoit de prendre, sur ordre du préfet, de l'iode stable en cas d'accident de réacteur entraînant des rejets radioactifs, pour éviter les doses à la thyroïde par inhalation d'iodes radioactifs. Une distribution préventive de comprimés d'iode a été réalisée à la fin des années 90 autour des centrales d'EDF et est renouvelée périodiquement. Par ailleurs, des interdictions de consommation et de commercialisation de produits contaminés seraient prononcées en référence aux niveaux maximaux admissibles définis par un règlement européen.



Le comprimé d'iode stable, moyen efficace pour réduire les doses à la thyroïde en cas d'exposition à des iodures radioactifs.

□ La transparence et l'information

Une convention internationale a été mise au point dès 1986 pour qu'une information immédiate soit donnée par les pays concernés en cas d'accident dans une de leurs installations nucléaires.

Par ailleurs, une échelle internationale des événements nucléaires a été définie (échelle INES) pour faciliter la compréhension de l'importance relative

des différents incidents et accidents survenant dans les installations nucléaires.

Depuis 1981, des Commissions locales d'information sont créées autour des installations nucléaires, et notamment des centrales électronucléaires. L'IRSN apporte son appui à ces Commissions locales d'information, soit directement, soit *via* leur association nationale, dénommée ANCCLI.

Le rôle dévolu à ces instances a été renforcé par la loi sur la transparence et la sûreté nucléaire qui a été promulguée en 2006.

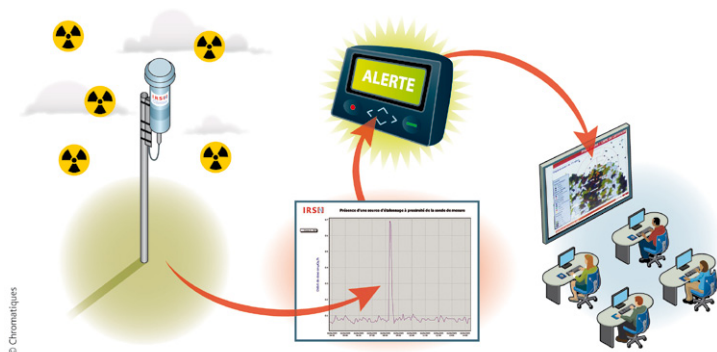
D'autres formes de dialogue se développent, comme par exemple les groupes d'expertise

pluralistes, dans lesquels un sujet technique peut être débattu sur la base d'un dossier de l'exploitant et d'un rapport d'expertise de l'IRSN, en faisant intervenir les parties prenantes concernées avant que les décisions ne soient prises.

□ La gestion de crise

Depuis 1986, les moyens utilisables en cas de crise ont connu des développements importants. Aussi bien les exploitants que les administrations et leurs appuis techniques ont modernisé leurs

centres de crise, y compris sur les aspects de communication. Dans ce cadre, l'IRSN a progressivement renforcé sa capacité technique concernant :



Téléray : dispositif de mesure en temps réel du rayonnement gamma ambiant et d'alerte en cas d'élévation de la radioactivité.



- la surveillance de la radioactivité de l'environnement, notamment avec la mise en place du réseau Téléray qui permet de détecter en temps réel une élévation anormale du rayonnement ambiant ;
- les méthodes et les outils de calcul permettant d'estimer, en situation de crise, les conséquences possibles sur l'environnement et sur les personnes, de façon à décider d'actions de protection efficaces ;
- les moyens d'intervention sur le terrain mobilisables en urgence pour mesurer les contaminations accidentelles de l'environnement et des personnes.

□ La sûreté des centrales

La sûreté des centrales des pays de l'Europe de l'Est a été très sensiblement améliorée, avec l'aide internationale et surtout européenne.

Une grande vigilance reste néanmoins nécessaire, compte tenu de la conception d'origine de certaines installations et des difficultés économiques rencontrées par nombre des pays concernés.

Une quinzaine d'exercices de crise sont réalisés chaque année pour entraîner les différents acteurs. Pour la phase d'urgence, l'organisation est aujourd'hui considérée comme éprouvée, même s'il convient de veiller attentivement au maintien de son efficacité.

Des réflexions sont poursuivies pour améliorer la préparation au traitement des situations faisant suite aux accidents : l'accident de Tchernobyl a bien mis en évidence les difficultés de gestion de telles situations, notamment à grande échelle.

À l'ouest, l'accident de Tchernobyl, survenant après celui de Three Mile Island (Pennsylvanie-USA), a relancé les études sur les accidents graves avec fusion du cœur, dont l'objectif est de rechercher toutes les dispositions qui permettraient de réduire les rejets lors d'un tel évènement, tant pour les installations existantes que pour d'éventuelles installations futures. Ces études ont permis d'apporter des amé-

liorations importantes aux installations nucléaires.

