

Rapport de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) en collaboration avec l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) concernant le « point zéro du CERN »



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Bundesamt für Gesundheit BAG
Office fédéral de la santé publique OFSP

IRS N

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Rapport de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) en collaboration avec l'Institut de radio- protection et de sûreté nucléaire (IRSN) concernant le « point zéro du CERN » 15.10.2007

Introduction	3
La mesure des concentrations et des niveaux d'irradiation	5
Dose équivalente ambiante	5
Milieu atmosphérique	6
Milieu aquatique	7
Milieu terrestre	8
Interprétation des résultats	11
Exposition externe	11
Milieu atmosphérique	11
Milieu aquatique	12
Milieu terrestre	12
Information du public	13
Conclusions	14
Bibliographie	15
Annexes	16

Introduction

La surveillance de la radioactivité de l'environnement effectuée au voisinage du CERN dans le cadre du point zéro avant la mise en exploitation du grand collisionneur à hadrons LHC vise à établir un état initial de la situation radiologique dans les compartiments atmosphérique, terrestre et aquatique afin de répondre aux objectifs suivants :

- Assurer une connaissance précise des niveaux actuels de la radioactivité de l'environnement, aussi bien d'origine naturelle qu'artificielle, afin d'être à même de déceler très tôt un impact du fonctionnement des installations du LHC, le cas échéant, un processus de contamination.
- Vérifier que l'impact des rejets de substances radioactives et de l'irradiation externe ajoutée respecte la valeur directrice de dose liée à la source, soit 0.3 mSv/an (0.2 mSv/an pour les émissions et 0.1 mSv/an pour l'irradiation externe) et ne dépasse en aucun cas la limite de dose de 1 mSv/an applicable au public.
- Assurer une méthodologie et la mise en service de moyens de surveillance raisonnables permettant une maîtrise efficace des problèmes métrologiques en cas d'augmentation de la radioactivité.

Pour atteindre ces objectifs, 3 niveaux de démarche sont distingués:

- la mesure des concentrations et des niveaux d'irradiation
- l'interprétation des résultats de mesure
- l'information du public sur la situation

Ce rapport présente les résultats de la surveillance initiale „point zéro“ effectuée dans les années 2005 et 2006. L'interprétation de ces résultats du point de vue de la radioprotection a été effectuée par un groupe de travail „point zéro du LHC“ dans le souci d'une information accessible au public. Les données détaillées ainsi qu'une synthèse sur les notions de base pour l'aide à leur appréciation font l'objet du chapitre 7 en annexes de ce rapport. Pour les mesures de surveillance antérieures à celles du « point zéro », les rapports de l'OFSP [1] sont accessibles au public.

La mesure des concentrations et des niveaux d'irradiation

L'élaboration du programme de mesures tient compte des spécificités des installations et des expériences liées au LHC. Leur connaissance approfondie a motivé d'une part le choix des radioéléments susceptibles d'amener une contamination et d'autre part le choix d'indicateurs sensibles et significatifs, ainsi que des méthodes de mesure appropriées des nuclides directs. Cette démarche a pour but de replacer les informations recueillies lors des mesures dans un contexte global et d'en tirer ainsi toutes les conclusions utiles. Elle est essentielle, car elle seule permet:

- de mettre en relation des sources d'émissions, à travers le transfert dans la biosphère, à l'impact sur l'individu
- d'effectuer des projections dans l'avenir
- de choisir les indicateurs sensibles

La qualité de la surveillance est assurée par des programmes de contrôle de qualité qui sont appliqués au niveau des méthodes d'analyse. Il s'agit essentiellement des méthodes de mesure de la dose équivalente ambiante due aux rayonnements gamma, aux particules chargées pénétrantes comme les muons et aux neutrons et des concentrations dans les compartiments atmosphérique, aquatique et terrestre où la présence de radionucléides pourrait aussi conduire à une irradiation interne par inhalation ou, suite à leur transfert dans des produits de consommation, à une irradiation interne par ingestion.

Dose équivalente ambiante

Conformément à l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP), la dose équivalente ambiante $H^*(10)$, qui caractérise l'exposition externe du public, est exprimée en sievert ou dans un de ces multiples, le plus couramment en milli sievert ($1 \text{ mSv} = 10^{-3} \text{ Sv}$). Le tableau 1 résume le domaine des contributions des composantes gamma et neutronique à l'exposition externe mesurées sur le site même du CERN et dans son voisinage accessible au public. L'ensemble des mesures correspondantes est reporté dans l'annexe 7.1.

Domaine des contributions à l'exposition externe	Sur le site CERN	Dans le voisinage
Composante gamma (mSv/an)	0.90 – 2.04	0.72 – 1.07
Composante neutronique (mSv/an)	0.05 – 0.42	0.05 – 0.08

Tableau 1 : Exposition externe

On observe des valeurs plus élevées sur le site même du CERN où les 10 points de mesure ont été sélectionnés de manière à rendre compte des impacts maximum des installations du Centre sur l'exposition externe. Les valeurs maximales de l'exposition ambiante annuelle enregistrées (2.04 mSv/an pour la composante gamma et 0.42 mSv/an pour la composante neutronique) témoignent en particulier de la remise en route de l'expérience COMPASS au 3^{ème} trimestre 2006 sur le site de Prévessin et de l'exploitation du synchrotron à protons (PS) sur le site de Meyrin respectivement. L'exposition individuelle est en réalité nettement inférieure à cette valeur si l'on tient compte du temps de séjour limité de personnes en ces endroits. La figure 1 expose les résultats des mesures de l'autorité de surveillance, effectuées par l'Institut de Radiophysique Appliquée (IRA) de l'Université de Lausanne, en comparaison de la station de référence. Il s'agit des doses ambiantes intégrées sur l'année couverte par le « point zéro ». Pour les mesures instantanées dans les 33 sites répartis dans le voisinage du CERN et donc accessibles au public, les valeurs sont conformes à celles attribuables au bruit de fond d'origine naturelle et à ses fluctuations comme le montre la figure 2.

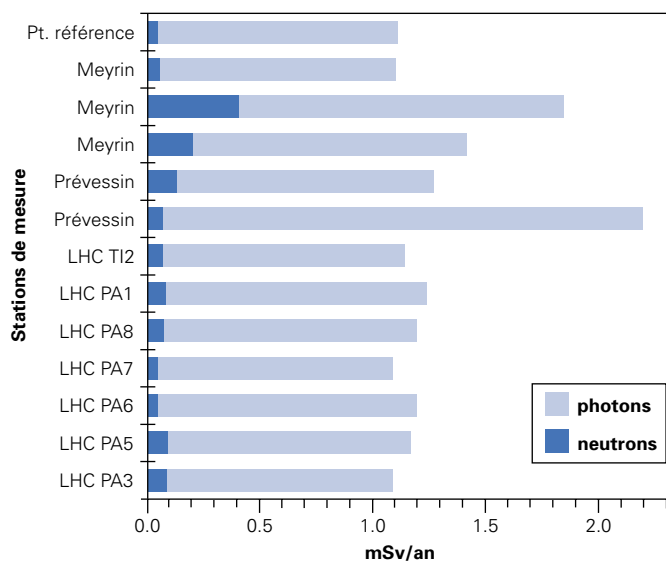


Figure 1 : Doses ambiantes mesurées pour les neutrons et les gammas à l'aide des dosimètres passifs installés par l'IRA Lausanne.

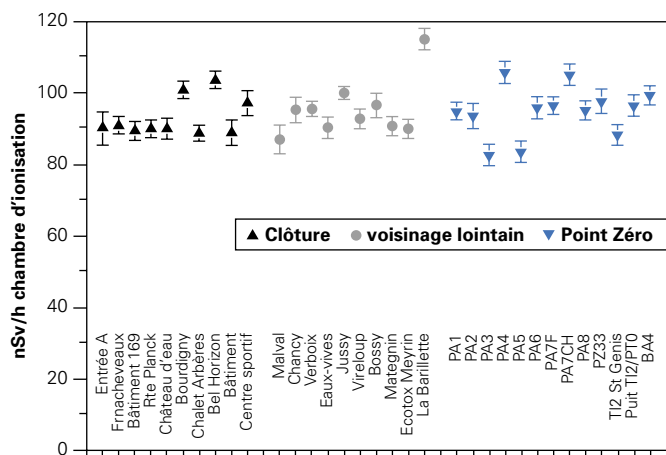


Figure 2 : Débits de dose ambiante instantanés mesurés à l'aide d'une chambre d'ionisation dans le voisinage immédiat (clôture) du CERN, dans le voisinage lointain et dans les emplacements additionnels spécifiques au programme Point zéro du LHC.

Les valeurs du débit d'exposition ambiante sont comprises entre 80 et 110 nSv/h soit 0.7 à 1.0 mSv/an pour un séjour permanent. La valeur plus élevée pour le site de la Barillette s'explique par la contribution du rayonnement cosmique plus importante dans ce point de mesure situé à 1450 mètres d'altitude. Comme il n'y a pas eu de faisceaux de particules dans le LHC durant ces mesures, les fluctuations observées dans les sites du LHC sont d'origine naturelle et représentent pour les neutrons les incertitudes de mesure.

Milieu atmosphérique

Les mesures dans l'atmosphère sont réalisées en continu par l'intermédiaire d'une station du réseau RADAIR (moniteur alpha-bêta avec compensation de l'activité naturelle) qui constitue une veille compte tenu des limites de détection trop élevées (Bq/m^3) pour détecter des radionucléides présents en traces. Ce domaine des traces ($\mu Bq/m^3$) est couvert par un collecteur à grand débit (HVS ; high volume sampler) dont le filtre est évalué chaque semaine par spectrométrie gamma. Les résultats de cette surveillance concernant la période du point zéro sont représentés dans la figure 3. Les données exhaustives font l'objet de l'annexe 7.2.

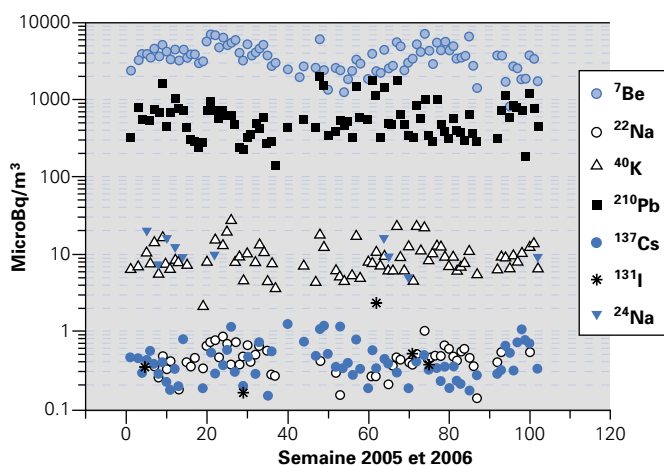


Figure 3 : Concentrations radioactives mesurées dans l'air à l'aide du collecteur haut débit (700 m^3/h) installé par l'OFSP sur le site de Meyrin.

On distingue trois niveaux de concentrations :

- De l'ordre du mBq/m³ pour le ²¹⁰Pb et le ⁷Be, dont les concentrations traduisent les variations naturelles.
- De l'ordre d'une dizaine de μBq/m³ pour le ⁴⁰K d'origine naturelle et sporadiquement pour le ²⁴Na produit dans les accélérateurs de particules du CERN
- De 0.1 à environ 1 μBq/m³ pour le ²²Na dont les concentrations sont conformes au niveau naturel, pour le ¹³⁷Cs dont les concentrations témoignent de la remise en suspension des dépôts de Tchernobyl et pour les traces proches du seuil de détection de ¹³¹I, détectées en 3 circonstances sur les 100 semaines examinées, provenant des installations du CERN.

Milieu aquatique

La surveillance du milieu aquatique se base sur des mesures par spectrométrie gamma d'échantillons de sédiments (trappes à sédiments) et de bryophytes provenant de 8 sites correspondant à des points de rejet de la future installation. Le rapport détaillé concernant ces mesures fait l'objet de l'annexe 7.3. La figure 4 en expose les résultats dans les sédiments. La valeur de ⁷Be plus élevée au PA2 peut s'expliquer en raison d'un prélèvement différé de 2 mois par rapport aux autres stations. Il en résulte un apport par les précipitations plus important du ⁷Be troposphérique. Cette valeur est cependant dans l'ordre de la variabilité naturelle dont les concentrations observées dépendent fortement de la période de mesure, en particulier des pluies et de l'érosion précédant la collecte des sédiments. Cette interprétation est partiellement confirmée par les mesures du ¹³⁷Cs provenant de Tchernobyl dans ce site.

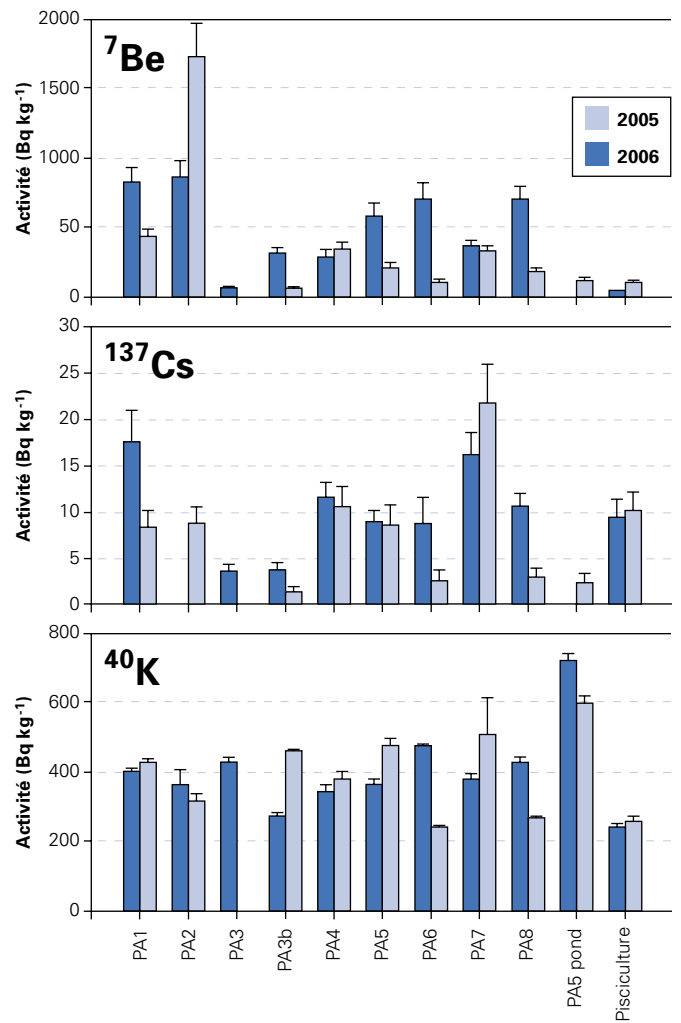


Figure 4 : Activités spécifiques mesurées dans les sédiments des futurs sites de rejets liquides du LHC à l'aide de trappes à sédiments installées par l'Institut Forel (⁷Be et ⁴⁰K naturels et ¹³⁷Cs de Tchernobyl).

Milieu terrestre

Mesures directes sur site

La surveillance du milieu terrestre repose essentiellement sur des mesures de spectrométrie gamma in situ. Cette méthode offre l'avantage d'accéder directement sur le site aux concentrations moyennes des radionucléides présents dans le sol ou à sa superficie, suite au dépôt éventuel de radionucléides rejetés par voie atmosphérique. Ainsi la problématique de la représentativité de l'échantillonnage terrestre ne se pose pas et le site peut être protégé des modifications entraînées par des prélèvements réguliers, modifications qui constituent un biais additionnel dans l'interprétation des résultats. En outre la spectrométrie gamma in situ permet de distinguer la contribution individuelle à l'exposition externe du public pour les différents radionucléides identifiés. Le tableau 2 et la figure 5 rendent compte des principaux résultats de spectrométrie gamma in situ du point de vue de l'exposition externe d'origine naturelle et artificielle.

Exposition externe	Contribution naturelle	Contribution artificielle	Exposition totale
10 sites	Spectrométrie in situ	Spectrométrie in situ	Chambre d'ionisation
Domaine (mSv/an)	0.65 – 0.91	0.01 – 0.02	0.72 – 0.92

Tableau 2 : Exposition externe naturelle et artificielle calculée à partir des spectres in situ et mesurée globalement à l'aide d'une chambre d'ionisation.

La contribution artificielle provient exclusivement du ^{137}Cs rémanent des essais des armes nucléaires (Etats-Unis et URSS) passés et de l'accident de Tchernobyl, à l'exception d'un site limitrophe de l'enceinte du CERN où de ^{41}Ar a été mis en évidence lors de la campagne de mesures 2005. En admettant que la concentration mesurée dans l'air soit constante sur une année, l'exposition qui en résulterait pour un séjour permanent atteindrait 0.06 mSv. L'examen du taux de comptage du pic d'annihilation (511 keV, ^{11}C et ^{13}N) a indiqué pour ce site une valeur supérieure d'un facteur 6 à celle enregistrée en moyenne dans pour les autres. Cette

information pourrait être exploitée comme indicateur d'impact des installations du CERN non identifiable par spectrométrie γ in situ. Une mesure effectuée dans l'enceinte du CERN avec un taux de comptage supérieur d'un facteur 3.5 semble confirmer la pertinence d'étudier cette information pour encore augmenter la capacité analytique de la méthode, même si en terme de débit de dose l'impact n'est guère perceptible.

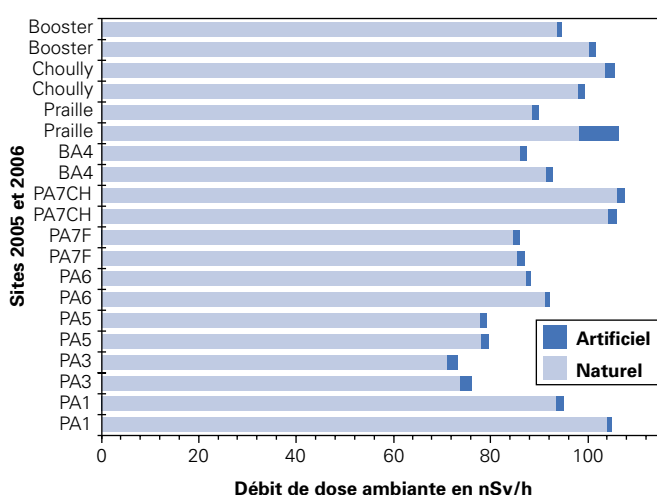


Figure 5 : Contributions naturelles et artificielles au débit d'exposition ambiante déterminées par spectrométrie gamma in situ dans les sites terrestres du voisinage du CERN en 2005 et 2006

Les données détaillées des laboratoires impliqués sont présentées dans l'annexe 7.4. La qualité des résultats est attestée par la comparaison entre les débits d'exposition ambiante calculés à partir des spectres in situ et ceux mesurés simultanément à l'aide d'une chambre d'ionisation qui indique une bonne cohérence (écart < +/- 20 %).

Mesures différées en laboratoire

Les analyses en laboratoire effectuées dans le cadre du point zéro essentiellement sur des échantillons d'herbe et de sol figurent en détail dans l'annexe 7.5.

Dans les échantillons d'herbe, les concentrations de ^7Be (100 à 910 Bq/kg) et de ^{40}K (220 à 1080 Bq/kg) rendent compte de la variabilité naturelle alors que les concentrations de ^{14}C (240 +/-3 Bq/kg C) et de ^3H lié (3.4 +/- 1.8 Bq/kg de matière organique et 2.8 +/-1.4 Bq/kg de matière sèche) témoignent à la fois de la composante naturelle cosmogénique et de la part rémanente des essais nucléaires atmosphériques russes et américains des années 60. Des traces de ^{137}Cs et de ^{90}Sr (8.8 +/- 0.3 Bq/kg de matière sèche), provenant de la même source et en partie de Tchernobyl, sont également détectables.

Dans les échantillons de sol, les profils 0-5 cm et 5-10 cm montrent une distribution homogène des radionucléides dans ces couches de sol. La figure 6 en résume les concentrations dans la couche supérieure

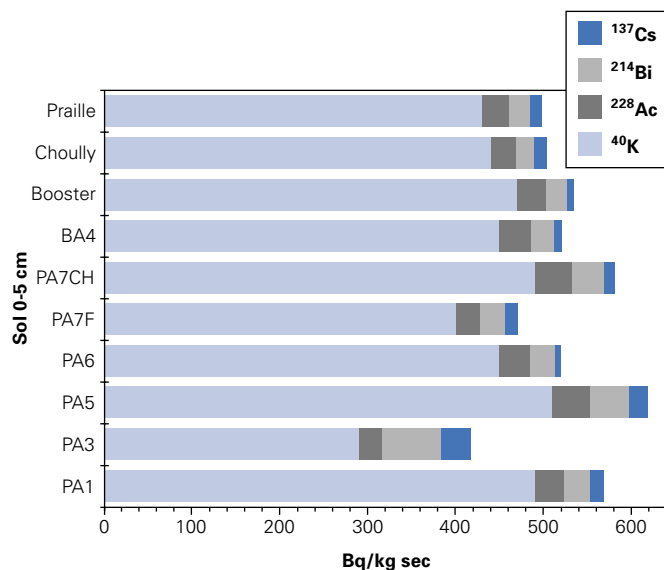


Figure 6 : Concentrations des radionucléides émetteurs gamma présents dans la couche superficielle de sol 0-5cm

Le potassium-40 présente les concentrations les plus élevées (quelques centaines de Bq/kg), suivi de l'actinium-228 de la série du thorium-232 et du bismuth-214 de la série de l'uranium-238 (quelques dizaines de Bq/kg). Outre ces radionucléides primordiaux d'origine naturelle, le césium-137 (quelques Bq à quelques dizaines de Bq/kg) témoigne des contaminations rémanentes de Tchernobyl et des essais nucléaires atmosphériques russes et américains des années 60. La rémanence des retombées des essais nucléaires passés est confirmée au niveau du strontium-90 (4.0 +/- 0.3 Bq/kg de matière sèche) et du plutonium-239/240 (0.44 +/- 0.02 Bq/kg de matière sèche), dont les concentrations sont typiques des valeurs mesurées dans les autres sites de plaine, non influencés par des installations nucléaires.

Interprétation des résultats

La grandeur fondamentale permettant d'apprécier le risque que représente la radioactivité pour la population est la dose individuelle accumulée. Pour les personnes vivant dans le voisinage d'une installation nucléaire, il s'agit en outre de distinguer la dose artificiellement ajoutée par l'exploitation de l'installation en question par rapport à la dose due au bruit de fond d'origine naturelle et dû à des contaminations passées (essais des armes nucléaires, Tchernobyl). Les mesures directes de la dose ne permettent pas en général de faire cette distinction spécifique, car l'impact des immissions dans l'environnement sur la dose est trop faible par rapport à ce bruit de fond et à ses fluctuations et que souvent seule la modélisation permet de caractériser les voies d'exposition. C'est pourquoi il convient de suivre des éléments directs témoignant de l'impact de l'installation dans les compartiments environnementaux. Comme on ne peut raisonnablement pas tout contrôler il convient de sélectionner des bioindicateurs radioécologiques qui ont la capacité de fixer préférentiellement les substances radioactives rejetées. La mise en évidence de ces traces s'exprime par une concentration qui n'est pas directement liée à une dose mesurable. Outre le contrôle du respect de la réglementation quant à l'impact des rejets, le suivi de l'évolution de ces traces permet d'éviter qu'un processus de contamination ou qu'un phénomène d'accumulation à long terme ne passe inaperçu dans la biosphère.

Exposition externe

Les systèmes de mesures du débit de dose ambiante répartis autour du CERN ont permis de caractériser le bruit de fond actuel compte tenu de ses fluctuations géographiques et temporelles. Cette information sert de base pour la détection d'une valeur ajoutée par les activités futures du LHC en ce qui concerne le rayonnement gamma, les particules chargées pénétrantes comme les muons et les neutrons. Le constat d'une anomalie devra être clarifié par des mesures ciblées pour le site concerné afin de déterminer le rayonnement à l'origine de l'augmentation observée. Si l'on excepte les sites dans l'enceinte même du CERN, les valeurs enregistrées dans le cadre du point zéro sont représentatives de la radioactivité naturelle et sont parfaitement cohérentes avec celles observées dans des sites hors de l'influence du CERN.

Milieu atmosphérique

Les mesures hebdomadaires des filtres du collecteur à grand débit (HVS) ont confirmé la prédominance des radionucléides d'origine naturelle, le béryllium-7 (^7Be), le plomb-210 (^{210}Pb) et le sodium-22 (^{22}Na). Grâce à l'excellente sensibilité du système, de faibles traces d'origine artificielle ont été mises en évidence sporadiquement. Il s'agit d'une part du césium-137 (^{137}Cs) de Tchernobyl suite à sa remise en suspension dans l'air et d'autre part du iode-131 (^{131}I) et du sodium-24 (^{24}Na) produits par tous les accélérateurs.

Milieu aquatique

L'analyse des sédiments recueillis dans les trappes à sédiments placées dans des cours d'eau susceptibles de véhiculer des radionucléides issus des rejets liquides des installations du CERN ainsi que dans les bryophytes ont indiqué la présence des radionucléides d'origine naturelle, le potassium-40 (^{40}K) et le béryllium-7 (^7Be). Un apport de ^7Be par les rejets du CERN est d'autant plus difficile à mettre en évidence que les concentrations naturelles de ce nucléide montrent une grande variabilité. Du point de vue des radionucléides artificiels, des traces de césium-137 provenant de la retombée des essais nucléaires passés des Etats Unis et l'Union Soviétique et de l'accident de Tchernobyl ont été détectées uniquement dans certains sédiments qui constituent un excellent intégrateur de pollution. Aucun impact des activités du CERN n'a été mis en évidence dans le cadre du point zéro, si l'on excepte des traces de ^{65}Zn et de ^{22}Na détectées dans le Nant d'Avril dans le cadre d'une étude radioécologique de l'OFSP [2].

Milieu terrestre

Les résultats dans le milieu terrestre mènent aux constats suivants:

- sur la base des mesures de débit de dose ambiante effectuées à l'aide d'une chambre d'ionisation, aucune contribution des activités du CERN n'a pu être mise en évidence. L'impact éventuel du CERN se situe par conséquent dans le domaine des fluctuations naturelles du point de vue de l'exposition externe.

- l'identification isotopique des contributions individuelles à l'exposition externe par spectrométrie gamma in situ [3] montre que les radionucléides naturels primordiaux de la croûte terrestre constituent l'essentiel du rayonnement. Des traces de béryllium-7 d'origine cosmique ainsi que de césium-137 rémanent des essais des armes nucléaires russes et américains et de Tchernobyl sont détectables dans tous les sites.
- seul l'argon-41 mis en évidence au sud-est de l'enceinte du CERN témoigne de l'activité de l'ISOLDE. Ce nucléide fait partie des isotopes de période radioactive $T_{1/2} < 2$ heures (^{11}C , ^{13}N , ^{14}O , ^{15}O) rejetés dans l'air conformément au bilan des émissions du CERN.
- une réflexion a été engagée pour tirer profit de l'information donnée par l'aire du pic d'annihilation (511 keV) qui pourrait être un bon indicateur pour d'autres radionucléides de période courte : ^{11}C , ^{13}N , ^{14}O , ^{15}O .

Concernant la voie d'exposition interne par consommation d'aliments et de boissons, les mesures disponibles ne signalent pas d'impact du CERN. Il s'agit d'analyses gamma, de tritium lié et de carbone-14 dans les végétaux et autres produits agricoles. On dispose également des teneurs en strontium-90 et en plutonium-239/240 dans les sols qui témoigne de la retombée des essais nucléaires atmosphériques russes et américains effectués dans les années 60.

Les concentrations observées pour les radionucléides provenant du CERN sont nettement en-dessous des limites réglementaires dans tous les compartiments environnementaux examinés.

Information du public

Parmi les craintes de la population vis-à-vis des facteurs environnementaux, celles qu'engendrent les radiations ionisantes font partie des plus fortes. Les références comme Hiroshima- Nagasaki et Tchernobyl font à juste titre que les événements liés à la radioactivité sont porteurs d'inquiétudes auprès du public, en particulier concernant le risque de cancer et de malformations génétiques radio-induites. Afin de limiter ce risque la Commission internationale de Protection radiologique (CIPR) propose un système de radioprotection basé sur les 3 principes de justification, d'optimisation et de limitation des expositions, qui sert de support aux autorités réglementaires pour assurer une protection radiologique pertinente dans les différents domaines d'application des radiations ionisantes.

Comme les effets sur la santé sont liés à la dose, il importe de pouvoir s'appuyer sur la possibilité de mesurer les doses d'irradiation grâce à divers appareils de détection très sensibles (chambre d'ionisation, dosimètre thermoluminescent, détecteur semi-conducteur, détecteur à scintillation...). Contrairement aux personnes exposées aux radiations ionisantes dans le cadre de leur profession, ainsi qu'aux patients qui font l'objet d'une surveillance dosimétrique suivie pour des pratiques bien précises, l'individu de la population ne peut bénéficier directement de la même information concernant les expositions environnementales très variables auxquelles il est en permanence soumis tout au long de sa vie. C'est pourquoi il importe de disposer d'outils qui permettent une caractérisation rapide et fiable de l'environnement du point de vue de sa radioactivité et des doses qui en résultent pour le public. Cet outil doit également permettre une distinction entre les contributions de la radioactivité permanente d'origine naturelle et la valeur ajoutée des composantes d'origine artificielle.

Dans ce contexte les laboratoires impliqués dans la surveillance du CERN jouent un rôle important pour la détermination d'un état des lieux de référence et du suivi de l'impact des activités du Centre de recherche dans le cadre réglementaire ou accidentel. L'acquisition de ces données pour être pertinente doit faire l'objet d'une information régulière de la population locale, qui soit compréhensible et transparente. C'est l'objectif visé par le présent rapport.

Conclusions

Les moyens mis en œuvre par les autorités de surveillance françaises et suisses pour établir « le point zéro du LHC » ont permis de dresser un bilan de la radioactivité dans le voisinage du CERN avant la mise en route du nouvel accélérateur. Ce bilan concerne les niveaux d'exposition ambiante (gammas, particules chargées pénétrantes et neutrons) et les concentrations des radionucléides présents dans les milieux atmosphérique, aquatique et terrestre au cours des années 2005 et 2006. Les méthodes utilisées ont montré leur capacité à recenser de manière fiable le bruit de fond d'origine naturelle (radionucléides primordiaux et cosmiques), les contributions rémanentes d'origine artificielle (essais des armes nucléaires russes et américains des années 60 et retombée de Tchernobyl), ainsi que des traces attribuables à l'exploitation de certaines installations du CERN pendant leur fonctionnement. Ces traces ont pu être mises en évidence grâce à des méthodes de prélèvements et de mesures extrêmement sensibles. Il s'agit en particulier des dosimètres passifs permettant de détecter les rayonnements gamma et les neutrons, du collecteur d'aérosols de haut débit, des trappes à sédiments et des systèmes de spectrométrie gamma in situ. Les résultats montrent que l'impact de ces traces se situe nettement en dessous des limites d'immissions réglementaires. La poursuite de ces mesures est recommandée pour vérifier que l'impact radiologique en termes de dose sur la population et l'environnement ne s'écarte pas de manière significative de ces niveaux de référence en phase d'exploitation du LHC.

La campagne de mesures « Point zéro » a également confirmé une absence, après 53 années de fonctionnement des installations du CERN, d'une accumulation des radionucléides de période longue dans les différents compartiments de l'environnement.

Bibliographie

[1] Rapports annuels de l'OFSP en ligne depuis l'an 2000
„Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse“
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00043/00065/02239/index.html?lang=fr>

Chapitre 8: Surveillance des installations nucléaires
8.5 « Rejets et environnement du CERN » (mesures de l'exploitant)
8.6 « Environnement du CERN » (mesures de l'autorité de surveillance)

[2] RAPPORT No 7 SUR LES MESURES DE LA RADIOACTIVITE
DANS LE NANT D'AVRIL (GENEVE), Institut F.-A. Forel, Université de Genève Novembre 2005 – Octobre 2006

[3] M. Lemerrier*, R. Gurriaran, P. Bouisset, X. Cagnat, IRSN
« Specific activity to H*(10) conversion factors for in situ gamma spectrometry », Radiation Protection Dosimetry (2004)

[4] L. Pourcelot, P. Steinmann, P. Froidevaux, „Lower variability of radionuclide activities in upland dairy products compared to soils and vegetation: implication for environmental survey“, Chemosphere

Autres liens utiles indexés dans le texte:

CERN:
www.cern.ch

LHC:
<http://public.web.cern.ch/public/Content/Chapters/AboutCERN/CERNFuture/WhatLHC/WhatLHC-fr.html>

ORAP :
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02883/02884/index.html?lang=fr>

RADAIR:
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00045/02372/02374/index.html?lang=fr>

HVS :
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00045/02372/02378/index.html?lang=fr>

CIPR:
<http://www.icrp.org/>

Annexes

7.1.
Résultats des mesures de doses

7.2.
Résultats des mesures dans le milieu atmosphérique

7.3.
Résultats des mesures dans le milieu aquatique

7.4.
Résultats des mesures directes dans le milieu terrestre

7.5.
Résultats des mesures différées dans le milieu terrestre

7.6. Synthèse des notions de base

Les annexes sont publiées séparément sur les sites web de l'OFSP et de l'IRSN.

Impressum

© Office fédéral de la santé publique (OFSP)
Editeur: Office fédéral de la santé publique
Date de publication: octobre 2007

Informations supplémentaires et diffusion:
OFSP, Unité de direction Protection des consommateurs,
Division Radioprotection, 3003 Berne
Téléfon +41 (0)31 323 02 54, téléfax +41 (0)31 322 83 83
E-Mail: str@bag.admin.ch, www.bag.admin.ch, www.str-rad.ch

Layout: Silversign, visuelle Kommunikation, Bern
Illustration: Silversign, visuelle Kommunikation, Bern
Photos: Fotolia