

# Suivi du point zéro du CERN – Mesures 2012

Rapport de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) en collaboration avec l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

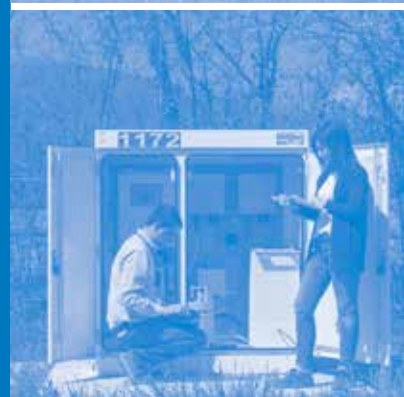
# IRSN

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
Office fédéral de la santé publique OFSP





# **Suivi du point zéro du CERN – Mesures 2012**

Rapport de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) en collaboration avec l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)



## Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>6</b>
<b>Mesures des niveaux d'irradiation et des concentrations radioactives</b>	<b>7</b>
Dose équivalente ambiante	8
Milieu atmosphérique	10
Milieu aquatique	11
Milieu terrestre	12
Mesures différées en laboratoire	13
<b>Interprétation des résultats</b>	<b>14</b>
Exposition externe	14
Milieu atmosphérique	14
Milieu aquatique	14
Milieu terrestre	15
<b>Information du public</b>	<b>16</b>
<b>Conclusions</b>	<b>17</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>19</b>

## Introduction

L'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) est une organisation intergouvernementale mettant ses installations de recherche à disposition des physiciens des particules du monde entier. Le cœur des instruments de recherche du CERN est constitué du complexe d'accélérateurs de particules dont l'enchaînement permet d'atteindre progressivement de très hautes énergies. Le grand collisionneur de hadrons (Large Hadron Collider ou LHC), mis en service en 2008, est à présent l'accélérateur le plus puissant du CERN.

Dans le cadre d'accords entre le CERN, la Suisse et la France, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) suisse et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) française collaborent avec le CERN afin d'assurer que les meilleures pratiques en matière de sûreté radiologique et de radioprotection s'appliquent au CERN. L'OFSP et l'ASN mènent des campagnes de mesures indépendantes de celles du CERN afin de mesurer l'impact radiologique des installations du CERN sur l'environnement. Afin de dresser un bilan de la situation radiologique dans le voisinage du CERN avant la mise en service du LHC, l'OFSP et l'ASN ont mandaté un groupe d'experts qui ont effectué en 2006 des mesures dans les milieux atmosphérique, terrestre et aquatique [1]. D'une part, ces mesures ont établi qu'aucune limite réglementaire fixée pour les installations du CERN n'avait été dépassée et que l'exploitation des installations du CERN ne représentait aucun danger pour la santé de la population et pour l'environnement ; d'autre part, elles ont permis d'obtenir des valeurs de référence constituant un point zéro de la situation radiologique dans le voisinage du CERN rendant possibles des comparaisons quantitatives lors de mesures ultérieures et la détection d'un éventuel impact du fonctionnement des installations du CERN et plus spécifiquement du LHC sur l'environnement et la population alentour.

A la fin de la première période d'exploitation du LHC, des mesures identiques à celles qui avaient été effectuées en 2006 lors du point zéro ont été reconduites en 2012. Ces mesures, effectuées dans les compartiments atmosphérique, terrestre et aquatique, renouvellent l'assurance qu'aucun impact notable des installations du CERN sur l'environnement et la population alentour n'est observé. De plus, leur comparaison avec les valeurs de référence du point zéro permet d'évaluer l'évolution de l'impact de l'exploitation des installations du CERN sur l'environnement et la population alentour au cours des six dernières années écoulées, qui reste insignifiant. Les mesures présentées dans ce rapport se rapportent essentiellement à des radionucléides dont la présence n'est pas attribuable aux activités du CERN ; il s'agit, d'une part, de radionucléides naturels et, d'autre part, de radionucléides artificiels résultant des essais nucléaires atmosphériques entrepris par différents Etats dans le passé et de l'accident de Tchernobyl.

Le présent rapport est organisé comme suit. Dans une première partie, les résultats des mesures dans l'environnement atmosphérique, terrestre et aquatique sont successivement présentés<sup>1</sup>. S'ensuit l'interprétation des résultats des mesures pour chacun des compartiments précédemment énumérés. Puis la question de l'information du public est abordée à la lumière des deux parties précédentes. Enfin, la conclusion présente la quintessence des résultats en rapport avec la surveillance de l'environnement aux abords du CERN.

<sup>1</sup> L'ensemble des résultats est disponible dans le rapport annuel « Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse » 2012 de l'OFSP [2]. Le présent rapport constitue un abrégé des résultats de mesures; en particulier, les mesures se rapportant à des radionucléides naturels ne sont pas présentées exhaustivement.

### Mesures des niveaux d'irradiation et des concentrations radioactives

L'élaboration du programme de mesures s'appuie sur une connaissance approfondie des spécificités des installations du CERN et des expériences qui y sont menées. Celle-ci permet d'identifier les sources de radiations ionisantes pouvant contribuer à une irradiation externe ainsi que les radioéléments susceptibles de donner lieu à une contamination de l'environnement. S'ensuit le choix d'indicateurs sensibles et significatifs ainsi que de méthodes de mesure appropriées permettant de quantifier les effets éventuels des radiations ionisantes émises sur la santé de la population environnante et leurs répercussions sur l'environnement. 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 permet notamment de :

- mettre en relation les sources d'émissions existantes, à travers le transfert dans la biosphère, et leur éventuel impact sur l'individu ;
- choisir les indicateurs sensibles les plus appropriés ;
- suivre l'évolution des émissions du CERN en fonction des expériences menées et des installations utilisées pendant les périodes de mesures.

Le programme de mesures comprend notamment le relevé de la dose équivalente ambiante due aux rayonnements gamma, aux particules chargées pénétrantes comme les muons et aux neutrons ainsi que la mesure des concentrations dans l'environnement (milieux atmosphérique, aquatique et terrestre) de radionucléides qui pourraient conduire à une irradiation interne par inhalation ou, suite à leur transfert dans les produits de consommation, à une irradiation interne par ingestion.

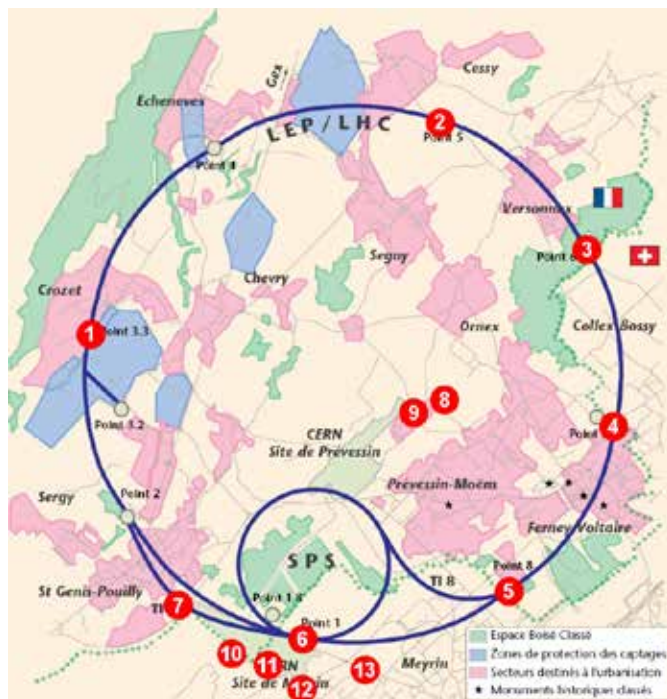


Figure 1: Localisation des emplacements de mesure sur les sites du CERN, à leurs clôtures et dans leurs voisinages proches (voir explications dans le corps du texte).

H*(10) en mSv/année									
	Site du CERN			Clôture et voisinage proche du CERN			Local IRA (référentiel)		
	Gamma	Neutrons	Total	Gamma	Neutrons	Total	Gamma	Neutrons	Total
2006	0.92-2.55	0.06-0.53	<b>1.11-2.61</b>	0.84-1.05	0.05-0.09	<b>0.93-1.10</b>	0.87	0.09	<b>0.96</b>
2012	0.65-0.98	0.11-2.06	<b>0.79-2.75</b>	0.66-0.81	0.09-0.18	<b>0.74-0.93</b>	0.66	0.11	<b>0.77</b>

Tableau 1 : Domaine des composantes gamma et neutronique et somme totale de l'exposition externe sur les sites du CERN, à leurs clôtures et dans leurs voisinages proches (voir explications dans le corps du texte) en 2006 et 2012. Les valeurs du dosimètre témoin exposé dans le bâtiment de l'Institut de radiophysique (IRA) en dehors de la zone d'influence du CERN sont indiquées à titre de référence. Les contributions naturelles sont incluses.

*Dose équivalente ambiante*

La dose équivalente ambiante,  $H^*(10)$ , caractérise l'exposition externe du public aux rayonnements ionisants. Celle-ci est mesurée aux treize emplacements indiqués sur la figure 1 à l'aide de dosimètres remplacés et évalués trimestriellement ; six emplacements sont situés sur des sites du CERN non accessibles au public, cinq à leurs clôtures et deux dans leurs voisinages proches (moins d'un kilomètre de la clôture du site le plus proche). Les points de mesure ont été choisis afin de rendre compte des impacts maximaux des installations du CERN sur l'exposition externe mesurée en 2006 et 2012. Les contributions à l'exposition externe dues au rayonnement gamma, qui incluent les particules chargées pénétrantes, et celles dues aux neutrons sont indiquées dans le tableau 1 ;

les contributions naturelles sont incluses. Les résultats du dosimètre témoin exposé pendant les mêmes périodes dans le bâtiment de l'Institut de radiophysique (IRA) à Lausanne sont également donnés à titre de valeurs de référence. Ces valeurs de référence correspondent aux contributions naturelles annuelles moyennes en Suisse, typiquement de l'ordre de 1 mSv/an pour les gamma et de 0.1 mSv/an pour la partie neutronique.

En ce qui concerne les mesures sur le site du CERN, les valeurs maximales de 2.55 mSv pour la composante gamma et de 0.53 mSv pour la composante neutronique en 2006 étaient respectivement attribuables à la reprise de l'expérience COMPASS au troisième trimestre sur le site de Prévessin et à l'exploitation du synchrotron à protons (PS) sur le site de Meyrin. En 2012, la valeur maximale pour la composante gamma (0.98 mSv) est également mesurée sur le site de Prévessin ; toute-

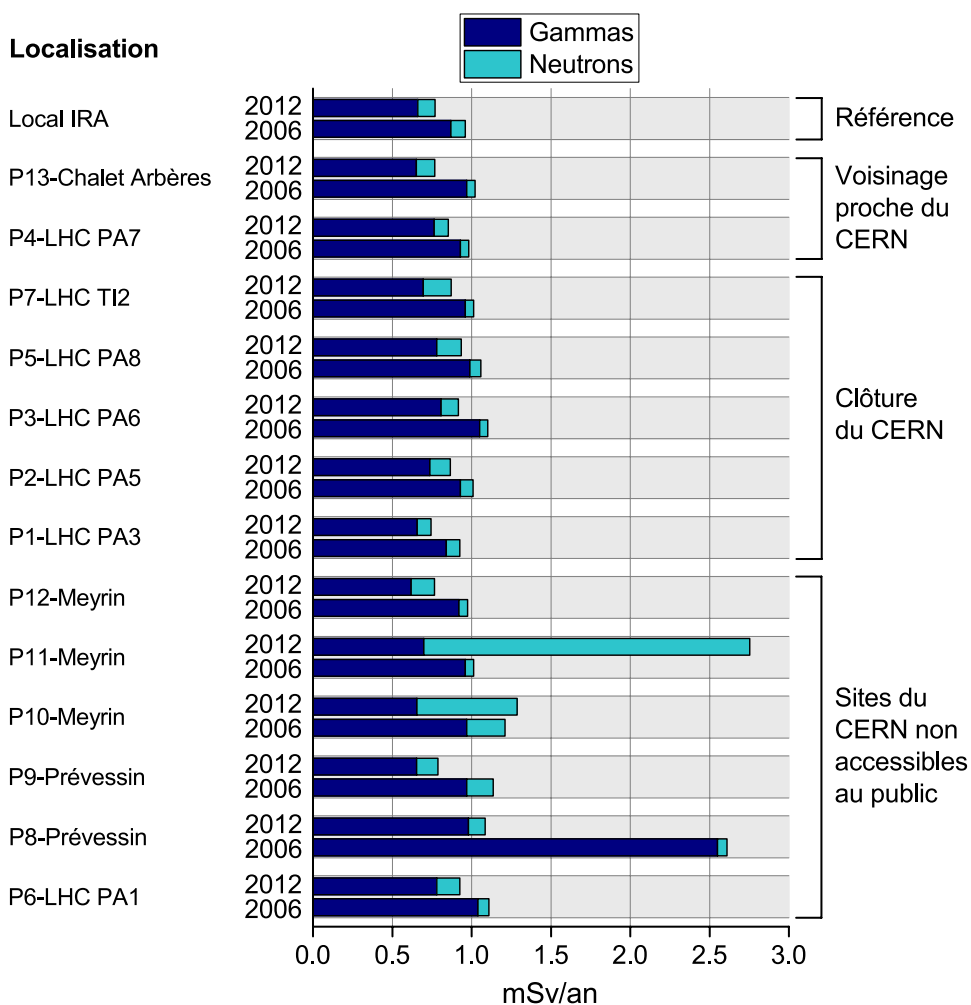


Figure 2 : Doses ambiantes mesurées en 2006 et 2012 et intégrées sur une année en différents points sur les sites du CERN, à leurs clôtures et dans leurs voisinages proches.



fois, une réduction d'un facteur 2.5 est observée. Quant à la composante neutronique, la valeur maximale (2.06 mSv) est mesurée en 2012 en un point du site de Meyrin proche de l'extraction de faisceau du synchrotron à protons. Il est à noter que la différence entre les conditions de calibration et les conditions d'utilisation des dosimètres peut engendrer une surestimation de la dose ambiante mesurée allant jusqu'à un facteur 10 ; les valeurs des doses neutroniques indiquées dans le tableau 1 sont donc conservatrices. Les valeurs précitées concernent des emplacements de mesure sur les sites du CERN non accessibles au public.

Quant à l'exposition externe mesurée aux clôtures et dans les voisinages proches des sites du CERN, elle est inférieure à celle mesurée sur les sites du CERN. Une légère diminution de l'exposition externe mesurée à la proximité des sites du CERN accessible au public a d'ailleurs été enregistrée entre 2006 et 2012. Ces variations annuelles dépendent en partie des programmes de recherche mis en œuvre durant les périodes de mesures.

Il est à noter que l'exposition individuelle, sur les sites du CERN et à sa proximité, est en réalité nettement inférieure aux va-

leurs reportées dans le tableau 1 si l'on tient compte du temps de séjour limité des personnes en ces endroits. Ainsi, la contribution des rayonnements diffusés à la dose effective maximale reçue par la population qui vit dans le voisinage proche du site du CERN due aux activités de l'Organisation a été de 0.013 mSv en 2012 [2]. Cette valeur correspond à seulement 1.4% de la dose équivalente ambiante maximale mesurée en 2012 dans le voisinage proche du CERN (0.93 mSv/année). Ainsi, si la contribution due aux activités du CERN est décelable, elle demeure négligeable et la dose mesurée est donc essentiellement attribuable à la radioactivité naturelle.

La figure 2 détaille les doses ambiantes mesurées aux emplacements indiqués sur la figure 1, sur les sites du CERN, à leurs clôtures et dans leurs voisinages proches (P4 et P13, situés respectivement à 300 et 250 mètres de la clôture du CERN la plus proche), intégrées sur une année en 2006 et 2012. Les valeurs de référence du dosimètre témoin exposé pendant les mêmes périodes dans le bâtiment de l'Institut de radiophysique à Lausanne sont également indiquées. Les composantes gamma et neutroniques à la dose ambiante sont différenciées.

