



Synthèse sur controverse technique

Version 1 finale du 17 décembre 2024

Comment est réalisé le suivi radiologique des riverains et est-il suffisant ?



DÉBAT
PUBLIC

PROJET DE NOUVEAUX
RÉACTEURS NUCLÉAIRES
À GRAVELINES

ORGANISÉ PAR



commission
nationale du
débat public

COMMENT EST RÉALISÉ LE SUIVI RADIOLOGIQUE DES RIVERAINS ET EST-IL SUFFISANT ?

Introduction

L'industrie nucléaire génère et manipule des produits radioactifs, lesquels sont à l'origine de rayonnements dits « ionisants ». Ces rayonnements ionisants peuvent, en cas d'exposition à une certaine dose, avoir un effet néfaste sur la santé, et notamment être à l'origine de cancers. Certains éléments qui ont permis la démonstration de la réalité de ce risque sont apportés dans le premier chapitre de ce document.

Du fait de l'existence avérée de ces risques, des mesures de protection et de surveillance sont prises dans l'objectif de protéger d'une part les travailleurs du nucléaire, et d'autre part les populations riveraines et l'environnement d'une installation nucléaire. Ces mesures, et leurs résultats pratiques en termes d'exposition en France, sont décrites dans le deuxième chapitre.

Enfin, dans le troisième chapitre, sera discuté un sujet à l'origine de controverses techniques et portant sur l'observation de leucémies infantiles aux abords de centrales nucléaires.

Effet des rayonnements ionisants

L'exposition à certaines doses de rayonnements ionisants conduit à un risque de conséquences néfastes sur la santé, ils peuvent être en effet à l'origine notamment de cancers, tels que les cancers du poumon, du sein, de la thyroïde ou des leucémies. La réalité de ce lien entre rayonnements ionisants et cancer est démontrée à partir d'une certaine dose reçue par de nombreuses études scientifiques [1]. Ces démonstrations nécessitent des études statistiques ; cela implique en particulier qu'elles doivent se baser des cohortes adaptées et un traitement des données robuste.

Parmi les études réalisées, certaines résultent de l'étude des conséquences de situations de guerre ou d'accidents nucléaires. Ainsi, à l'issue de la Seconde Guerre Mondiale, l'étude des conséquences des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki au Japon les 6 et 9 août 1945 ont conduit à démontrer l'augmentation du risque de cancer et de leucémie chez les survivants, pour des expositions aiguës à des doses supérieures à 50 mSv sur l'enfant et 100 mSv chez l'adulte [2]. L'accident de Tchernobyl, le 26 avril 1986 en Ukraine (alors en Union Soviétique), a conduit à une lourde contamination radioactive de l'environnement ; l'exposition aux rayonnements qui en sont issus a conduit à une augmentation du risque de leucémie durant les onze années suivant l'accident chez les enfants âgés de 0 à 5 ans, vivant à proximité de la centrale et exposés à une dose osseuse excédant 10 mGy (équivalent à peu près à 10 mSv) [3].

Les travaux de la cellule de traitement des controverses technique n'a pas montré de dissensus concernant la réalité du lien entre exposition

à certaines doses de rayonnements ionisants et risques de cancers, dont les leucémies.

La radioprotection et le suivi de la radioactivité en France

Au quotidien, nous sommes exposés à des rayonnements ionisants provenant de sources naturelles. Ces dernières peuvent être le sol lui-même, qui contient naturellement des éléments radioactifs comme l'uranium et le thorium (exposition plus élevée dans les régions granitiques et montagneuses), les eaux, l'air ou des substances organiques, ou encore les rayonnements cosmiques, provenant du Soleil ou de l'espace lointain (exposition plus élevée en altitude) [4]. Cette radioactivité naturelle conduit en France à une dose en moyenne de l'ordre de 3 mSv/an [5].

La réalité de l'exposition à la radioactivité naturelle fait l'objet d'un consensus.

La réglementation française impose à un exploitant nucléaire de veiller à ce que les activités et rejets de son installation nucléaire n'induisent pas pour le public à une exposition aux rayonnements ionisants supérieure à 1 mSv/an (article R1333-11 du Code de santé publique [6]), soit un tiers environ de la radioactivité naturelle moyenne.

Par ailleurs, en sus de cette limite, l'exploitant nucléaire doit appliquer un principe d'optimisation, c'est-à-dire qu'il doit maintenir l'exposition au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des connaissances techniques, des facteurs économiques et sociétaux (article L1333-2 du Code de santé publique). Il s'agit du principe ALARA (soit, en anglais, *As low as reasonably achievable*).

La démonstration du respect de ces limites se fait d'une part par conception au préalable de l'autorisation de création de l'installation nucléaire, puis durant l'exploitation et le démantèlement de cette même installation, par le truchement d'une surveillance de l'exploitant complétée par des contre-analyses et des contre-expertises par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et les associations agréées.

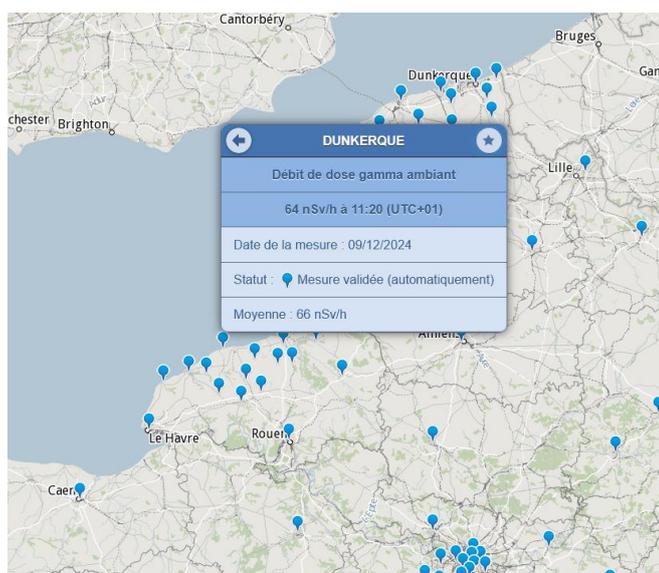
La surveillance est effectuée de deux manières :

- en premier lieu à l'émissaire, c'est-à-dire la radioactivité rejetée par les cheminées et conduites de l'installation, et ce par une mesure en continu ou périodique ;
- en deuxième lieu dans l'environnement, de façon à mesurer les contaminations. Ces mesures concernent l'air, l'eau (rivières, nappes phréatiques), flore (herbe), faune et denrées alimentaires (lait).

Ce double contrôle a pour objet de :

- vérifier la cohérence entre les rejets déclarés et les effets mesurés sur l'environnement ;
- suivre les effets d'accumulation (sédiments, chaîne alimentaire, etc...) invisibles aux seules mesures instantanées ;
- évaluer les doses reçues par le public exposé directement aux rayonnements, ou indirectement par exemple par inhalation d'air ou ingestion des denrées alimentaires.

En ce qui concerne la communication des résultats, le réseau Téléray de l'IRSN mesure la dose de radioactivité ambiante en temps réel ; ses résultats sont communiqués en ligne [8] (cf Figure 1) et sont versés dans le réseau Eurdep de la Commission européenne [9]. De plus, les mesures de contamination de l'environnement (air, sédiments, eau, denrées alimentaires) réalisées par les exploitants, l'IRSN et les associations agréées sont publiées sur la plateforme du RNM (Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement) [10].



Capture d'écran prise sur la région de Dunkerque le 09/12/2024 sur le site en référence [8].

Figure 1 : capture d'écran de la cartographie de suivi radioactif par le réseau Téléray de l'IRSN

L'existence de ces réglementations et des procédures de conception et de contrôle qu'elles impliquent ne font pas l'objet, en elles-mêmes, de controverses au sein de la cellule.

Cette réglementation amène, selon la taille des installations, à réaliser jusqu'à 20 000 mesures par an. L'ensemble de ces mesures conduit à une exposition de la population du fait des activités nucléaires industrielles évaluée par l'IRSN à 0,11 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ (soit 0,00011 mSv/an) pour l'ensemble de la population française ; en ce qui concerne les personnes résidant dans un rayon de 10 km autour d'une installation nucléaire, est constatée une exposition dans une fourchette de 1 à 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ (soit 0,001 à 0,01 mSv/an), selon le site considéré [11]. Ces

valeurs sont très inférieures à la limite légale retenue de 1 mSv/an (inférieures ou égales à 1% de ce seuil), ainsi qu'à l'exposition de la population à la radioactivité naturelle, à savoir environ 3 mSv/an . Cela conduit l'IRSN à qualifier l'exposition à la radioactivité produite par les installations nucléaires de « négligeable » [12].

Les travaux de la cellule n'ont pas montré de controverse concernant ces résultats généraux ; ils ont toutefois révélé l'existence de controverses quant à leur effectivité pour prévenir certains risques, et notamment le risque de leucémies chez l'enfant, lequel fait l'objet du prochain chapitre.

Le sujet des leucémies aux abords de certaines centrales

Depuis les années 1980, des études locales ont mis en évidence des concentrations de cas de leucémie anormalement élevées (« cluster », ou « agrégat ») à proximité des sites nucléaires, en particulier :

- en Grande-Bretagne à proximité des usines de traitement du combustible nucléaire de Sellafield et de Dounreay. Ce cluster concerne 5 cas ;
- en Allemagne à proximité de la centrale de Krümmel. Cette observation fait suite à une étude épidémiologique de 2008 sur 16 sites allemands faisant état d'un excès de risque de leucémies chez les enfants de moins de cinq ans vivant dans un rayon de 5 km autour des centrales nucléaires allemandes [13]. Selon l'IRSN, cette étude fait état d'un « risque relatif de 2,2 dans un rayon de 5 km (37 cas observés pour 16,9 attendus) et d'une diminution du risque avec la distance » [14]. Ce résultat est associé à des doses radioactives très faibles, de l'ordre de quelques μSv . Cette étude a été réalisée par le Bureau d'enregistrement des cancers de l'enfant (Kinderkrebsregister), et a été mise en exergue par un communiqué de presse de l'Office fédéral de protection contre les rayonnements ionisants (Bundesamt für Strahlenschutz, Bfs) ;
- en France, un cluster de 4 cas avait été relevé en 1995 à proximité de l'usine de traitement de combustibles de la Hague [15].

En 2008, l'IRSN a mené une revue critique de la littérature [16] concluant : « au niveau local, des excès de cas de leucémies infantiles reconnus existent en Grande-Bretagne à proximité des usines de retraitement de Sellafield et de Dounreay, et en Allemagne à proximité de la centrale de Krümmel. Néanmoins, l'ensemble des études multisites actuellement disponibles, y compris en France, ne montre pas d'augmentation de la fréquence des leucémies globalement chez les 0 - 14 ans ou 0 - 24 ans à proximité des sites nucléaires. Une étude récente indique un excès de leucémies chez les enfants de 0-4 ans autour des centrales nucléaires allemandes. À ce jour, une telle observation n'est pas confortée par les études effectuées dans d'autres pays, y

compris en France. L'étude allemande ne fournit aucune piste d'explication à l'excès observé ».

En 2008, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), la Direction générale de la santé (DGS) et la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) ont mis en place un groupe de travail pluraliste, dirigée par le Pr Sommelet, rassemblant des spécialistes de l'industrie nucléaire, des épidémiologistes, des hémato-onco-pédiatres et des représentants de milieux associatifs et de la société civile. Ce groupe a publié un rapport en 2011 [17], concluant : « les connaissances actuelles sur les effets des radiations ionisantes à faible dose ne permettent pas de conclure à une relation causale et les rares agrégats de leucémies à proximité de certaines installations nucléaires demeurent inexpliqués. La poursuite et le développement des recherches épidémiologiques en cours, couplés avec l'étude des expositions à d'autres substances cancérigènes potentielles et des facteurs génétiques favorisant la leucémogénèse, doivent être soutenus. »

En 2012, une étude épidémiologique (GEOCAP) menée par une équipe de chercheurs de l'INSERM, à laquelle des chercheurs de l'IRSN ont contribué, a conduit à la publication d'une étude dans la revue scientifique *International Journal of Cancer* ; cette étude aboutit, selon l'IRSN à la conclusion suivante [19] : « l'étude observe un excès potentiel de leucémies infantiles dans un rayon de 5 km autour des centrales nucléaires françaises sur la période 2002-2007. Ce résultat repose sur des effectifs très faibles, et n'est pas confirmé sur une période plus longue ou lorsque l'on utilise un zonage fondé sur la modélisation des rejets gazeux des centrales. Cette observation pourrait être due à des facteurs de risque non déterminés présents à proximité des installations nucléaires. Ce résultat pousse à un approfondissement des recherches sur les causes des leucémies infantiles. ».

De 2008 à 2014, de nombreux travaux ont été réalisés en Europe et aux États-Unis (cf Figure 2) sur ce sujet, sans toutefois contredire les conclusions de la revue bibliographique de 2008 de l'IRSN. Un résumé de différentes études est par ailleurs proposé dans le Tableau 1 pour les leucémies infantiles et dans le Tableau 2 concernant d'autres cancers.

Enfin, un état de l'art sur le sujet a été présenté par l'IRSN devant le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) ; cette présentation a été mise en ligne sur Youtube [20].

L'observation locale, autour de certaines centrales et/ou sur une certaine période, de surcroûts statistiques de leucémies infantiles est attestée par les études scientifiques ; en revanche, aucune de ces études n'a conduit à établir un lien de cause à effet ni de récurrence spatiale ou temporelle entre la proximité d'une centrale et ces concentrations de cas. Les causes de ces cas ne sont toutefois pas établies par les chercheurs, conduisant ces derniers à appeler à un approfondissement des recherches.

Etudes récentes

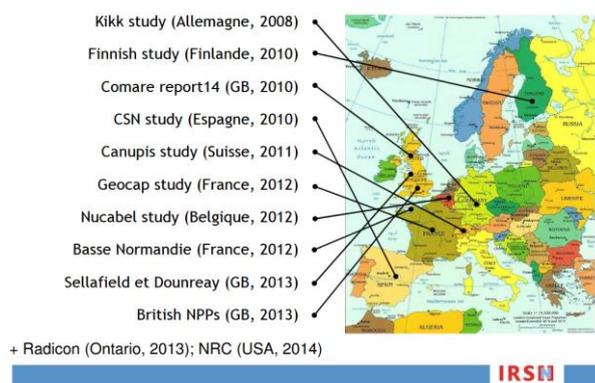


Figure 2 : synthèse géographique des études sur le risque de leucémie infantile à proximité des centrales nucléaires par l'IRSN

Belgique	Étude Nucabel (5 sites, 2000-2008). Bollaerts ISP-WIV 2012] ; Extension 2006- 2016 : excès et gradient avec dose modélisée près du site de Mol-Dessel [Bollaerts EJCP 2016
France	Basse-Normandie 1997-2005 : pas de sur-incidence dans les zones situées à proximité des sites nucléaires du Nord-Cotentin [Collignon RESP 2012]
Ontario (USA)	Étude Radicon - 3 sites 1990-2008 : pas d'excès [Lane JEP 2013]
UK	Grande-Bretagne : Sellafield et Dounreay update 1963-2006 : réduction des excès sur la période récente [Bunch BJC 2014] ; National case-control study - 13 sites 1962-2007 : pas d'excès [Bithell BJC 2013]
Suisse	Étude Canupis - 5 sites 1985-2009 : pas d'excès significatif [Spycher IJE 2011 ; Kuehni SMW 2014]
Allemagne	Étude nationale d'incidence - 7 centrales nucléaires arrêtées 2004-2019 : persistance d'un excès près de Krümmel [Russo IJC 2023]

Tableau 1 : résumé d'études concernant le lien entre la proximité d'une centrale nucléaire et les leucémies infantiles

USA	Large projet national commandité par la Commission de régulation nucléaire (NRC) en 2010. Projet abandonné en 2017 [NAS 2012, NAS 2014]
Belgique	4 sites 2006-2014 : pas d'excès significatif de cancer de la thyroïde, mais gradient avec dose modélisée près de Fleurus [Demoury IJC 2020]
Autres	Meta-analyse sur les cancers de la thyroïde : 13 études (incidence et mortalité) publiées jusqu'en 2015 : pas d'excès [Kim EI 2016]

Tableau 2 : résumé d'études concernant le lien entre la proximité d'une centrale nucléaire et d'autres types de cancers

Synthèse

Les substances radioactives génèrent des rayonnements dits « ionisants », qui, en cas d'exposition à une certaine dose, sont susceptibles d'être à l'origine de conséquences néfastes sur la santé, notamment des cancers et en particulier des leucémies chez l'enfant. Notre quotidien nous amène en pratique à être exposés à des rayonnements ionisants, ceux-ci provenant de sources naturelles (sol,

rayons cosmiques, ...) ou de sources artificielles, dont notamment celles générées par l'industrie électronucléaire. La dose reçue en France du fait des sources naturelles est de l'ordre de 3 mSv/an ; par ailleurs la réglementation française établit une dose maximale pour les riverains d'installations nucléaires à 1 mSv/an. Cette réglementation conduit à la mise en œuvre de nombreuses mesures de conception et de surveillance, lesquelles conduisent en pratique à une dose supplémentaire pour les riverains d'installations nucléaires de l'ordre de 0,001 à 0,01 mSv/an, en fonction du site considéré. Ces doses sont considérées comme faibles (voire « négligeables » selon l'IRSN), car très inférieures à la limite réglementaire et à l'exposition à la radioactivité naturelle.

Les travaux de la cellule n'ont pas conduit à révéler de controverse sur ces points. En revanche, ils ont indiqué une controverse concernant l'effectivité de ces mesures vis-à-vis du risque de cancer, et notamment celui des leucémies infantiles.