Concernant les interventions humaines dans la sûreté des centrales nucléaires, l'accident de Tchernobyl a conduit à des

réflexions approfondies sur la notion de culture de sûreté et sur sa mise en œuvre. Elle concerne non seulement les opérateurs mais aussi les dirigeants et les organisations.

□ Conséquences économiques et sociales

Cette catastrophe a eu des conséquences humanitaires, écologiques et économiques majeures en Ukraine, en Russie et en Biélorussie. Ces pays ont reçu près de 70 % des retombées radioactives. Outre la zone d'exclusion de 30 kilomètres de

rayon située essentiellement en Ukraine, 23 % du territoire biélorusse a été contaminé par du césium 137. En ce sens, la Biélorussie est le pays le plus touché ; 1,6 million de personnes vivant en zone contaminée (15 % de la population),



Musée de Tchernobyl à Kiev (Ukraine) : des noms de villages rasés dans la zone d'exclusion.



il a fallu déplacer de manière permanente les habitants des zones les plus atteintes ; leurs villages d'origine ont été rasés, des logements et des infrastructures ont été reconstruits. Depuis 2006, pour la seule Biélorussie, près de 235 000 personnes ont dû être relogées.

Plusieurs millions de personnes ont fait l'objet d'un suivi sanitaire, parmi lesquelles les liquidateurs des trois pays concernés. De nouveaux établissements de santé ont été créés ; des mesures sanitaires ont été mises en place pour protéger les enfants.

Pour ceux qui n'ont pas été déplacés, la vie dans les territoires contaminés implique également des difficultés. L'ensemble a entraîné des coûts.

Les trois pays ont dû faire face à d'importantes pertes agricoles et forestières : des productions étaient impropres à la consommation et donc perdues, d'autres

ont été rejetées alors qu'elles n'étaient pas nocives occasionnant par là-même aux régions touchées une lourde « double peine » économique. Dans les zones contaminées et non évacuées, l'agriculture reste pénalisée et les déchets doivent continuer à être gérés.

Les travaux réalisés sur le site de la centrale ont été très coûteux et, dans le futur, le seront encore. Au-delà, l'Europe de l'Est étant relativement nucléarisée, de nombreux réacteurs de production d'électricité ont dû être remis à niveau pour améliorer leur sûreté ; les plus anciens ont été stoppés.

Au total, malgré les dons importants provenant de la communauté internationale, les coûts et manques à gagner consécutifs à la catastrophe représentent pour les trois pays un lourd fardeau qui se compte en centaines de milliards de dollars.

ACHEVÉ D'IMPRIMER AVRIL 2011

Crédits photos : **Sygma** ■ **Claude Cieutat** ■ **Campagne-Campagne** ■ **D.R.**
■ **IRSN/Hôpital Cochin/Seignette-Lafontan** ■ **Pascal Landmann**
■ **Noak/Le bar Floréal/IRSN** ■ **Jean Robert/IRSN** ■ **Novarka**
■ **Musée de Tchernobyl/Brice Maire**
■ Illustrations : P. 3 **Stéphane Jungers.** ■ P. 12 **Laurent Stéfano**
■ P. 40 **Chromatiques Éditions**

L'IRSN

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) est en charge de l'évaluation scientifique du risque nucléaire et radiologique.

Établissement public de l'État à caractère industriel et commercial (EPIC), l'IRSN exerce des missions de recherche et d'expertise au service des autorités et de la société. Organisme de référence en France et à l'international, il rassemble plus de 1 700 personnes qui couvrent des disciplines diverses depuis les sciences de la vie jusqu'à la physique nucléaire. Il conduit des recherches et des expertises dans ses domaines de compétence :

- la protection de l'homme et de l'environnement contre les risques liés aux rayonnements ionisants ;
- la sûreté des installations et le transport de matières radioactives ainsi que leur protection contre les actes de malveillance ;
- le contrôle des matières nucléaires et des produits pouvant concourir à la fabrication d'armes ;
- la gestion de crise.

Il contribue également à l'information du public.



Tchernobyl

L'accident survenu en 1986 dans la centrale nucléaire de Tchernobyl, en Ukraine, a profondément marqué l'opinion publique européenne. Depuis lors, l'IRSN n'a pas cessé de s'impliquer pour mieux connaître et comprendre les conséquences de cette catastrophe sur la santé des populations et sur l'environnement et agir pour améliorer la sûreté du sarcophage construit en 1986 sur le réacteur accidenté.

Siège social

31, avenue de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

Téléphone

+33 (0)1 58 35 88 88

Courrier

B.P. 17
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Site Internet

www.irsn.fr

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE