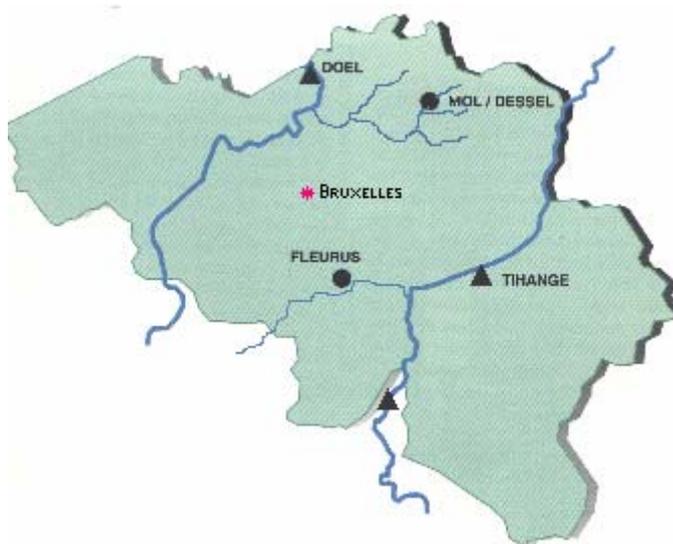


**SERVICE SURVEILLANCE DU TERRITOIRE &
RAYONNEMENT NATUREL**

**Surveillance radiologique de la Belgique
Rapport de synthèse 2006**



Michelle BOUCHONVILLE - Dr Lionel SOMBRÉ

- septembre 2007 -



Agence fédérale de Contrôle nucléaire

Département Santé & Environnement

Service Surveillance du Territoire & Rayonnement naturel

Cellule Surveillance radiologique du Territoire

Rue Ravenstein, 36 à B-1000 Bruxelles - Belgique

Site Web : <http://www.fanc.fgov.be>

E-mail : info@fanc.fgov.be

Auteurs :

Lionel SOMBRÉ, Dr Sc., responsable de la Surveillance Radiologique du Territoire

Tél. : +32 2 289 21 54 – fax : +32 2 289 21 52

E-mail : lionel.sombre@fanc.fgov.be

Mme Michelle BOUCHONVILLE, collaboratrice scientifique.

Tél. : +32 2 289 21 64 – fax : +32 2 289 21 52

E-mail : michelle.bouchonville@fanc.fgov.be

Secrétariat du Service : Tél. : +32 2 289 21 51 – fax : +32 2 289 21 52

Ont collaborés à ce rapport :

- **Michel DESMEDT, ing, responsable du réseau TELERAD**
- **Jurgen CLAES, ir, pour le suivi des rejets des installations nucléaires et le traitement des données TELERAD (carte d'exposition ambiante).**

Collaboration avec les institutions extérieures

Les institutions suivantes et leurs collaborateurs respectifs ont fourni les données de base pour l'élaboration du présent rapport :

ISP - Bruxelles

Responsables d'essai : J-L. Avaux, E. Minne, P. Van Den Broeck et F. Heynen

Collaborateurs techniques : O. Laurent, C. Falisse, J. Vanderlinden, C. Dehaese et V-H. Dang

Collaboratrice administrative : N. Marechal

Responsable qualité : C. Delporte

Chef de laboratoire : J-M. Flémal

Chef de section : S. Hallez

IRE – Fleurus

Responsable service métrologie et de radioprotection de l'environnement : Ph. van Put

Responsable métrologie/dosimétrie : C. De Lellis,

Responsable radiochimie : D. Tomasevsky

Techniciens de laboratoire : J-L. De Stercke, E. Calande, A. Demoulin, J. Gustin et N. Cecchetto

Chef des services de sécurité : A. Debauche

Secrétariat des services de sécurité : A. Terranova

SCK•CEN – Mol

Section radioécologie : M. Van Hees, E. Tessens, J. Sannen et P. Bens

Mesures bas niveaux :

Supervision : Ch. Hurtgen, F. Verzezen

Échantillonnage & conditionnement des échantillons : R. Verkooyen, B. Bouwens et B. Ruts

Mesure : E. Dupuis, W. Van Baelen, B. Vennekens, H. Loots, L. Jansen, D. Verstrepen, K. Jacobs et M. Verbist

Spectrométrie : M. Bruggeman, E. Daniëls, I. Geboers, A. Isenborghs, G. Damen et P. Willeborts

Dosimétrie environnementale : Ph. Antoine, F. Vanhavere, L. Van de Velde, M. Doms et L. Maes

Chef de Projet au Département Recherche en Stratégies : F. Hardeman

en collaboration avec :

D.V.Z. (Sea Fisheries Department Ostende) : K. Parmentier

Faculté universitaire des Sciences agronomiques - Gembloux

Collecte et préparation des échantillons : M. Meurice-Bourdon et O. Burton

Analyses de radioactivité : IRE

Suivi scientifique : M. Meurice-Bourdon et O. Burton

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	1
NOTIONS DE BASE RELATIVES À LA RADIOACTIVITÉ ET À L'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS	3
INTRODUCTION	4
RÉSUMÉ	8
1. LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE CONTINUE DU TERRITOIRE : LE RÉSEAU TELERAD	9
1.1 OBJECTIFS DU RÉSEAU	9
1.2 TELERAD : INSTRUMENT RADIOLOGIQUE	9
1.3 TELERAD : INSTRUMENT MÉTÉOROLOGIQUE	11
1.4 TELERAD : INSTRUMENT DE CALCUL DE DOSE D'EXPOSITION EXTERNE	12
2. COMPRENDRE LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE	13
2.1 ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ MESURÉE EN BELGIQUE	13
2.2 CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE	14
2.2.1 Cadre légal national	14
2.2.2 Cadre légal international	15
2.3 LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE	16
2.4 DESCRIPTION DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE	19
2.4.1 Les grands axes du réseau	19
2.4.2 Les vecteurs de transfert de la radioactivité contrôlés	23
Le bassin de la Meuse et de la Sambre	23
Le bassin de l'Escaut et de la Nete	24
La zone maritime : littoral belge	26
La zone de référence	27
La chaîne alimentaire : eaux de boisson, lait et denrées	27
Contrôle de la dosimétrie près des sites nucléaires	29
Suivi des rejets des sites nucléaires	29
3. LE BASSIN DE LA MEUSE ET DE LA SAMBRE	31
3.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE	32
3.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS	34
3.3 RADIOACTIVITÉ DES RIVIÈRES	36
4. LE BASSIN DE LA NETE ET DE L'ESCAUT	40
4.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE	41
4.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS	42
4.3 RADIOACTIVITÉ DES RIVIÈRES	44
5. LA ZONE MARITIME : LE LITTORAL BELGE	48
5.1 RADIOACTIVITÉ DES SOLS	48
5.2 RADIOACTIVITÉ DU MILIEU MARIN	50
6. LA ZONE DE RÉFÉRENCE	52
6.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE	52
6.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS	53
7. LA CHAÎNE ALIMENTAIRE : EAUX DE BOISSON, LAIT ET DENRÉES	55
7.1 RADIOACTIVITÉ DES EAUX DE BOISSON	56
7.2 RADIOACTIVITÉ DU LAIT	58
7.3 RADIOACTIVITÉ DES DENRÉES	60
7.4 RADIOACTIVITÉ DES REPAS TÉMOINS	63
8. CONTRÔLE DE LA DOSIMÉTRIE PRÈS DES SITES NUCLÉAIRES	64
9. SUIVI DES REJETS DES SITES NUCLÉAIRES	67
9.1 REJETS ATMOSPHÉRIQUES	68
9.1.1 Centrales nucléaires	68
9.1.2 Autres sites nucléaires	68
9.2 REJETS LIQUIDES	70
9.2.1 Centrales nucléaires	70
9.2.2 Autres sites nucléaires	71
9.2.3 Sites non-nucléaires	73
9.2.4 Données Electrabel concernant les centrales nucléaires	73
10. CONCLUSIONS GÉNÉRALES	74

AVANT-PROPOS

Radioactivité. Un mot dont la simple évocation inquiète le plus souvent, en raison des menaces qu'il évoque pour la santé. Pourtant, sans même nous en apercevoir, nous sommes entourés par la radioactivité :

- La radioactivité *naturelle*, qui nous vient du cosmos et qui est également présente dans l'écorce terrestre, dans l'eau des océans et même dans notre corps, et ;
- La radioactivité *artificielle*, c'est-à-dire la radioactivité qui résulte d'activités humaines. Parmi celles-ci, on peut distinguer les activités qui s'accompagnent de rejets radioactifs — très faibles — dans l'environnement, comme l'exploitation des réacteurs nucléaires pour la production d'électricité, la médecine nucléaire par ses déchets et les rejets de substances radioactives par les patients, de celles qui n'entraînent normalement aucun rejet, comme l'imagerie médicale et la stérilisation du matériel chirurgical ou de certains aliments. Bien entendu, le procédé de stérilisation ne contamine pas le matériel et les aliments et ne les rend pas radioactifs.

Mais aussi surprenant que cela puisse être, c'est bien la radioactivité naturelle qui constitue — dans les conditions normales et sans tenir compte des applications (radiologiques) de la médecine nucléaire — la principale source de l'exposition de la population aux rayonnements ionisants. Jour après jour, nous sommes exposés à la radioactivité.

Or la radioactivité, qu'elle résulte d'activités humaines ou qu'elle soit naturelle, n'est pas sans risques pour l'homme et pour l'environnement. C'est la raison pour laquelle les pratiques qui mettent en œuvre des substances radioactives sont strictement réglementées. Les rejets de radioactivité dans l'environnement, en particulier, sont très fortement limités car ils doivent respecter des normes strictes.

Mais si la réglementation réduit le risque, elle ne l'efface pas pour autant. Il faut donc contrôler régulièrement le niveau de la radioactivité dans l'environnement, afin de pouvoir, le cas échéant, réagir adéquatement. De plus, imposer le respect d'une réglementation stricte ne permet pourtant pas de garantir que la population ne sera pas, à un moment ou à un autre, exposée à des niveaux de rayonnement significativement supérieurs au niveau du rayonnement naturel.

On ne peut en effet exclure l'éventualité de rejets radioactifs non conformes aux limites autorisées, ni celle d'incidents, voire d'accidents entraînant la dispersion de substances radioactives dans l'environnement. En outre, la radioactivité ne connaît évidemment pas les frontières : un accident nucléaire dans un autre pays, même éloigné, pourrait entraîner une contamination non-négligeable du territoire belge, comme ce fut le cas dans certains pays suite à l'accident de Tchernobyl le 26 avril 1986.

En Belgique, le contrôle permanent de la situation radiologique du territoire a été imposé dès 1957 par l'EURATOM dans une réglementation, qui obligeait les états membres à assurer une surveillance radiologique continue de leurs populations et à communiquer les résultats de ces contrôles. Cette surveillance a été ensuite inscrite dans la législation belge en 1963. Elle a été mise en œuvre à la fin des années soixante, peu avant la mise en service des premiers réacteurs nucléaires industriels.

Actuellement, cette surveillance radiologique du territoire, qui relevait de la compétence du Service de Protection contre les Radiations ionisantes (SPRI) du Ministère des Affaires sociales, de la Santé publique et de l'Environnement, s'effectue depuis 2001 sous la

responsabilité de l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire, qui a notamment pour mission de *contrôler la radioactivité du territoire dans son ensemble* et de *contrôler les doses de rayonnements ionisants reçues par la population*, ce qu'elle s'efforce de faire en toute objectivité et transparence¹.

¹ articles 70 et 71 de l'Arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants

NOTIONS DE BASE RELATIVES À LA RADIOACTIVITÉ ET À L'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS

La plupart des atomes sont stables : sans action extérieure, ils perdurent indéfiniment. D'autres ont une structure ou un excès d'énergie qui les rend instables : ce sont des *radioéléments*, lesquels peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Leurs noyaux se transforment spontanément jusqu'à retrouver une structure en équilibre, en émettant des rayonnements (énergie ou particule) à chaque transformation : ils sont *radioactifs*. Ce phénomène invisible n'est pas réversible : après une ou plusieurs transformations, le radioélément se stabilise une fois pour toutes en un élément stable.

Types de rayonnement Les principaux rayonnements émis par les radioéléments sont de trois types : *alpha*, *bêta* et *gamma*. Leurs caractéristiques sont très différentes : les deux premiers sont constitués de particules chargées, tandis que le troisième est de nature électromagnétique (photons), comme la lumière, mais transporte plus d'énergie.

Rayonnements ionisants Étant donné la charge électrique ou l'énergie qu'ils transportent, les rayonnements émis par le noyau sont capables de modifier les atomes de la matière qu'ils traversent en leur faisant absorber de l'énergie ou perdre une unité de charge électrique, les transformant ainsi en ions : ils sont dits *ionisants*. Privé d'un électron, l'atome se charge positivement et devient chimiquement réactif, ce qui, dans les cellules vivantes, peut entraîner des lésions et des effets biologiques néfastes.

Unité de radioactivité L'unité de mesure de la *radioactivité* est le *Becquerel* (Bq), qui correspond à une désintégration nucléaire par seconde. Une source radioactive présentant une activité de 1 Bq correspond à une quantité de substance radioactive dont un des noyaux se désintègre chaque seconde. L'eau des océans, par exemple, présente une radioactivité naturelle de 12 Bq par litre, et le corps humain, qui lui aussi est radioactif, présente une radioactivité naturelle d'environ 120 Bq par kilo, essentiellement due au potassium 40 contenu dans l'alimentation (environ 70 Bq par kilo). Par contraste, la radioactivité du radium, métal découvert en 1898 par Pierre et Marie Curie, est de 37 milliards de becquerels par gramme. La radioactivité se mesure par des moyens physiques d'une finesse extrême, qui permettent de détecter des valeurs inférieures au becquerel.

Unité de mesure de l'effet biologique Connaître la radioactivité d'une source radioactive ne permet cependant pas de prévoir l'importance des effets qu'elle entraînera chez une personne qui y est exposée : l'effet biologique des rayonnements ionisants varie en fonction de la nature et de l'énergie des rayonnements, de la durée de l'exposition et de la partie du corps exposée.

Pour les tissus, cet effet est estimé par la *dose équivalente*, qui correspond à la *dose absorbée* exprimée en *Gray* (Gy) – c'est-à-dire à la quantité d'énergie déposée par le rayonnement par unité de masse de matière (1 Joule déposé dans un kilogramme de matière) – multipliée par un coefficient tenant compte de la nature du rayonnement et exprimant son impact biologique sur le tissu (vaut 1 pour les photons – rayonnements gamma et X et les électrons – rayonnement bêta, 5 à 20 pour les neutrons, 5 pour les protons et 20 pour les particules alpha et ions lourds). Ainsi, à dose absorbée égale, les effets biologiques peuvent être très différents selon le type de rayonnement : parce que constitué de particules beaucoup plus lourdes, un rayonnement alpha aura un effet beaucoup plus marqué qu'un rayonnement bêta. Par contre, il sera moins pénétrant.

Pour le corps entier, l'effet des rayonnements ionisants est estimé par la *dose efficace*, qui se calcule en faisant le produit de la dose équivalente reçue au niveau de chaque organe par un coefficient de risque propre à chacun d'eux et en faisant la somme des résultats partiels obtenus. Cette grandeur est souvent appelée « dose » par abus de langage. L'unité de dose équivalente et de dose efficace est le *Sievert* (Sv), généralement exprimé par ses sous-multiples le millième ou le millionième de sievert (mSv ou μ Sv respectivement).

Limites de dose En Belgique, les *limites de dose réglementaires* de rayonnements ionisants sont basées sur des directives européennes, elles-mêmes basées sur les recommandations d'instances internationales. Ainsi, pour la population, la limite de dose efficace est de 1 mSv par an. Elle ne tient pas compte des rayonnements naturels ni des expositions médicales. La directive européenne de 1998 relative aux eaux de boisson stipule par ailleurs que la dose totale annuelle liée à l'ingestion d'eaux de boisson ne peut dépasser 0,1 mSv.

INTRODUCTION

La surveillance radiologique du territoire constitue en quelque sorte un « dépistage environnemental ». On espère ne rien mesurer ou, plus exactement, ne rien mesurer de significatif. Et la plupart du temps, c'est bien ce que l'on observe : la radioactivité artificielle est très inférieure à la radioactivité naturelle, les mesures et analyses ne révèlent que des niveaux extrêmement faibles — des traces — de radioactivité.

Année après année, cette surveillance montre en effet que la situation radiologique du territoire belge ne pose en général aucuns problèmes. Elle traduit d'ailleurs les efforts accomplis par les exploitants d'installations où s'exerce une activité susceptible d'avoir un impact radiologique sur l'environnement pour réduire cet impact. Ainsi, ceux-ci sont tenus de mettre tout en œuvre pour faire en sorte que leurs rejets restent en deçà des limites autorisées et n'entraînent donc pas de nuisance radiologique pour le public.

La surveillance radiologique du territoire comprend deux volets complémentaires :

- Une *surveillance globale du territoire*, en dehors des zones où s'exerce une activité nucléaire significative. Elle indique notamment le niveau de la radioactivité à laquelle la population est naturellement soumise. Elle couvre en particulier des zones éloignées des sites nucléaires comme la région côtière ainsi que des zones dites « de référence » comme l'agglomération bruxelloise, qui est la plus grosse agglomération belge, avec 10 % de la population ;
- Une *surveillance rapprochée autour des sites* où s'exerce une activité susceptible d'avoir un impact radiologique sur l'environnement. Elle vise essentiellement les sites suivants :
 1. les sites des centrales nucléaires de Doel et de Tihange,
 2. les environs, en territoire belge, de la centrale nucléaire française de Chooz,
 3. le site du Centre d'Étude de l'Énergie nucléaire (SCK•CEN), à Mol,
 4. les sites de Belgoprocess, de Belgonucléaire et de la Franco-Belge de Fabrication de Combustibles international (FBFC International), à Mol et à Dessel,
 5. les sites de l'Institut national des Radioéléments (IRE), de MDS-Nordion, de Sterigenics et de Ion Beam Applications S.A. (IBA) à Fleurus (zoning industriel).

Autour des ces installations et de ces sites nucléaires, les buts de cette surveillance sont multiples :

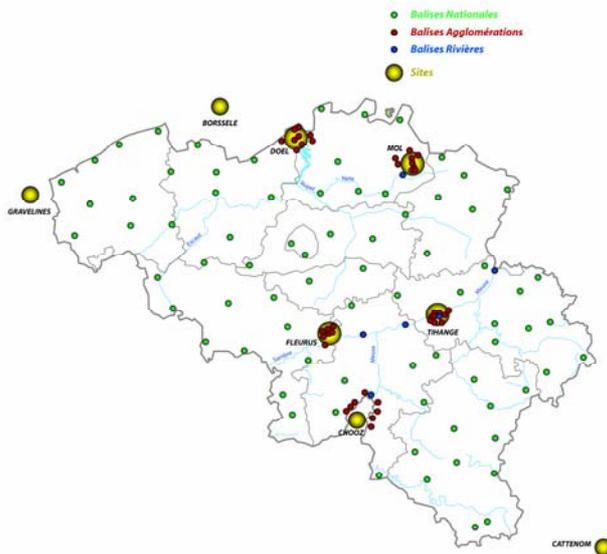
1. garantir le respect des prescriptions légales et réglementaires en matière de contamination de l'environnement,
2. vérifier via le contrôle des rejets dans l'environnement si ces derniers sont opérés conformément aux normes et limites autorisées,
3. le cas échéant, évaluer les doses potentielles reçues par certains groupes de la population,
4. informer le public de manière objective.

La surveillance rapprochée vise également les installations où sont utilisés des radioéléments, comme les hôpitaux, les universités ou encore certaines industries, telle l'industrie de production d'engrais phosphatés, installée dans la région de Tessenderlo. Le procédé de cette activité industrielle non-nucléaire a en effet la particularité de concentrer un radioélément naturel, le radium 226, dans les effluents liquides qu'il rejette.

En pratique, la surveillance radiologique du territoire, qui porte à la fois sur le niveau de la radioactivité artificielle et sur celui de la radioactivité naturelle, est exercée de deux manières :

- De manière *continue*, par le réseau automatique TELERAD de mesure de la radioactivité locale ambiante ;
- De manière *discontinue*, via des campagnes périodiques de mesures sur le terrain et de prélèvements d'échantillons qui sont ensuite analysés.

Le réseau TELERAD est avant tout un *réseau de mesure et d'alarme*. Ses 212 balises mesurent en permanence la radioactivité globale de l'air, des poussières atmosphériques et des eaux de rivières (Meuse, Sambre et Molse Nete). Ces balises sont reliées à un système centralisé qu'elles alertent automatiquement si elles détectent une élévation anormale du niveau de la radioactivité. Le réseau TELERAD est complété par des mâts météo (10 mètres et 30 mètres) qui mesurent la vitesse et la direction des vents et par un ensemble de balises mobiles pouvant être déployées en n'importe quel endroit du territoire.



En cas d'accident nucléaire, le rejet de substances radioactives dans l'environnement pourrait conduire au déclenchement du plan d'urgence nucléaire prévu par les autorités. Le réseau TELERAD jouerait alors un rôle primordial dans l'évaluation de la gravité de l'accident, dans la prise des décisions, dans l'optimisation des interventions et des mesures à mettre en œuvre pour prévenir les effets de l'accident et, ultérieurement, pour y remédier, ainsi que dans l'information continue de la population.

En situation normale, le réseau TELERAD mesure le débit de dose ambiant dû au rayonnement gamma. Ce débit de dose est lié au niveau de la radioactivité naturelle, aussi appelé bruit de fond.

Les campagnes d'échantillonnage et les mesures sur le terrain constituent la *véritable clé de voûte* de la surveillance radiologique du territoire. Elles permettent d'affiner le profil radiologique du territoire belge et doivent permettre d'évaluer précisément les niveaux de radioactivités naturelle et artificielle de l'environnement et d'évaluer les doses de rayonnement à la population. Elles ciblent dès lors de manière systématique les principaux compartiments de l'environnement et les principaux composants de la chaîne alimentaire susceptibles d'être contaminés et auxquels la population peut être exposée : l'air, les poussières atmosphériques, les eaux de pluie, de rivière, de mer et de boisson, les sols, les sédiments de rivières et marins, la flore et la faune fluviale et marine, le lait, la viande, le poisson, les légumes, etc.

Les échantillons sont prélevés pour le compte de l'Agence par des équipes spécialisées du SCK•CEN, de l'IRE, de l'Institut scientifique de Santé publique à Bruxelles (ISP) et de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (FUSAGX). La fréquence des

prélèvements a été définie de façon à disposer d'informations aussi utiles que possible, tout en tenant compte des contraintes techniques et matérielles. Les échantillons sont ensuite analysés dans les laboratoires de ces institutions afin de déterminer très précisément la nature et le niveau de radioactivité qu'ils contiennent.

Ces analyses mesurent les radioéléments émetteurs alpha, bêta ou gamma soit globalement, soit de façon spécifique. Dans ce dernier cas, elles s'attachent en particulier à mesurer des radioéléments naturels (comme le béryllium 7 et le potassium 40), qui servent de points de référence, et des radioéléments caractéristiques d'activités humaines spécifiques (comme des radioéléments liés à la fabrication du combustible qui alimente les réacteurs nucléaires, des traceurs radioactifs utilisés en médecine nucléaire, et le radium 226, ce radioélément naturel qui se retrouve concentré dans les effluents liquides du procédé de production des engrais phosphatés). Les résultats obtenus sont ensuite centralisés, analysés et interprétés par l'Agence.

Entre 2002 et 2004, l'Agence a révisé l'ensemble de son programme d'échantillonnage et de mesures afin de le mettre totalement en adéquation avec les exigences internationales. En effet, la directive européenne de 1998 relative aux eaux de boisson impose des contrôles renforcés ; de nouvelles exigences en terme de contrôle et de rapport de données de surveillance radiologique à la Commission Européenne découlent de l'application de l'article 36 du traité EURATOM. Enfin, la Convention OSPAR (Convention d'OSLO-PARIS, 1998 – ratifiée par la Belgique) relative à la protection du milieu marin de la mer du Nord et du nord-est de l'Atlantique rend obligatoire le développement de programmes de contrôles et de recherches sur l'impact des rejets radioactifs sur le milieu marin.

Le programme de surveillance radiologique du territoire repose actuellement sur plus de 4100 prélèvements annuels, qui font l'objet de près de 28200 analyses de radioactivité alpha, bêta et gamma. Rapportée à la population et au parc nucléaire belges, la taille de ce programme se situe dans la moyenne des programmes des autres pays équipés de centrales nucléaires, comme la France et le Royaume-Uni.

La surveillance radiologique du territoire, qui permet de dresser un tableau précis de la radioactivité de l'environnement en Belgique et des risques encourus par la population, ne met en évidence aucun problème important. La plupart du temps, la radioactivité d'origine artificielle est largement inférieure à la radioactivité d'origine naturelle, quand elle n'est pas tout simplement non-mesurable dans les échantillons prélevés. Les centrales nucléaires, en particulier, ont un impact radiologique négligeable sur l'environnement, voire non détectable. Bien entendu, toute anomalie détectée par l'Agence ou portée à sa connaissance est examinée et traitée de la manière qui s'impose.

Ce rapport résume les résultats du programme de surveillance obtenus pour l'année 2006. Après une brève introduction du réseau TELERAD et des notions clés du programme de surveillance radiologique, il présente une synthèse des mesures d'activité (comprendre radioactivité) réalisées dans :

- Les bassins de la Meuse et de la Sambre ;
- Les bassins de l'Escaut et de la Nete ;
- La zone maritime ;
- La zone de référence (région de Bruxelles Capitale) ;

pour les grands compartiments de la biosphère (air, sol, eau et biocénose) ainsi que dans les principaux constituants de la chaîne alimentaire et les complète par le suivi des rejets atmosphériques et liquides des principaux sites nucléaires et par des mesures de débit de dose

aux alentours de ces installations. Les données brutes sont disponibles sur demande, ainsi que des rapports spécifiques à la surveillance radiologique de la chaîne alimentaire.

RÉSUMÉ

La révision de l'ensemble du programme de surveillance radiologique du territoire dont la version remaniée a été mise principalement en application de 2003 à 2004 était basée sur un effort d'harmonisation des bibliothèques de radioéléments mesurés pour l'ensemble du territoire et sur une prise en compte des dernières exigences des instances internationales (Commission européenne, OSPAR en regard des accords de Sintra dans le cadre de la politique de protection de la mer du Nord et de l'Atlantique).

Ce nouveau programme – fort de plus de 4100 échantillons qui conduisent à environ 28200 mesures de radioactivité – permet de mieux contrôler les différentes régions du pays tout en prenant en compte leur spécificité. Les comparaisons entre compartiments de chaque région et entre régions elles-mêmes deviennent plus aisées.

La situation radiologique est globalement excellente :

La surveillance radiologique du territoire, qui permet de dresser un tableau précis de la radioactivité de l'environnement en Belgique et des risques encourus par la population, ne met en évidence aucun problème important. La plupart du temps, la radioactivité d'origine artificielle est largement inférieure à la radioactivité d'origine naturelle, quand elle n'est pas tout simplement non-mesurable.

La surveillance radiologique du territoire montre également de façon claire que le débit de dose (radioactivité ambiante), en conditions normales et hors exposition médicale, dépend avant tout de la nature du sol : les sols rocheux du sud du pays exhalant davantage de radon (gaz radioactif naturel) que ceux du nord du pays (sableux). C'est ainsi, par exemple, que le débit de dose mesuré en Wallonie est supérieur à celui mesuré au voisinage de la centrale nucléaire de Doel, dont l'impact radiologique sur l'environnement est négligeable.

Les centrales nucléaires, en particulier, ont un impact radiologique négligeable sur l'environnement, voire non détectable. Bien entendu, toute anomalie détectée par l'Agence ou portée à sa connaissance est examinée et traitée de la manière qui s'impose.

Une attention particulière est requise :

Si la situation radiologique du territoire belge est tout à fait satisfaisante, un bassin retient néanmoins l'attention de part sa charge anormalement élevée en radioactivité artificielle mais aussi en radioactivité naturelle (^{226}Ra) : il s'agit de l'ensemble du réseau hydrographique Laak-Winterbeek-Nete-Escaut.

En effet, certaines installations nucléaires de la région de Mol-Dessel ont un impact radiologique mesurable, bien que faible, sur l'environnement. Il en va de même de l'industrie non-nucléaire de production d'engrais phosphatés dans la région de Tessenderlo qui rejette du ^{226}Ra . Par contre, l'impact radiologique — mesurable — de ces installations du nord-est du pays est toutefois en nette diminution ces dernières années.

Le milieu marin doit toujours être surveillé – idéalement de façon plus continue via l'utilisation de sondes automatiques de mesure de la radioactivité – pour continuer à pouvoir répondre par des résultats de mesure tangibles aux demandes d'instances internationales à caractère contraignant pour les états membres dont fait partie la Belgique.

1. LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE CONTINUE DU TERRITOIRE : LE RÉSEAU TELERAD

Le réseau TELERAD est le réseau automatique de télémessure de la radioactivité sur le territoire de la Belgique. Il est composé de 212 balises qui mesurent en permanence la radioactivité de l'air et des eaux de rivières. Les balises sont réparties sur l'ensemble du territoire national, autour des installations nucléaires de Tihange, Doel, Mol et Fleurus, ainsi que dans les agglomérations proches de ces installations et de celle de Chooz en France. Ces balises sont reliées à un système centralisé qu'elles alertent automatiquement si elles détectent une élévation anormale du niveau de la radioactivité.

1.1 OBJECTIFS DU RÉSEAU

Le réseau TELERAD est un *réseau de mesure et d'alarme* et à ce titre il poursuit les objectifs majeurs suivants :

- L'enregistrement en continu des mesures pour fournir tous les renseignements statistiques nécessaires concernant les niveaux de rayonnement relevés dans le pays ;
- Le déclenchement d'une alarme pour signaler sans délai le dépassement d'un seuil d'avertissement.

TELERAD est donc un réseau d'alarme qui permet de détecter, en temps réel, toute situation anormale pouvant conduire, pour son degré de sévérité le plus élevé, au déclenchement du Plan d'Urgence pour les Risques Nucléaires. En cas d'accident nucléaire, TELERAD jouerait un rôle important dans la prise de décision, dans l'optimisation des interventions et des contre-mesures mises en œuvre par les autorités compétentes ainsi que pour l'information continue des citoyens.

1.2 TELERAD : INSTRUMENT RADIOLOGIQUE

Les balises utilisées dans le réseau TELERAD pour la mesure de la radioactivité dans l'air sont de trois types :

Les **balises de dosimétrie** pour la mesure de la radioactivité gamma ambiante au nombre de 128 sur le territoire (et autour de la botte de Givet pour la surveillance du site nucléaire de Chooz) et de 61 autour des sites nucléaires du SCK•CEN, de Tihange, de Doel et de l'IRE. La photographie ci-contre illustre une balise ouverte avec vue sur ses trois détecteurs et son électronique.

Chaque balise est munie d'un détecteur de pluie qui renseigne sur la présence et la durée de l'épisode pluvieux.

Les **balises aérosols** au nombre de 7 pour la mesure de la radioactivité des poussières en suspension dans l'air (aérosols et fines particules) qui déterminent la radioactivité alpha totale et bêta totale. Trois balises aérosols (situées sur les sites du



SCK•CEN, de l'IRE et de l'AFCN) sont couplées à une unité de spectrométrie gamma qui mesure les poussières de l'air.



La photographie de gauche illustre l'unité de mesure alpha/bêta avec vue sur le ruban filtre déroulant qui reçoit les poussières et les particules de l'air.

Ces balises aérosols sont complétées par une unité de mesure de l'iode radioactif sur les aérosols et les particules de l'air lors du dépassement d'un seuil préétabli en radioactivité bêta (7 unités au total couplées avec la mesure en alpha/bêta). En cas de dépassement des seuils d'avertissement, des cartouches de charbon actif ayant pour rôle de piéger l'iode radioactif sont automatiquement mesurées

après pompage de l'air extérieur afin d'en déterminer le niveau de radioactivité.

La photographie de droite montre le détecteur dans son blindage (cylindre) et le tube de forme parallélépipédique contenant les cartouches de charbon actif (sur le côté droit).



TELERAD possède également des **balises rivières** qui mesurent en continu la radioactivité gamma des eaux de rivières au nombre de 6. Ces stations sont installées près des trois rivières recevant des rejets de sites nucléaires et des eaux usées provenant de centres urbains importants (réunissant des centres de recherches, universités et centres hospitaliers) : la Meuse, la Sambre et la Nete.



Ces stations se présentent comme de gros containers d'où entrent et sortent deux canalisations permettant le pompage des eaux de rivières vers le détecteur et leur retour après mesure de radioactivité – photographie de droite.



À l'intérieur, on retrouve l'unité de spectrométrie gamma (cristal NaI couplé à un analyseur bi-canaux) logée dans son réservoir lui-même entouré d'un fort blindage de plomb protégé par une enveloppe en acier inoxydable dans laquelle entre et sort l'eau pompée de la rivière – photographie de gauche.

À gauche de l'unité de spectrométrie gamma se trouve un échantillonneur de grand volume d'eau (de type SwedMeter) qui permet un prélèvement automatique d'eau sur la conduite dès qu'un

niveau d'alarme est dépassé. Cette eau est stockée dans une tourie de 25 litres à des fins d'analyses de spectrométrie gamma (et bêta) ultérieures en laboratoire.

À l'extrême gauche sur la photographie, un échantillonneur automatique programmable (Buhler type PP MOS) permettant le pompage d'eau dans des flacons à des fins d'analyses de spectrométries gamma, alpha et bêta en laboratoire (sert au programme de surveillance radiologique du territoire).



La photographie ci-contre montre l'intérieur du PP MOS avec dans sa partie haute les instruments de pompage et à sa base l'ensemble des flacons de 2,9 litres (12 au total).

Cette unité, entièrement programmable, permet de collecter des volumes d'eau prédéfinis sur une période de temps et une fréquence fixées.

Au-dessus du PP MOS se trouve l'unité de comptage et l'alimentation haute tension du détecteur de la balise rivière.

1.3 TELERAD : INSTRUMENT MÉTÉOROLOGIQUE

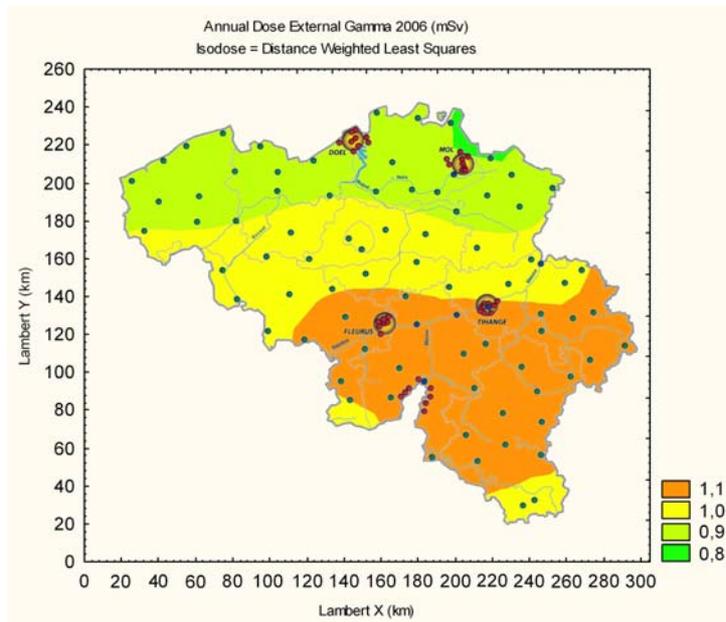


TELERAD dispose également, le long des frontières et autour des sites nucléaires, d'instruments de mesures météorologiques (vitesse et direction du vent) installés sur des mâts de 10 m – au nombre de 9. Près des sites nucléaires sont également disposés des mâts météo de 30 m au nombre de 4 (vitesse et direction du vent, pluviométrie, ensoleillement) – photographie de gauche.

Ces données sont indispensables pour déceler rapidement l'origine d'éventuelles sources étrangères de radioactivité et pour prévoir, d'après la direction et la vitesse des vents, quelles seront les régions potentiellement survolées par un nuage radioactif et à quel moment le seront-elles.

Enfin, le réseau TELERAD est complété par un ensemble de 12 balises transportables pour la mesure de la radioactivité gamma ambiante. Ces balises peuvent être installées sur une partie du territoire que l'on veut soumettre à un examen plus détaillé.

1.4 TELERAD : INSTRUMENT DE CALCUL DE DOSE D'EXPOSITION EXTERNE

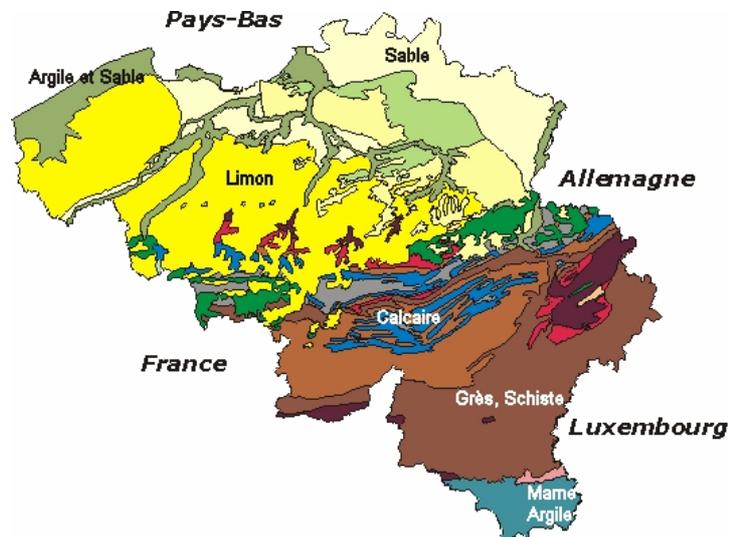


Le réseau TELERAD mesurant en continu un débit de dose ($\mu\text{Sv/h}$) il est possible de calculer balise par balise la dose annuelle d'exposition gamma. Une interpolation permet de regrouper sous la même couleur une famille de valeurs et donc de les représenter sur une carte.

La carte de gauche illustre le résultat d'un tel traitement qui conduit à la construction d'une carte de bruit de fond naturel dû à la radioactivité gamma. Ce bruit de fond représente l'exposition annuelle exprimée en mSv (dose gamma d'exposition externe) que l'on reçoit sur le territoire.

L'analyse de la carte d'exposition montre que la dose d'exposition gamma moyenne en Belgique est de 1 mSv/an, qu'elle varie de 0,8 mSv/an au nord pour atteindre 0,9 mSv/an globalement en Flandre et 1,1 mSv/an globalement en Wallonie et plus particulièrement en Ardenne.

L'exposition varie en fonction de la nature du sol. Les doses sont en effet en général plus élevées dans des terrains anciens composés de roches telles que grès, schistes ce qui se vérifie bien sur pour la Belgique en Ardenne – voir la carte géologique ci-contre. En Flandre, où les sols sont principalement constitués de terrains sédimentaires (sables, limons et argiles), les doses sont plus faibles. A remarquer qu'au sud du pays, région marneuse, argileuse présentant des couches sablo-limoneuses sur un substrat calcaire, la dose diminue pour atteindre des valeurs comparables à celles du nord/nord-ouest du pays.



La limite de dose de rayonnements ionisants à la population, fixée à 1 mSv/an, ne prend pas en compte l'irradiation naturelle liée au rayonnement cosmique ainsi qu'à la radioactivité du sol et du sous-sol ni aux rayonnements utilisés à des fins médicales. Dès lors, elle ne s'applique pas dans le cas présent (bruit de fond ambiant naturel).

2. COMPRENDRE LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE

2.1 ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ MESURÉE EN BELGIQUE

La radioactivité que l'on peut mesurer en Belgique et partout dans le monde a deux origines : une origine *naturelle* et une origine *artificielle*.

La radioactivité naturelle est due en partie au *rayonnement cosmique* lui-même qui comprend deux composantes : une relativement constante, le rayonnement primaire galactique constitué de particules très énergétiques – 85% de protons, 12,5% d'hélium, 1% d'atomes plus lourds comme le fer et le nickel, 1,5% d'électrons et une variable, le rayonnement solaire ou vent solaire qui suit un cycle de onze ans et qui fluctue également de manière aléatoire lors des grandes éruptions solaires qui libèrent un flux important de particules d'énergie plus faible qui peuvent atteindre également la Terre.

L'ensemble de toutes ces particules traversent les hautes couches de l'atmosphère qui les « filtrent » en partie pour atteindre les sols et les organismes vivants et créer toute une famille d'éléments radioactifs dits « cosmogéniques » tels que les $^{7,10}\text{Be}$, $^{32,33}\text{P}$, ^{22}Na , ^{35}S , ^{39}Cl , ^{26}Al , ^{14}C et ^3H .

Cette radioactivité naturelle a également une composante terrestre : le *rayonnement tellurique* qui est généré par les radioéléments naturels présents dans les sols et les eaux souterraines comme :

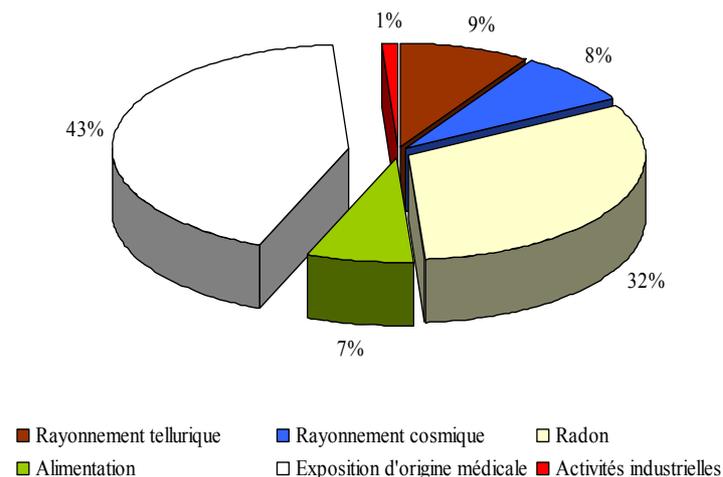
- Les éléments constitutifs primaires du système solaire à savoir des radioéléments à très longues périodes physiques ou demi-vies (temps nécessaire pour que la moitié de la radioactivité disparaisse) tels que les $^{235,238}\text{U}$, ^{40}K , ^{232}Th , ^{187}Re , ^{138}La , ^{147}Sm , ^{190}Pt ;
- Les éléments induits directement ou indirectement par réactions nucléaires dues au rayonnement cosmique incident tels que les ^{239}Pu , ^{237}Np , ^{30}Cl , ^{90}Sr et autres produits de fission générés par les neutrons (et les éléments « cosmogéniques » cités précédemment générés par le rayonnement cosmique lui-même).

A cette radioactivité naturelle s'ajoute une radioactivité artificielle générée par les activités humaines militaires, industrielles, de recherches et médicales. Certaines de ces activités sont présentes en Belgique :

- L'industrie nucléaire (y compris celle localisée à l'étranger mais située près de nos frontières comme les centrales nucléaires de Gravelines, Chooz et Cattenom en France, Borssele aux Pays-bas) représentée par les centrales nucléaires de Doel sur l'Escaut (quatre réacteurs de puissance) et de Tihange sur la Meuse (trois réacteurs de puissance), les installations de Belgoprocess 1 et 2, de Belgonucléaire, de FBFC International, de l'IRE ;
- L'industrie non-nucléaire comme l'usine de production d'engrais phosphatés de Tessenderlo ;
- La recherche nucléaire au sein de laboratoires comme ceux du SCK•CEN et d'universités ;

- La médecine nucléaire et les services radiologiques dans les hôpitaux qui sont responsables ces dernières années d'une part croissante de l'exposition moyenne de la population, notamment des tranches les plus âgées en Belgique, qui est passée de 25-30% classiquement dans les années 1995 à plus de 40% dans les années 2000.

Exposition annuelle moyenne aux rayonnements ionisants en Belgique (UNSCEAR 2000)



L'ensemble de cette radioactivité est responsable de l'exposition globale des personnes vivants sur le territoire belge. Cette exposition ou dose – exprimée en mSv est essentiellement due à la radioactivité naturelle. Chaque état se doit de contrôler les niveaux de radioactivité naturelle et artificielle auxquels est potentiellement soumise sa population. Cette obligation est clairement précisée dans des textes légaux qui définissent le cadre légal et réglementaire applicable en Belgique.

2.2 CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE

Le cadre légal et réglementaire applicable en Belgique en matière de surveillance radiologique du territoire comprend deux volets : le cadre légal national et le cadre réglementaire européen. Les obligations liées à ces cadres ont un impact direct sur l'orientation donnée au programme de surveillance radiologique du territoire ainsi que sur son ampleur. Dans les deux cas l'AFCN, en tant qu'autorité fédérale, est en charge de mettre en œuvre tous les moyens nécessaires pour répondre aux attentes réglementaires.

2.2.1 Cadre légal national :

L'Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN) est un établissement public doté de personnalité juridique (organisme d'intérêt public de la catégorie C), établi par la loi du 15 avril 1994 *relative à la protection de la population et de l'environnement contre les dangers résultant des rayonnements ionisants et relative à l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire* (articles 21 et 22). Ce statut lui octroie une large indépendance, indispensable à l'exercice impartial de sa responsabilité envers la société.

L'AFCN est pleinement opérationnelle depuis le 1^{er} septembre 2001. En effet, à cette date, est entré en vigueur l'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant *Règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants (RGPRI)*. Cet arrêté rend effective la mise en application de la loi du 15 avril 1994 et précise l'essentiel des conditions et modalités d'exécution des missions de l'Agence. Il comprend la plus grande partie de la réglementation belge en matière de protection de la population et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants.

L'Agence y est chargée en particulier du *contrôle de la radioactivité du territoire et des doses reçues par la population* (article 70) ainsi que de l'organisation de la *surveillance de la population dans son ensemble* (article 71).

A noter également l'accord franco-belge de coopération du 8 septembre 1998, relatif à la centrale nucléaire de Chooz située sur la Meuse en France près de la frontière avec la Belgique. Il prévoit d'assurer un contrôle complet, en territoire belge, de toutes les voies de transfert de la radioactivité autour du site nucléaire ainsi qu'un échange périodique des résultats entre états.

2.2.2 Cadre légal international :

Commission européenne :

La Belgique, comme tout état membre de l'Union européenne, se doit de répondre aux demandes de la Commission européenne (CE) dans le cadre de l'article 36 du traité EURATOM pour la communication de données de contrôle de la radioactivité dans l'environnement (radioactivité de l'air et des poussières de l'air, des eaux de surface et de boissons, du lait et des denrées alimentaires).

Cela recouvre les nouvelles dispositions en matière de suivi de la chaîne alimentaire résultant des mesures de protection post-Tchernobyl ainsi que de la recommandation 2000/473/EURATOM² concernant l'article 36 du traité EURATOM, qui prévoit au point 4 que les états membres doivent communiquer à la Commission les données nécessaires au contrôle de la radioactivité dans le « régime mixte » afin d'obtenir une information globale sur l'ingestion de radioactivité, par l'homme, au travers de la chaîne alimentaire et donc sur les doses délivrées.

La transposition future dans la réglementation nationale (RGPRI) de la Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dont les annexes techniques « radioactivité » sont en voie de finalisation, va contraindre la Belgique à faire face très rapidement à l'obligation de contrôler un nombre très important de captages, de sources, etc. destinés à la production d'eau de boisson, notamment en Wallonie.

Convention OSPAR (OSLO-PARIS) :

La Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est – « Convention OSPAR » – a été ouverte à la signature lors de la réunion ministérielle des Commissions d'Oslo (mise en place en 1972) concernant les opérations d'immersion de rejets en mer et de Paris (mise en place en 1974) portant sur la pollution marine d'origine tellurique, le 22 septembre 1992 à Paris.

La Convention a été signée et ratifiée par toutes les parties à l'origine contractantes à la Convention d'Oslo et à la Convention de Paris (la Belgique, la Commission des Communautés européennes, le Danemark, la Finlande, la France, l'Allemagne, l'Islande, l'Irlande, les Pays-Bas, la Norvège, le Portugal, l'Espagne, la Suède, le Royaume-Uni de Grande Bretagne et d'Irlande du Nord), et par le Luxembourg et la Suisse. La Convention OSPAR de 1992 est l'instrument actuel qui oriente la coopération internationale sur la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est.

² *Commission recommendation on the application of Article 36 of the EURATOM treaty concerning the monitoring of the levels of radioactivity in the environment for the purpose of assessing the exposure of the population as a whole*

La Convention OSPAR est entrée en vigueur le 25 mars 1998. Elle remplace les Conventions d'Oslo et de Paris, mais les décisions, recommandations et tous autres accords adoptés en vertu de ces anciennes Conventions continueront à être applicables et conservent le même caractère juridique, à moins qu'ils ne soient abrogés par les nouvelles mesures adoptées en vertu de la Convention OSPAR de 1992.

La première réunion ministérielle de la Commission OSPAR à Sintra, Portugal en 1998, a adopté l'Annexe V à la Convention, afin d'étendre la coopération des parties contractantes, et de couvrir toute activité humaine qui pourrait porter atteinte au milieu marin de l'Atlantique du nord-est. Cependant, des programmes et mesures sur les questions concernant la gestion des pêcheries ne peuvent pas être adoptés dans le contexte de la Convention.

La déclaration OSPAR, signée à Sintra le 23 juillet 1998, relative à la protection de la mer du Nord et du nord-est Atlantique, prévoit une réduction drastique des rejets radioactifs dans le milieu marin jusqu'à des teneurs « proches » de zéro pour la radioactivité artificielle et « voisine » du bruit de fond pour la radioactivité naturelle surajoutée en raison de l'activité industrielle humaine.

Il faut prendre en compte également que la Commission européenne soutient de plus en plus la stratégie OSPAR dans la mesure où elle pousse entre autre les états membres à s'investir dans des programmes de recherches fondamentales sur l'impact de la radioactivité en milieu marin (flore/faune et homme) et qu'elle vient tout récemment de faire adopter l'idée d'une stratégie marine d'ensemble (concerne toutes les mers européennes), notamment pour la radioactivité, qui reprend dans ce cas intégralement les objectifs OSPAR.

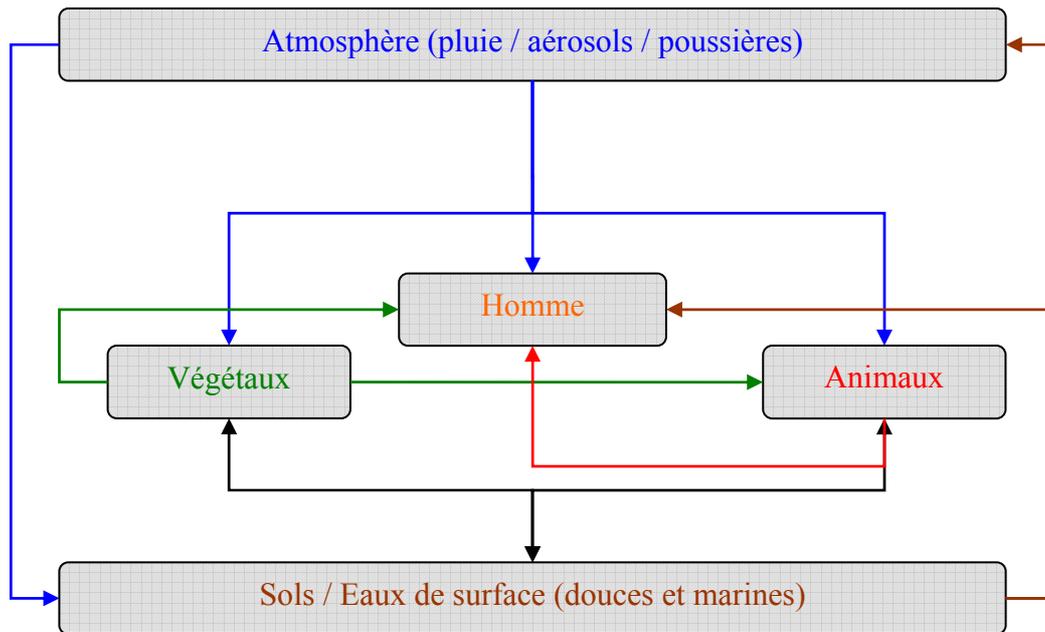
Enfin, les conférences des spécialistes en protection de l'environnement vis-à-vis des rayonnements ionisants tenues à l'Agence internationale de l'Énergie atomique (AIEA) depuis fin 2001 ont une fois de plus confirmé les tendances exprimées ci-dessus.

2.3 LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE

L'évolution des approches législatives décrites précédemment conduisent à un élargissement de la notion de surveillance radiologique de l'environnement vers la protection, en plus des personnes, de l'environnement lui-même en ce inclus tous ses composants (milieu marin tout particulièrement). Pour ce faire, on s'écarte de plus en plus de la notion de dose prise en compte en radioprotection pour la remplacer par celle de la concentration en radioéléments déterminée par un grand nombre de mesures effectuées sur un échantillonnage très large des composants de l'environnement (air, eau, sol, vivant).

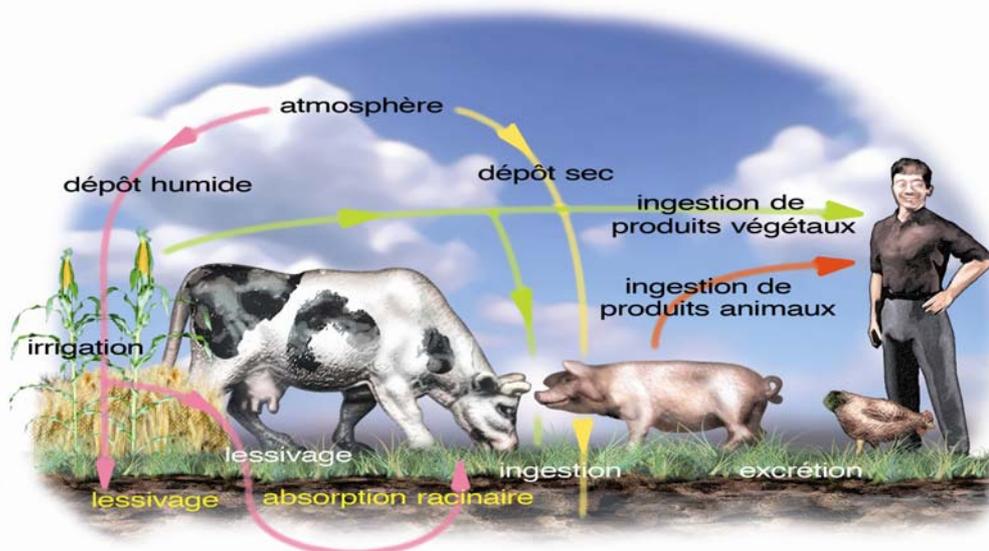
Comme déjà expliqué, la surveillance radiologique du territoire s'exerce au travers, d'une part, d'un programme de surveillance radiologique s'appuyant sur des échantillonnages et des analyses (mesures de radioactivité) et, d'autre part, du réseau automatique TELERAD qui réalise essentiellement des mesures de débits de dose en des points fixes complétées par celles réalisées à l'aide de dosimètres thermoluminescents (TLD) disposés dans des agglomérations près des sites nucléaires. Ces grands axes de surveillance sont organisés de manière à couvrir l'ensemble du territoire et permettre de suivre l'exposition de la population selon ses diverses voies d'exposition possibles.

La radioactivité naturelle et artificielle peut circuler dans l'environnement comme l'illustre le schéma simplifié suivant en passant d'un compartiment à l'autre pour finalement atteindre l'homme par inhalation, ingestion ou contamination par dépôt sec ou humide (pluie, aérosols, poussières).



Selon sa nature chimique, cette radioactivité sera plus ou moins concentrée dans certains compartiments comme, par exemple, dans les argiles (constituants des sols, des sédiments) pour les radiocésiums qui « suivent » les mouvements du potassium que l'on considère comme leur « analogue chimique ». Chez les animaux, les radiocésiums ont tendance à se concentrer dans les muscles (viande). Les radiostrontiums quant à eux suivent leur analogue chimique – le calcium et s'accumulent dans les structures osseuses des êtres vivants.

Le schéma suivant illustre le cheminement que la radioactivité peut suivre pour la contamination de la chaîne alimentaire et celle de l'homme.



Afin de pouvoir exercer correctement son contrôle de l'environnement, l'AFCN a développé son programme de surveillance du territoire selon plusieurs axes :

- Répondre à la mission première de contrôle et de protection de l'environnement et de la population en prenant en compte les sites nucléaires belges et ceux des pays voisins ;
- Répondre aux demandes des institutions internationales auxquelles adhère la Belgique : la CE et la convention OSPAR.

En pratique, les bibliothèques de radioéléments recherchés pour être mesurés ont été adaptées pour répondre de manière optimale à ces missions et demandes. Selon le type d'installations présentes sur les sites nucléaires, selon le type de pratiques et selon le caractère plus spécifique de certaines d'entre elles, certains radioéléments ont été systématiquement ajoutés dans les listes de radioéléments à rechercher, e.g. :

- Dans les environs de l'IRE : l'iode (^{131}I) car il est produit par ce site et peut être rejeté ;
- Au niveau des eaux de la Sambre et de la Meuse : l'iode (^{131}I) car elles reçoivent les eaux usées des centres hospitaliers situés dans les grosses agglomérations les bordant ;
- Dans la Molse Nete : les $^{234,235,238}\text{U}$ et les transuraniens – $^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , en plus de la panoplie habituelle d'émetteurs gamma (produits de fission et d'activation dont les radiocésiums) car ce cours d'eau reçoit les rejets liquides des installations nucléaires du site de Mol-Dessel via les installations de traitement des déchets liquides de Belgoprocess 2 ;
- Dans le bassin de la Nete : le ^{226}Ra car cette rivière draine les eaux du Grote Laak et du Winterbeek où l'usine de fabrication d'engrais phosphatés de Tessenderlo rejette ses eaux de traitement enrichies en radium ;
- Dans le lait et les eaux de boisson : le ^{90}Sr (produit de fission ayant pour origine les réacteurs nucléaires et les usines de retraitement du combustible nucléaire) pour répondre aux exigences de l'article 36 du traité EURATOM ;
- Dans les repas témoins : le ^{14}C produit dans les réacteurs nucléaires est recherché toujours dans le cadre du rapport à la CE de données « article 36 » du traité EURATOM ;
- Dans les échantillons de la faune et de la flore marines (crevettes, moules, algues) : les $^{234,235,238}\text{U}$ et les transuraniens – $^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , en plus de la panoplie habituelle d'émetteurs gamma (dont les radiocésiums), les ^{90}Sr , ^{99}Tc et ^3H organique comme marqueurs de l'activité de l'industrie nucléaire de puissance – centrales nucléaires et de retraitement – La Hague (France) et Shellafield (Royaume Uni) ;
- Dans le cadre de l'article 36 du traité EURATOM : des radioéléments naturels « témoins » comme le ^7Be (cosmogénique) demandé par la CE, le ^{40}K présent partout dans l'environnement et dans le corps humain (à raison d'environ 60 à 70 Bq/kg).

2.4 DESCRIPTION DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE

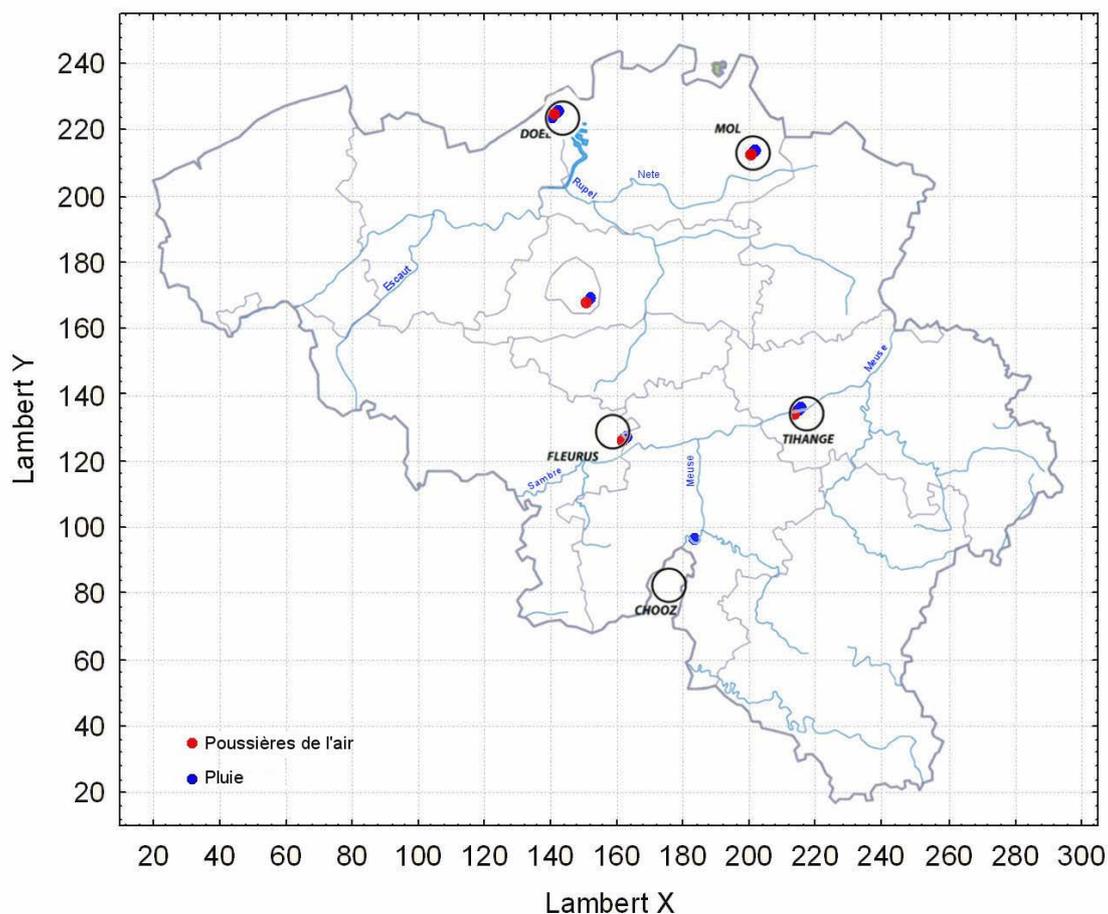
Le réseau de surveillance est constitué d'un ensemble de zones, de localisations où sont prélevés des échantillons qui sont ensuite rapportés au laboratoire pour y être conditionnés puis mesurés pour en déterminer le niveau de radioactivité. Plus de 4100 échantillons sont prélevés chaque année sur lesquels environ 28200 analyses de radioactivité sont effectuées.

2.4.1 Les grands axes du réseau :

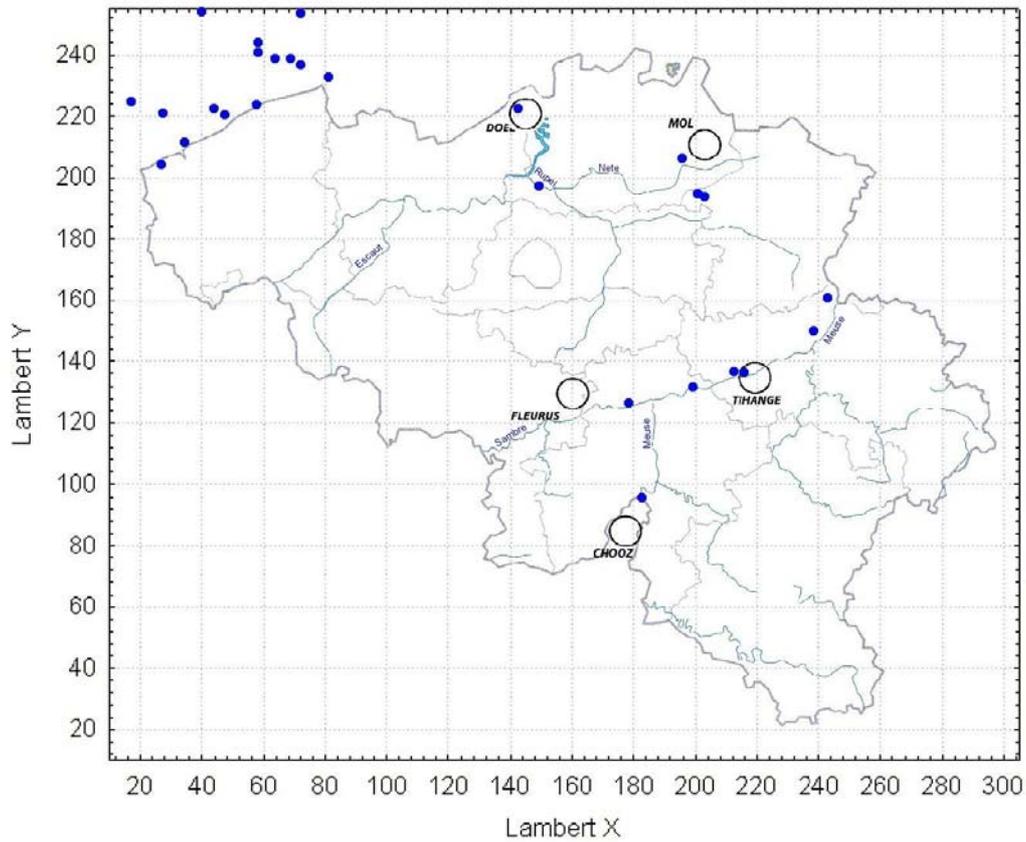
Les grands axes du réseau de surveillance radiologique portent sur :

- La surveillance de l'atmosphère près des sites nucléaires et dans la zone de référence par le biais d'échantillonnages de poussières de l'air, de pluie et de dépôts surfaciques (dépôt sec – de particules et/ou dépôt humide – pluie dans des bacs de surface connue contenant une fine lame d'eau pour piéger des particules fines) ;

Points de prélèvements des poussières de l'air (rouge) et des précipitations (bleu)



- La surveillance des eaux de surface et des sédiments – des rivières (Sambre, Meuse, Grote Laak, Winterbeek, Molse Nete, Ruppel et Escaut) et – du milieu marin (mer du Nord) ;



- La surveillance de l'environnement vivant avec la recherche de radioactivité dans la faune et la flore aquatiques d'eaux douces et marines (bioindicateurs de la présence de radioactivité) ;

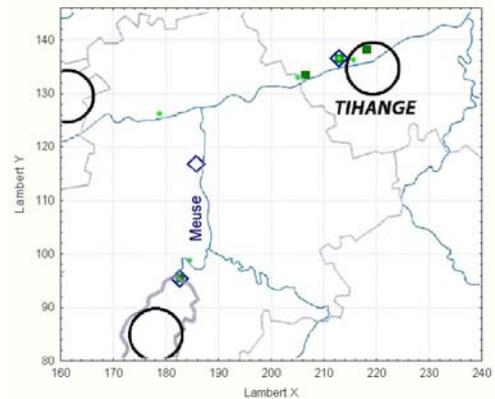
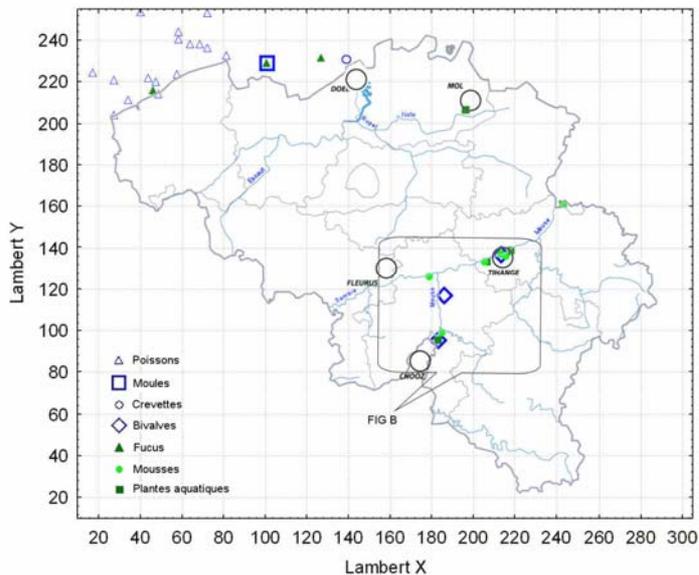
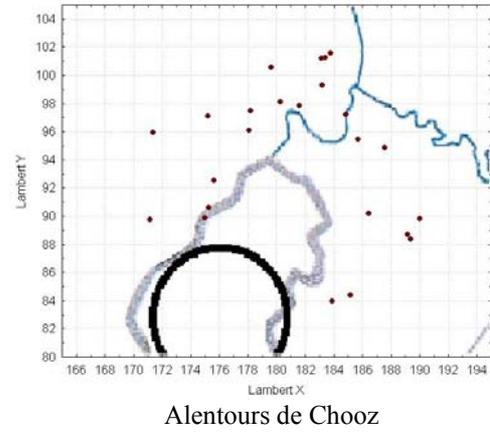
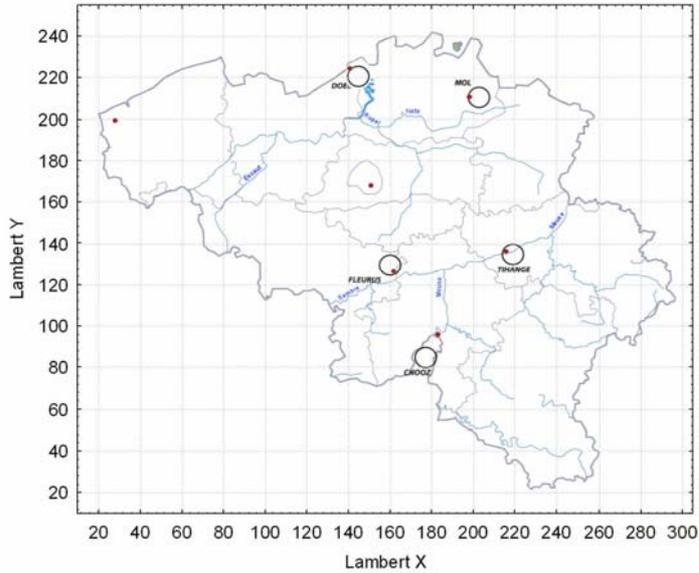
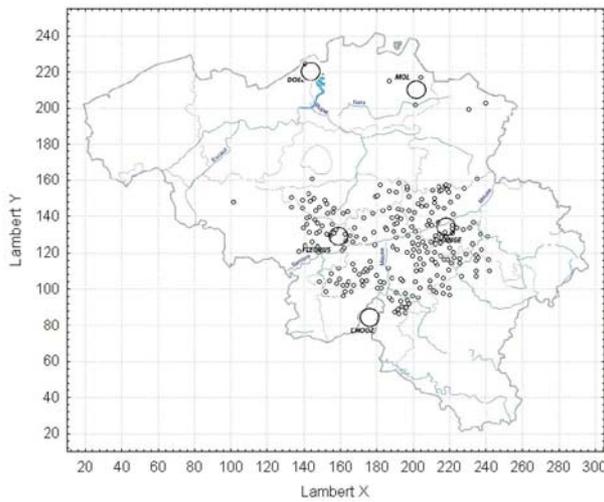


Figure B

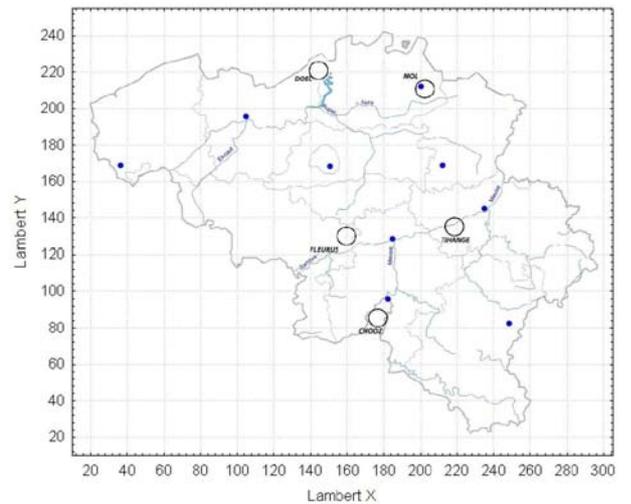
- La surveillance des zones terrestres, sols prélevés aux environs immédiats des sites nucléaires et dans certaines régions témoins (côte marine, Ardenne, région Bruxelles Capitale) ;



- La surveillance de la chaîne alimentaire avec le contrôle du lait (grande surface et laiteries qui collectent un grand nombre de fermes surtout présentes en Wallonie), celui des eaux de boisson et celui de denrées alimentaires prélevées sur des marchés et chez des détaillants ;

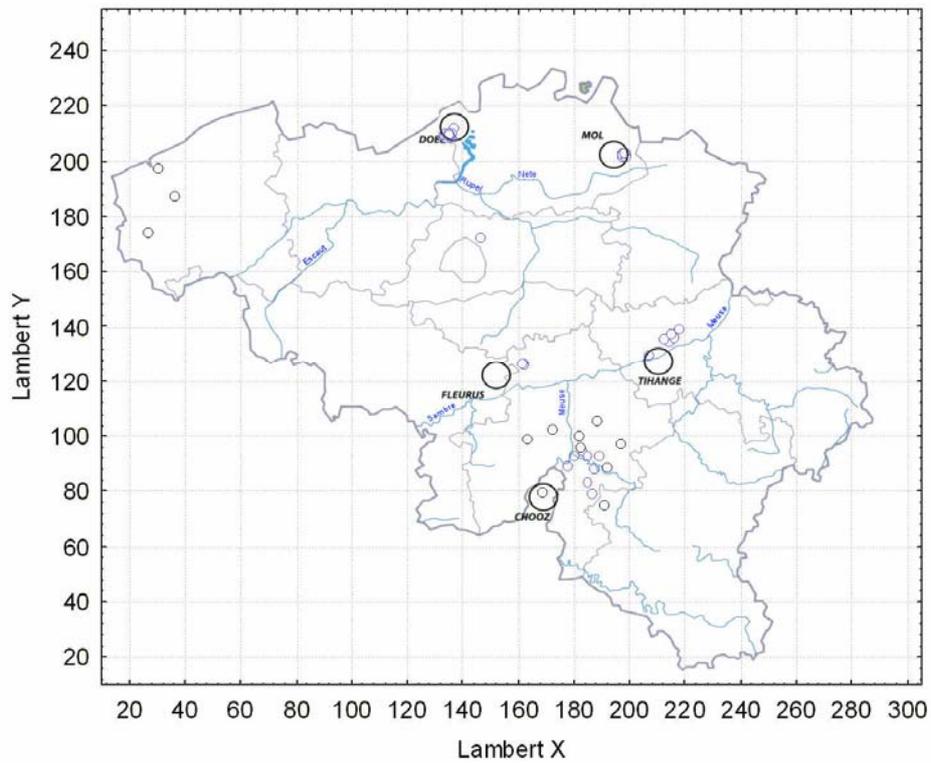


Points de prélèvement de lait

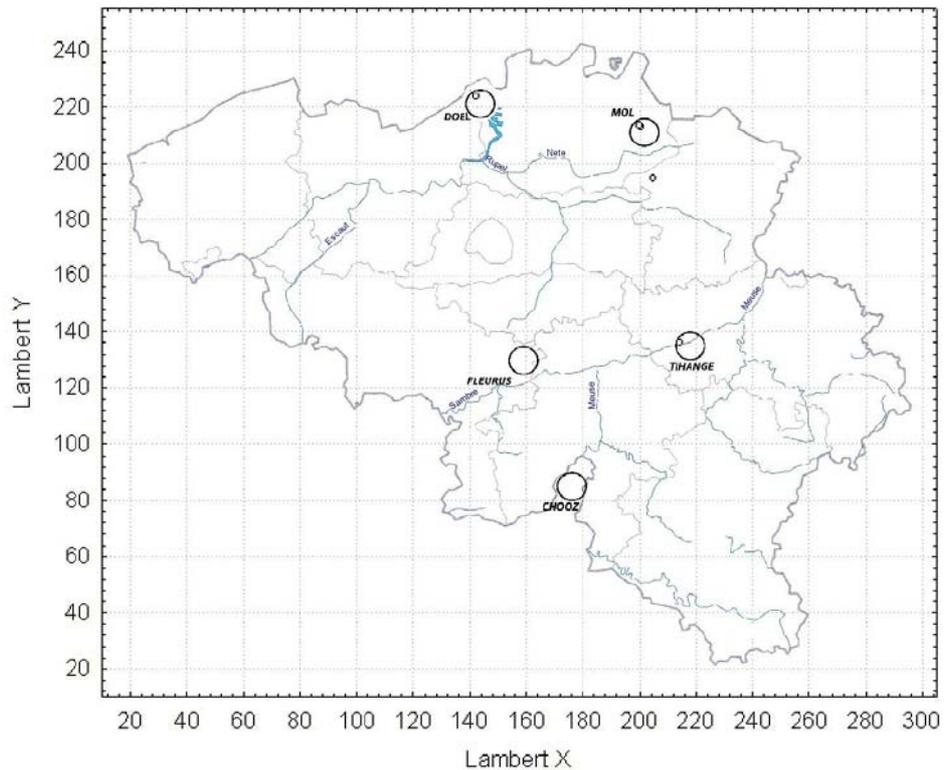


Points de prélèvements d'eaux de boisson

- La dosimétrie ambiante via l'installation de dosimètres thermoluminescents – TLD disposés mensuellement dans des agglomérations aux alentours des sites nucléaires.



- Le suivi des rejets atmosphériques et liquides des installations nucléaires (centrales nucléaires, site de Mol-Dessel) et non-nucléaires (rejets de Tessenderlo – ^{226}Ra) ;



Le programme de surveillance du territoire a privilégié le suivi des grandes voies de contamination possible de l'environnement (bassins fluviaux et zone maritime) ainsi que celles de la contamination directe de l'homme (chaîne alimentaire). En fonction des régions et de la présence d'industries nucléaires ou non-nucléaires, tout ou partie des axes décrits précédemment sont contrôlés.