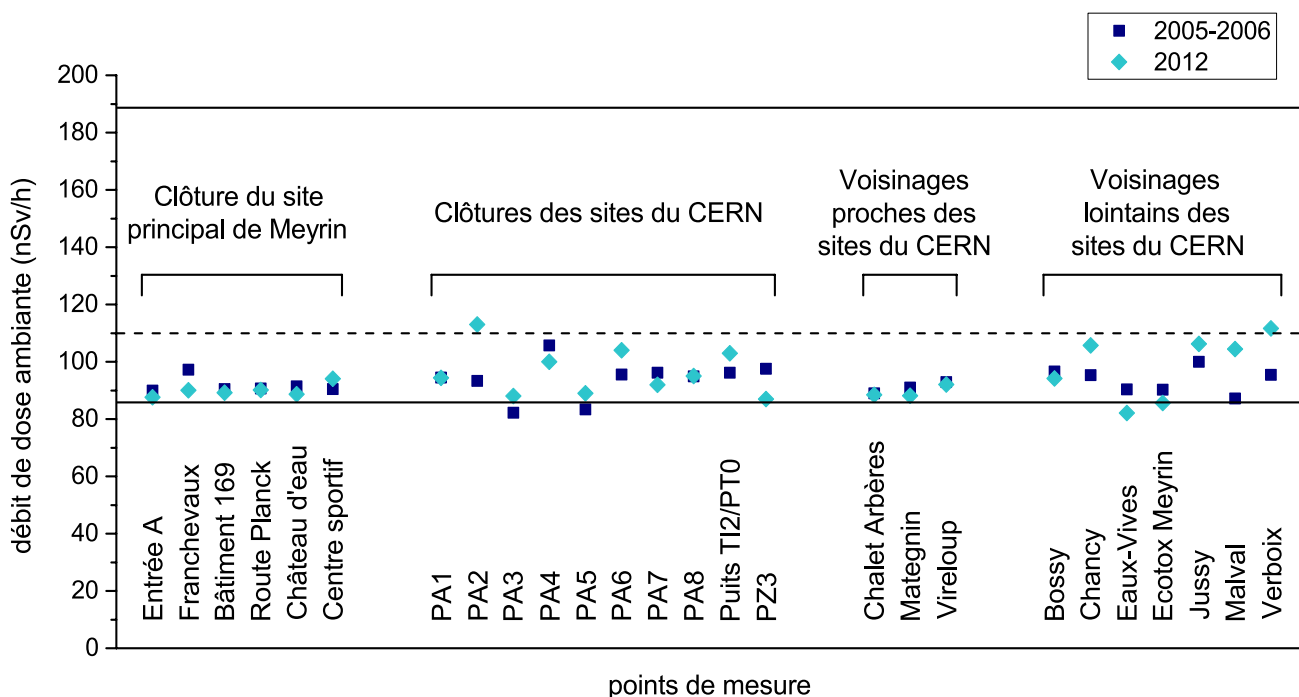


Figure 3 : Débits de dose ambiante instantanés mesurés à l'aide d'une chambre d'ionisation en différents points de la clôture des sites du CERN, dans leurs voisinages proches et dans leurs voisinages lointains (voir explications dans le corps du texte). La moyenne ainsi que les valeurs minimales et maximales des valeurs moyennes annuelles des débits de dose ambiante relevés en Suisse en 2012 par le réseau des 65 stations de surveillance de la Centrale Nationale d'Alarme [3] sont représentées respectivement en traitillés et en traits pleins.

Des mesures instantanées ont également été réalisées en différents points des clôtures des sites du CERN, dans leurs voisinages proches et dans leurs voisinages lointains (entre un et quinze kilomètres de la clôture du CERN la plus proche) à l’occasion du point zéro (2006) et à la fin de la première période d’exploitation du LHC avec protons (fin 2012). Les résultats sont présentés dans la figure 3. Les valeurs relevées correspondent à celles attribuables au bruit de fond d’origine naturelle et à ses fluctuations.

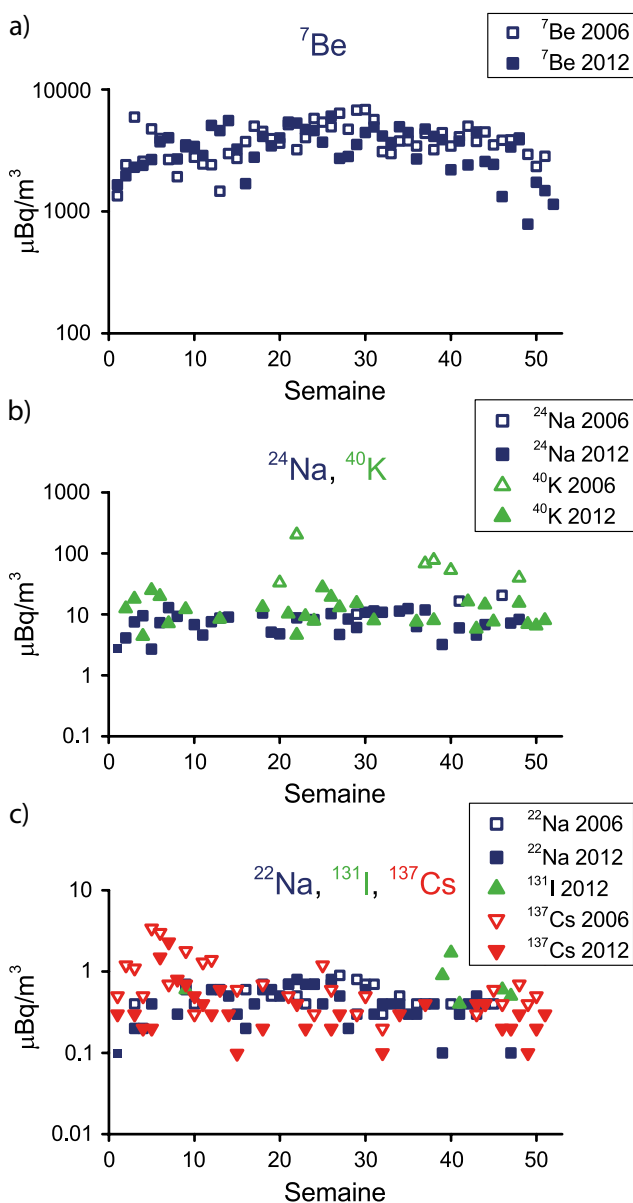


Figure 4 : Concentrations des radionucléides mesurées dans l’air à l’aide du collecteur à haut débit (700 m³/h) installé par l’OFSP sur le site du CERN de Meyrin.

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. Lors des mesures effectuées en 2006, aucun faisceau de particules ne circulait dans le LHC ; les fluctuations observées dans les sites du LHC étaient donc d’origine naturelle. Les mesures effectuées en 2012 présentent des fluctuations similaires, indiquant que les éventuelles contributions à la dose ambiante dues à l’exploitation des installations du CERN seraient comparables aux fluctuations naturelles. La comparaison avec les valeurs moyennes annuelles des débits de dose ambiante relevés en Suisse en 2012 par le réseau des 65 stations de surveillance de la Centrale nationale d’alarme (CNA) le confirme [3]. En effet, les valeurs minimales et maximales des valeurs moyennes annuelles ont été respectivement de 87 et 189 nSv/h, avec une valeur moyenne de 114 nSv/h (les mesures effectuées sur le site du CERN et dans son voisinage étant des valeurs instantanées, certaines de celles-ci se situent en dessous de la valeur minimale annuelle relevée par le réseau de surveillance de la CNA).

Milieu atmosphérique

Les mesures dans l’atmosphère sont réalisées en continu par l’intermédiaire d’une station du réseau RADAIR (Réseau automatique de détection dans l’air d’immissions radioactives). Cette station (moniteur alpha-bêta avec compensation de l’activité naturelle) présente une limite de détection de l’ordre du Bq/m³ et active une alarme en cas d’émissions conséquentes de radionucléides. En revanche, la limite de détection élevée ne permet pas de détecter des aérosols radioactifs présents à l’état de traces. A cet effet, un collecteur à grand débit (ou HVS, High Volume Sampler) équipé d’un filtre évalué chaque semaine par spectroscopie gamma est utilisé. Les résultats de cette surveillance effectuée pendant les années 2006 et 2012 sont représentés dans la figure 4. Seuls figurent les points situés au-dessus de la limite de détection, variables selon les conditions d’échantillonnage.

En 2006 et 2012, des niveaux de concentrations similaires sont observables pour l’ensemble des radionucléides. Ainsi, trois niveaux de concentrations peuvent être distingués :

- De l’ordre de 10<sup>3</sup> à 10<sup>4</sup> µBq/m<sup>3</sup> pour le <sup>7</sup>Be, dont les concentrations traduisent les variations naturelles. L’éventuelle contribution du CERN ne peut pas être distinguée de ces variations naturelles.
- De l’ordre de 1 à 100 µBq/m<sup>3</sup> pour le <sup>40</sup>K d’origine naturelle et sporadiquement pour le <sup>24</sup>Na produit par le complexe d’accélérateurs du CERN.

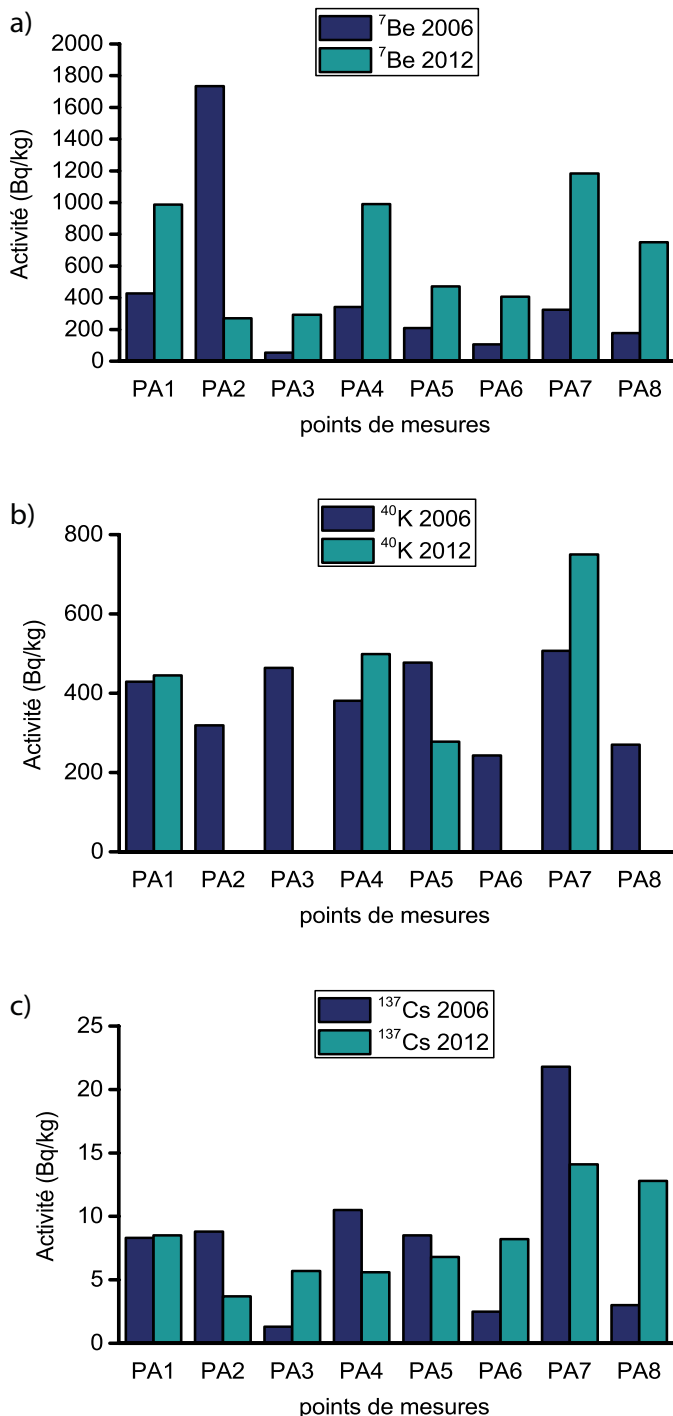


Figure 5 : Activités spécifiques mesurées dans les sédiments prélevés sur les sites de rejets d'eau du LHC à l'aide de trappes à sédiments installées par l'institut Forel (<sup>7</sup>Be et <sup>40</sup>K naturels, <sup>137</sup>Cs provenant des retombées de Tchernobyl).

– De l'ordre de 0.1 μBq/m<sup>3</sup> à 1 μBq/m<sup>3</sup> pour le <sup>22</sup>Na dont les concentrations sont conformes au niveau naturel, pour le <sup>137</sup>Cs dont les concentrations témoignent de la remise en suspension des dépôts de Tchernobyl et pour les traces proches du seuil de détection de <sup>131</sup>I, détectées 6 fois en 2012. L'<sup>131</sup>I provient d'ISOLDE, une installation spécifique du CERN, seule à produire ce type d'isotope.

Aucun autre aérosol radioactif traceur des activités du CERN n'a été détecté. Les radionucléides de demi-vie courte ne se fixant pas ou peu sur les aérosols, tels le <sup>11</sup>C, le <sup>13</sup>N, l'<sup>14</sup>O, l'<sup>15</sup>O ou l'<sup>41</sup>Ar, ne sont pas détectés par les mesures des filtres du HVS. Leurs valeurs sont mesurées en continu par le CERN et leur impact radiologique, évalué par le biais de modèles environnementaux, est très faible.

#### Milieu aquatique

La surveillance du milieu aquatique se base sur des mesures par spectroscopie gamma d'échantillons de sédiments (trappes à sédiments) et de bryophytes provenant de 8 sites de rejets d'eau du LHC, ainsi que sur l'analyse bimensuelle d'échantillons d'eau [4]. La figure 5 présente les résultats des mesures dans les sédiments.

La valeur de <sup>7</sup>Be plus élevée au point PA2 en 2006 peut s'expliquer en raison d'un prélèvement différé d'un mois par rapport aux autres stations. Il en résulte un apport par les précipitations plus important du <sup>7</sup>Be troposphérique. Cette valeur se situe cependant dans le domaine de la variabilité naturelle, les concentrations observées dépendant fortement de la période de mesure, en particulier des pluies et de l'érosion précédant la collecte des sédiments.

Pour les mesures effectuées sur les sédiments et les bryophytes, l'ensemble des concentrations mesurées en 2006 et 2012 pour le <sup>7</sup>Be, <sup>40</sup>K, et le <sup>137</sup>Cs se situent dans le domaine de la variabilité naturelle. En particulier, les valeurs mesurées pour le <sup>137</sup>Cs dans les sédiments sont comparables à celles relevées en d'autres points en Suisse [5]. Une éventuelle contribution du CERN aux immixtions de <sup>7</sup>Be n'a pu être distinguée des fluctuations naturelles. De plus, aucun autre radionucléide provenant des installations du CERN qui a pu à d'autres occasions être identifié sporadiquement dans les sédiments (<sup>57</sup>Co, <sup>60</sup>Co, <sup>54</sup>Mn) n'a été détecté lors des campagnes de 2006 et de 2012 [4].

Le seul nucléide attribuable aux activités du CERN décelé dans les échantillons d'eau est le  $^{22}\text{Na}$ , détecté entre octobre 2011 et novembre 2012 dans 9 échantillons bimensuels de la rivière Nant d'Avril qui collecte les eaux de rejets de plusieurs installations du CERN en plus du site du LHC PA1, mais à des concentrations très faibles, proches de la limite de détection.

*Milieu terrestre*

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 est 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 pour les différents radionucléides identifiés. La figure 6 présente la contribution des principaux radionucléides mesurés, naturels ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ) et artificiel ( $^{137}\text{Cs}$ ).

La contribution artificielle provient exclusivement du  $^{137}\text{Cs}$  rémanent des essais nucléaires passés et de l'accident de Tchernobyl, à l'exception du site limitrophe de La Praille où des traces d' $^{41}\text{Ar}$ , imputables aux activités du CERN, ont été mises en évidence dans l'air par spectrométrie in situ lors de la campagne de mesures du point zéro en 2006. Néanmoins, l'exposition qui résulterait d'un séjour permanent, en admettant que la concentration mesurée dans l'air soit constante sur une année, atteindrait seulement 0.06 mSv, valeur inférieure à 1% de la limite annuelle autorisée. De plus, en aucun point de mesure, l' $^{41}\text{Ar}$  ou un autre radionucléide traceur des activités du CERN n'a été détecté en 2012.

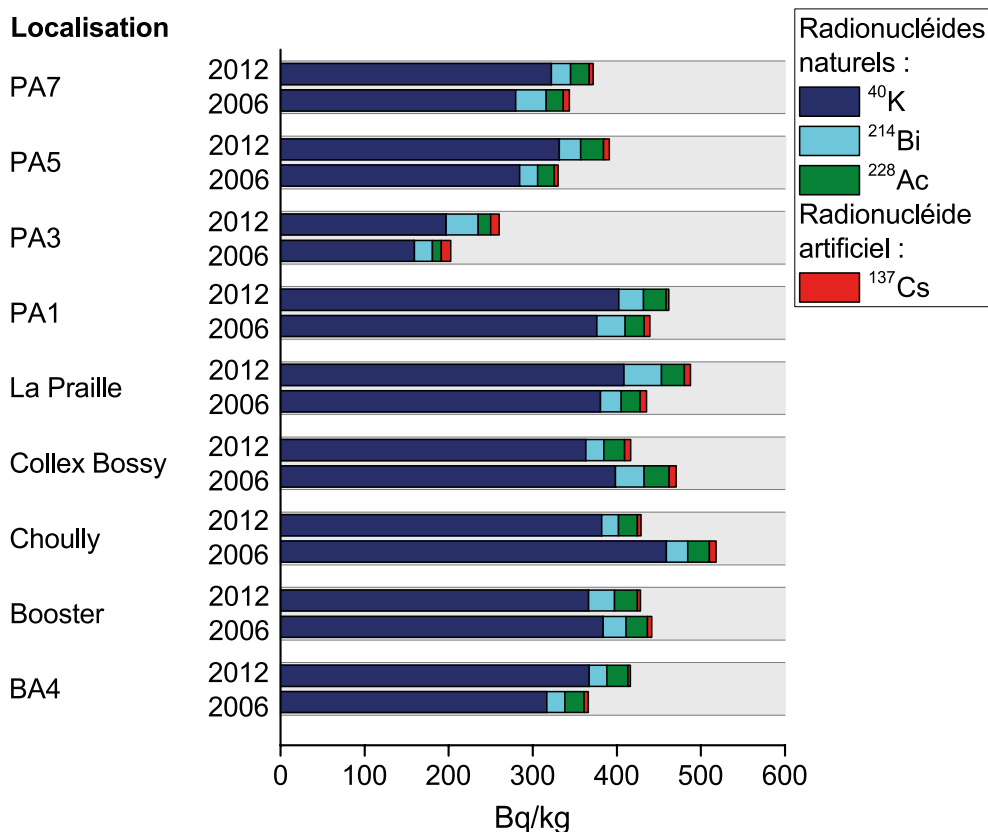


Figure 6 : Concentrations des radionucléides émetteurs gamma naturels et artificiel déterminées par spectrométrie gamma in situ dans le voisinage du CERN en 2006 et 2012.

Mesures différées en laboratoire

Les analyses en laboratoire effectuées dans le cadre du point zéro et de son suivi en 2012 concernent essentiellement les mesures des concentrations des principaux radionucléides présents dans les échantillons d’herbe prélevés ainsi que dans la couche superficielle du sol.

Dans les échantillons d’herbe, les concentrations de <sup>7</sup>Be (100 à 910 Bq/kg de matière sèche en 2006, 370 à 550 Bq/kg en 2012) et de <sup>40</sup>K (220 à 1080 Bq/kg en 2006, 570 à 1230 Bq/kg en 2012) rendent compte de la variabilité naturelle. Des traces de <sup>137</sup>Cs (8.8 Bq/kg en 2006 et 1.2 Bq/kg en 2012) témoignent de la part rémanente des essais nucléaires atmosphériques menés par certains Etats et de l’accident de Tchernobyl.

La figure 7 présente les principaux radionucléides mesurés dans la couche superficielle de sol allant de 0 à 5 cm en 2006 et 2012. Le <sup>40</sup>K présente les concentrations les plus élevées (quelques centaines de Bq/kg), suivi de l’<sup>228</sup>Ac de la série du <sup>232</sup>Th et du <sup>214</sup>Bi de la série de l’<sup>238</sup>U (quelques dizaines de Bq/kg). Outre ces radionucléides d’origine naturelle, le <sup>137</sup>Cs (quelques Bq/kg à quelques dizaines de Bq/kg) résultant des essais nucléaires atmosphériques passés et de l’accident de Tchernobyl est présent dans les concentrations typiques des valeurs mesurées dans d’autres sites de plaine. Aucun radionucléide traceur des activités du CERN – tels le <sup>7</sup>Be, le <sup>24</sup>Na, le <sup>57</sup>Co, le <sup>60</sup>Co et le <sup>54</sup>Mn – n’a été détecté.

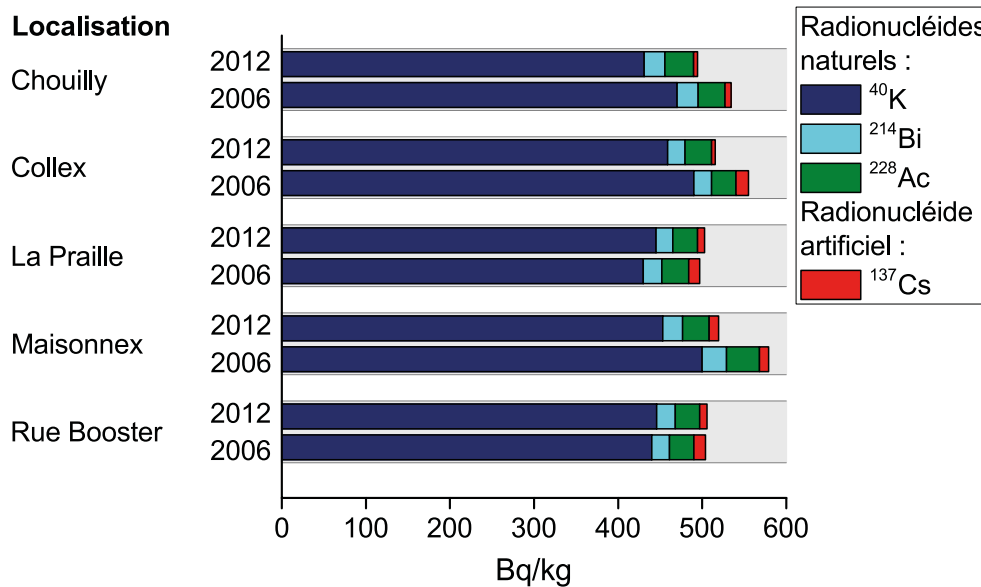


Figure 7 : Concentrations des radionucléides émetteurs gamma présents dans la couche superficielle de sol (0–5 cm).

## Interprétation des résultats

La grandeur fondamentale permettant d'évaluer le risque que représente la radioactivité pour la population est la dose individuelle accumulée. Pour les personnes vivant dans le voisinage d'une installation exploitant des accélérateurs susceptibles de constituer une source de radioactivité, il est nécessaire de distinguer la dose artificiellement ajoutée par l'exploitation de l'installation en question par rapport au bruit de fond d'origine naturelle et dû à des contaminations passées (essais des armes nucléaires, Tchernobyl). Néanmoins, les mesures directes de la dose ne permettent généralement pas de faire cette distinction spécifique, l'impact des immissions dans l'environnement sur la dose étant trop faible par rapport au bruit de fond et à ses fluctuations. Il convient donc d'identifier des bioindicateurs radioécologiques qui ont la capacité de fixer préférentiellement les substances radioactives rejetées. Cette démarche permet de déterminer la concentration à l'état de traces de ces substances radioactives rejetées, qui n'est pas directement liée à une dose mesurée. 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 mesure du débit de dose ambiante répartis autour du CERN ont permis de caractériser le bruit de fond en 2006 et 2012 en fonction de ses fluctuations géographiques et temporelles. Grâce aux mesures effectuées en 2006, des valeurs de référence des débits de dose ambiante due au rayonnement gamma, aux particules chargées pénétrantes comme les muons et aux neutrons ont pu être établies. L'établissement de ces données de référence est crucial afin de quantifier des débits de dose ambiante subséquents plus élevés pouvant être associés au fonctionnement du LHC. Le constat d'une anomalie s'ensuivrait de mesures ciblées pour le site concerné afin de déterminer les causes de l'augmentation observée. De plus, les mesures du débit de dose ambiante effectuées sur le

site du CERN en 2006 et 2012 permettent de rendre compte des activités et expériences génératrices de rayonnements ionisants menées lors des périodes de mesures, telle l'expérience COMPASS au troisième trimestre 2006 sur le site de Prévessin et l'exploitation du PS sur le site de Meyrin en 2012. Néanmoins, si l'on excepte les sites dans l'enceinte même du CERN, les valeurs enregistrées en 2006 et 2012 sont représentatives de la radioactivité naturelle et sont parfaitement cohérentes avec celles observées dans des sites hors de l'influence du CERN. Aucune élévation moyenne du bruit de fond ambiant n'a été relevée entre 2006 et 2012 dans le voisinage du CERN.

### Milieu atmosphérique

Les mesures hebdomadaires des filtres du collecteur à grand débit (HVS) ont détecté la prédominance des radionucléides d'origine naturelle tels le  $^7\text{Be}$ , le  $^{22}\text{Na}$  ou le  $^{40}\text{K}$ . L'éventuelle contribution du CERN aux immissions du  $^7\text{Be}$  ne peut pas être distinguée des fluctuations naturelles. 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 de  $^{131}\text{I}$  et du  $^{24}\text{Na}$  attribuables aux activités du CERN et d'autre part du  $^{137}\text{Cs}$  de Tchernobyl suite à sa remise en suspension dans l'air. Les concentrations d' $^{131}\text{I}$  et de  $^{24}\text{Na}$  mesurées sont de l'ordre de 0.0001 % de la limite autorisée. L' $^{131}\text{I}$  provient d'une seule installation spécifique du CERN (ISOLDE).

### Milieu aquatique

Le programme de surveillance du milieu aquatique a permis d'identifier le  $^7\text{Be}$  et le  $^{137}\text{Cs}$  comme étant les radioisotopes présentant les plus fortes activités, mis à part le  $^{40}\text{K}$  et les isotopes naturels des séries primordiales ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ). Le  $^7\text{Be}$  est d'origine naturelle et les mesures effectuées ne peuvent pas mettre en évidence une origine anthropique, les concentrations naturelles de ce nucléide montrant une grande variabilité. Le  $^{137}\text{Cs}$  résulte de l'érosion des sols, contaminés par les essais

nucléaires dans l'atmosphère et par l'accident de Tchernobyl. Le seul nuclide attribuable aux activités du CERN est le  $^{22}\text{Na}$ , détecté entre octobre 2011 et novembre 2012 dans 9 échantillons d'eau de la rivière Nant d'Avril, mais à des concentrations très faibles, proches de la limite de détection [4]. En outre, les radioéléments traceurs du CERN, tels le  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$  et  $^{65}\text{Zn}$  n'ont été retrouvés ni dans les eaux, ni dans les sédiments, ni dans les bryophytes mesurés pour contrôler les immissions du LHC.

#### *Milieu terrestre*

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. De plus, l'identification isotopique des contributions individuelles à l'exposition externe par spectrométrie gamma in situ montre que les radionucléides naturels de la croûte terrestre et les rayonnements cosmiques constituent l'essentiel du rayonnement. Des traces de  $^7\text{Be}$  principalement d'origine cosmique ainsi que de  $^{137}\text{Cs}$  rémanent des essais des armes nucléaires et de Tchernobyl sont détectables dans tous les sites.

Les analyses en laboratoire sur des échantillons de sol, d'herbes et d'autres produits locaux (par exemple le  $^3\text{H}$  dans le vin) ont révélé des résultats typiques de ceux obtenus dans des échantillons comparables du Plateau suisse. Outre la détection permanente des radioéléments d'origine naturelle, dont les concentrations prédominent, on y détecte encore les traces des injections artificielles des essais nucléaires passés et dans une moindre mesure de l'accident de Tchernobyl.

## 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, Tchernobyl, et plus récemment Fukushima Daiichi font à juste titre que les événements liés à la radioactivité sont porteurs d'inquiétude 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 radio-protection basé sur les trois principes de justification, d'optimisation et de limitation des expositions. Ces trois principes directeurs sont intégrés dans la législation suisse et servent ainsi 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, radimètre). 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 dans

des contextes bien précis, 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 en termes de radiations ionisantes émises 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 indépendante 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. De plus, le CERN effectue également des mesures ponctuelles et en continu, des estimations des expositions basées sur des modèles environnementaux adaptés à sa situation, et en rend compte à l'ASN et l'OFSP par l'intermédiaire de rapports trimestriels et annuels. La collecte de ces données pour être pertinente doit être suivie d'une information régulière de la population locale, qui soit compréhensible et transparente [2, 3]. C'est l'objectif visé par ce présent rapport.



## Conclusions

Les moyens mis en œuvre en 2006 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. En 2012, à la fin de la première période d'exploitation avec protons du LHC, des mesures identiques à celles qui avaient été effectuées lors du point zéro ont été reconduites. Ce bilan après quatre années d'exploitation du LHC concerne les niveaux d'exposition ambiante (gamma, particules chargées pénétrantes et neutrons) et les concentrations des radionucléides présentes dans les milieux atmosphérique, aquatique et terrestre. Les méthodes utilisées ont montré leur capacité à recenser de manière fiable le bruit de fond d'origine naturelle (radionucléides primordiaux et cosmiques), les traces attribuables à l'exploitation de certaines installations du CERN pendant leur fonctionnement, ainsi que les contributions rémanentes d'origine artificielle (essais des armes nucléaires et retombées de Tchernobyl). Ces traces attribuables au CERN ont pu être mises en évidence grâce à des méthodes de prélèvement et de mesure 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 des mesures menées en 2012, similaires à ceux de l'étude menée en 2006, montrent que ces traces se situent 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 de l'effet sur l'environnement ne s'écarte pas de manière significative des niveaux de référence en phase d'exploitation du LHC à des énergies et des intensités de faisceaux accrues dès 2015. Une campagne de mesures similaire à celle décrite dans le présent rapport sera donc effectuée dans quelques années, vraisemblablement lors du prochain long arrêt technique.

La campagne de mesures menée en 2012 a également confirmé l'absence, après 55 années de fonctionnement des installations du CERN, d'une accumulation des radionucléides de période longue dans les différents compartiments de l'environnement.

## Bibliographie

[1] 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 »

<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02839/04088/04092/index.html?lang=fr>

[2] Rapport annuel de l'OFSP 2012

« 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

8.7 « Environnement du CERN (mesures OFSP) »

8.8 « Rejets et environnement du CERN (mesures CERN) »

[3] Rapport annuel de l'OFSP 2012

« 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 3 : Rayonnement externe

3.2 « Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM »

[4] Rapport n°13 sur les mesures de la radioactivité dans le Nant d'Avril (Genève), octobre 2011-Novembre 2012, Institut F.-A. Forel, Université de Genève

[5] Rapport annuel de l'OFSP 2012

« 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 4 : Environnement

4.3 « Radioaktivität in aquatischen Systemen »

### Autres liens utiles cités dans le texte :

CERN :

<http://home.web.cern.ch/>

LHC :

<http://home.web.cern.ch/fr/about/accelerators/large-hadron-collider>

ORAP :

<http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19940157/index.html>

RADAIR :

<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/12128/12266/12268/index.html?lang=fr>

HVS :

<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/12128/12156/12225/index.html?lang=fr>

CIPR :

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



## **Impressum**

© Office fédéral de la santé publique (OFSP)  
Editeur : Office fédéral de la santé publique  
Date de publication : novembre 2015

Numéro de publication OFSP : 2015-VS-20 50 f

Imprimé sur papier blanchi sans chlore