En effet, des travaux menés depuis les années 1980 ont montré l'existence, à proximité de certaines installations et/ou à certaines périodes, d'un surcroît local statistique de cas de leucémies infantiles. Cela a concerné notamment des installations au Royaume-Uni, en Allemagne ou en France. L'ensemble des travaux scientifiques relevés par la cellule de traitement des controverses techniques, et notamment des méta-analyses publiées dans la littérature scientifique, confirment l'existence de ces surcroûts, sans pour autant conduire à établir une relation de cause à effet, ni de récurrence spatiale ou temporelle, entre la présence de centrale nucléaire à proximité et le surcroît de leucémies. Les causes de ces cas ne sont toutefois pas établies par les chercheurs, conduisant ces derniers à appeler à un approfondissement des recherches.

Références

- [1] *Sources and effects of ionizing radiation. Volume II, Effects.* United Nations Scientific Committee On The Effects Of Atomic Radiation (UNSCEAR), United Nations, New York (2000) [\[lien\]](#)
- [2] Folley JH, Borges W, Yamawaki T., *Incidence of leukemia in survivors of the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki, Japan*, Am J Med., vol. 13, no. 3, pp. 311-21 (Septembre 1952) [\[lien\]](#)
- [3] *Conséquences sur la santé des populations de l'accident de Tchernobyl*, IRSN (publié le 15/04/2018, consulté le 09/12/2024) [\[lien\]](#)
- [4] *Les sources de radioactivité naturelle*, IRSN (publié le 07/01/2013, consulté le 09/12/2024) [\[lien\]](#)
- [5] *L'exposition moyenne des Français et les facteurs de variation*, IRSN (publié le 16/06/2021, consulté le 09/12/2024) [\[lien\]](#)
- [6] Article R1333-11, Code de la santé publique (en vigueur depuis le 01/07/2018) [\[lien\]](#)
- [7] Article L1333-2, Code de la santé publique (en vigueur depuis le 01/07/2017) [\[lien\]](#)
- [8] *Mappage Teleray*, IRSN (consulté le 09/12/2024) [\[lien\]](#)
- [9] *EURDEP*, Joint Research Centre, Commission européenne (consulté le 09/12/2024) [\[lien\]](#)
- [10] Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement, ASN et IRSN (consulté le 09/12/2024) [\[lien\]](#)
- [11] Rapport N°IRSN/2021-00108, *Exposition de la population française aux rayonnements ionisants, Bilan 2014-2019*, IRSN (Juin 2021) [\[lien\]](#)
- [12] Rapport N°IRSN/2021-00765 *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020*, IRSN (Novembre 2021) [\[lien\]](#)
- [13] Kaatsch P, Spix C, Schulze-Rath R, Schmiedel S, Blettner M., *Leukaemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants*, Int J Cancer, vol. 122, no. 4, pp. 721-6 (15/02/2008) [\[lien\]](#)
- [14] Laurier D., *Leucémies infantiles et proximité des INB : bilan des études nationales et internationales*, IRSN (09/06/2015) [\[lien\]](#)
- [15] Viel JF, Pobel D, Carré A., *Incidence of leukaemia in young people around the La Hague nuclear waste reprocessing plant: a sensitivity analysis*, Stat Med, no. 14 (21-22):2459-72 (Novembre 1995) [\[lien\]](#)
- [16] Rapport DRPH/SRBE n°2008-001, *Les études épidémiologiques des leucémies autour des installations nucléaires chez l'enfant et le jeune adulte : revue critique*, IRSN (2008) [\[lien\]](#)
- [17] *Installations nucléaires de base et leucémies de l'enfant*, ASN (07/11/2011) [\[lien\]](#)
- [18] Sermage-Faure, C., Laurier, D., Goujon-Bellec, S., Chartier, M., Guyot-Goubin, A., Rudant, J., Hémon, D. and Clavel, J., *Childhood leukemia around French nuclear power plants—The geocap study, 2002–2007*, Int. J. Cancer, vol. 131, no. 5, pp. E769-E780 (01/09/2012). [\[lien\]](#)
- [19] *Publication scientifique conjointe Inserm et IRSN concernant les leucémies chez l'enfant autour des centrales nucléaires française sur le site internet de la revue « International Journal of Cancer » le 4 Janvier 2012*, IRSN (12/01/2012) [\[lien\]](#)
- [20] *Webinaire HCTISN clôture – 30 septembre 2024*, Concertation Sûreté nucléaire (publié le 02/10/2024, consulté le 09/12/2024) [\[lien\]](#)