2.4.2 Les vecteurs de transfert de la radioactivité contrôlés :

Le programme de surveillance radiologique contrôle tout un ensemble de compartiments dans lesquels sont effectués des échantillonnages en vue d'analyses de radioactivité.

Les tableaux suivants résument le travail effectué. Les cartes présentées au point 2.4.1 localisent les points d'échantillonnages décrits dans les tableaux.

Le bassin de la Meuse et de la Sambre

Ce bassin reçoit les rejets liquides de plusieurs sites, nucléaires et non-nucléaires :

- *Sites nucléaires :*
 - ◇ centrale nucléaire de Tihange (3 réacteurs) située le long de la Meuse entre Huy et Amsin,
 - ◇ site de l'IRE à Fleurus près de la Sambre,
- *Sites non-nucléaires :*
 - ◇ centres hospitaliers de grosses agglomérations comme Namur et Liège par exemple.

Plus de 1450 échantillons sont prélevés dans l'ensemble du bassin sur lesquels sont effectuées près de 11100 mesures de radioactivité.

Programme de surveillance radiologique du bassin Sambre - Meuse

Compartiment	Bassin et localisation des points de prélèvements		Type de mesure	Fréquence de prélèvement	
	Sambre	Meuse			
Atmosphère	poussières	près du site de l'IRE (Fleurus)	près du site de Tihange	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , (^{131}I près de l'IRE)	toutes les 4 semaines
				Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	journalière
	précipitations	près du site de l'IRE (Fleurus)	Heer-Agimont	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	toutes les 4 semaines
			près du site de Tihange	Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées)	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines	
			^{131}I (dépôts filtres) près de l'IRE	hebdomadaire	

Compartiment	Bassin et localisation des points de prélèvements		Type de mesure	Fréquence de prélèvement	
	Sambre	Meuse			
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 5 cm + herbe coupée à ras)	près du site de l'IRE (Fleurus)	près du site de Chooz	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	annuelle
	sols agricoles		près du site de Tihange	^{131}I près de l'IRE	
	production végétale agricole		autour de la botte de Chooz (30 points)		Spectrométrie γ , α , ^{90}Sr , ^{226}Ra
Rivière	eaux	Floriffoux	Heer-Agimont, Andenne, Huy, Ampsin, Monsin, Lixhe	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra	toutes les 4 semaines
	sédiments	Floriffoux	Heer-Agimont, Andenne, Ampsin, Lixhe	Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{40}K , (^{131}I près de l'IRE)	hebdomadaire
	plantes aquatiques, mousses, bivalves	Floriffoux	Heer-Agimont/Hastière/Waulsort, Rivière, Andenne, Huy, Ampsin/Amay, Flémalle, Monsin, Lixhe	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th , (^{131}I près de l'IRE)	toutes les 4 semaines
				^3H organique	trimestrielle

Le bassin de l'Escaut et de la Nete

Ce bassin reçoit les rejets liquides de plusieurs sites, nucléaires et non-nucléaires :

- **Sites nucléaires :**
 - ◇ centrale nucléaire de Doel (4 réacteurs) située le long de l'Escaut près de Doel,
 - ◇ site du SCK•CEN à Mol,
 - ◇ sites de Belgoprocess, de Belgonucléaire et de la Franco-Belge de Fabrication de Combustibles international (FBFC International) à Mol et à Dessel,
- **Sites non-nucléaires :**
 - ◇ centres hospitaliers de grosses agglomérations comme celle d'Anvers,
 - ◇ usine de fabrication d'engrais chimique près de Tessenderlo.

Plus de 1000 échantillons sont prélevés dans l'ensemble du bassin sur lesquels sont effectuées près de 5430 mesures de radioactivité.

Programme de surveillance radiologique du bassin Escaut - Nete

Compartiment	Bassin et localisation des points de prélèvements		Type de mesure	Fréquence de prélèvement	
	Escaut	Nete			
Atmosphère	poussières	près du site de Doel	près du site de Mol	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb	toutes les 4 semaines
				Spectrométrie α total près de Mol	journalière
				Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	journalière
	précipitations	près du site de Doel	près du site de Mol	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées)	toutes les 4 semaines	
			Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines	
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 5 cm + herbe coupée à ras)	près du site de Doel	près du site de Mol	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	annuelle
				Spectrométrie α : $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am près de Mol	
Rivière	eaux	près de Doel	Grote Laak & Grote Nete Molse Nete	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra	toutes les 4 semaines
				Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{40}K	hebdomadaire
			Winterbeek	Spectrométrie γ : ^{226}Ra	toutes les 4 semaines
				Spectrométrie β total, α total, ^{40}K	hebdomadaire
			Ruppel (Boom)	Spectrométrie γ : ^{226}Ra	toutes les 4 semaines
Rivière	sédiments	près de Doel	Grote Laak & Winterbeek Grote Nete	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	toutes les 4 semaines
			Molse Nete	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	toutes les 4 semaines
				^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	
				Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	trimestrielle
				^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H organique	
Rivière	plantes aquatiques	Molse Nete		Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	trimestrielle
				^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H organique	
				Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	trimestriel
Rivière	crevettes	estuaire en aval de Doel (Kieldrecht)		Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	trimestriel
				^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H organique, (^{99}Tc pour les algues)	
Rivière	crustacés, bivalves, algues	estuaire/mer du nord (Hoofdplaat & Kloosterzande)		^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H organique, (^{99}Tc pour les algues)	

La zone maritime : littoral belge

Le littoral reçoit les rejets liquides de plusieurs sites, nucléaires et non-nucléaires :

- *Sites nucléaires :*
 - ◇ centrale nucléaire de Gravelines située en France près de la mer entre Calais et Dunkerque, usine de retraitement de La Hague,
- *Sites non-nucléaires :*
 - ◇ centres hospitaliers d'agglomérations comme Ostende par exemple.

Près de 80 échantillons sont prélevés dans l'ensemble de la zone maritime sur lesquels sont effectuées plus de 1200 mesures de radioactivité.

Programme de surveillance radiologique de la zone maritime

Compartiment	Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence de prélèvement
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 5 cm + herbe coupée à ras)	Coxyde Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	annuelle
	eaux	au large de la côte (campagne du Belgica), 16 localisations Spectrométrie γ : $^{134-137}\text{Cs}$, $^{57-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn ^{40}K Spectrométrie β total Spectrométrie α : $^{238-(239+240)}\text{Pu}$	trimestrielle
Mer du Nord	sédiments	au large de la côte (campagne du Belgica), 16 localisations Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th Spectrométrie α : $^{238-(239+240)}\text{Pu}$	trimestrielle
	Algues	Ostende - côte belge Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	trimestrielle
	poissons	au large de la côte (campagne du Belgica), 16 localisations Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	trimestrielle

La zone de référence

Le choix de zones de référence est dicté par la volonté de placer des stations de prélèvement d'échantillons sur le territoire belge en regard de leur situation géographique qui les met à l'abri des rejets potentiels de radioactivité artificielle et/ou naturelle opérés par l'homme dans ses activités. D'autre part, un critère tel que la densité de population est également important.

Dans ce cadre, l'agglomération de Bruxelles, qui regroupe une part importante de la population avec un million d'habitants (1/10 de la population totale de la Belgique) a été retenue comme zone représentative.

Environ 450 échantillons sont prélevés sur lesquels sont effectuées 870 mesures de radioactivité.

Programme de surveillance radiologique de la zone de référence

Compartiment	Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence de prélèvement	
Atmosphère	poussières	Bruxelles (Bruxelles Capitale)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , (^{131}I) près de l'IRE)	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	journalière
Atmosphère	précipitations	Bruxelles (Bruxelles Capitale)	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées)	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 5 cm + herbe coupée à ras)	Bruxelles (Bruxelles Capitale)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{57-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	annuelle

La chaîne alimentaire : eaux de boisson, lait et denrées

Le contrôle de la chaîne alimentaire tente d'évaluer de manière aussi large que possible toutes les voies d'entrée de la radioactivité chez l'homme. Ce contrôle s'adresse :

- À l'état radiologique des eaux de boisson (obligations nationale et européenne – Directive 98/83/CE) qui revêt une importance prioritaire ;
- À celui du lait qui constitue également un vecteur potentiellement sensible en cas de contamination radioactive notamment en présence de ^{131}I qui passe rapidement de l'herbe vers les vaches et se retrouve très vite dans le lait – aliment important de la diète du petit enfant. La chaîne de distribution du lait étant rapide, l'iode se retrouverait rapidement ingéré par la population avec les risques liés d'irradiation de la thyroïde ;

- À celui des denrées alimentaires par le biais d'un échantillonnage ponctuel mais varié de produits destinés à la consommation (denrées alimentaires végétales, animales, etc.).

Le territoire national est potentiellement contaminable par l'ensemble des sites nucléaires et non-nucléaires mentionnés auparavant.

Près de 620 échantillons sont prélevés sur lesquels sont effectuées près de 2900 mesures de radioactivité. Il faut ajouter à ces échantillons ceux prélevés par l'AFSCA dans le cadre de la coopération entre les deux Agences dont le nombre tourne autour de 220, ce qui conduit à 640 mesures supplémentaires.

Programme de surveillance radiologique de la chaîne alimentaire

Compartiment	Localisation des points de prélèvement	Type de mesure	Fréquence de prélèvement	
Eaux de boisson	à la distribution (robinet)	Spectrométrie α total & β total, ^3H , ^{40}K	trimestrielle	
	Bruxelles (Brabant) Liège (Liège) Namur (Namur) Fleurus (Hainaut) Bastogne (Luxembourg) Gand (Flandre orientale) Poperinge (Flandre occidentale) Mol (Anvers) Zepperen (Limbourg)	En cas de dépassement des valeurs « screening » de 0,1 Bq/l en alpha total et 1 Bq/l en bêta total, analyses spectrométrie complète (γ , α , β)		
Lait	laiteries/fermes	Spectrométrie γ : dont $^{134-137}\text{Cs}$, ^{131}I , ^{40}K	hebdomadaire	
	région de Bruxelles (Brabant) 1 ferme			
	région de Fleurus 75 laiteries	^{90}Sr	toutes les 4 semaines	
	région de Tihange 118 laiteries			
	région de Doel 1 laiterie			
Denrées	région de Dessel 1 laiterie			
	région de Chooz 42 laiteries			
	légumes viandes poissons divers (champignons, farines etc.)	territoire national en petite et grande distributions	Spectrométrie γ : dont $^{134-137}\text{Cs}$, ^{40}K	4 échantillons mensuels de viandes, poissons, légumes
			^{90}Sr	4 échantillons annuels de viandes, poissons, légumes
repas témoins	restaurant d'entreprises : Mol (SCK•CEN), Fleurus & Bruxelles (ISP)	Spectrométrie γ : dont $^{134-137}\text{Cs}$, ^{40}K	mensuelle	
		^{90}Sr et ^{14}C	trimestrielle	

Contrôle de la dosimétrie près des sites nucléaires

Le programme de surveillance met également en œuvre un réseau de dosimètres thermoluminescents (TLD) disposés à demeure dans des agglomérations situées à proximité des principaux sites nucléaires du pays. Ces dosimètres intègrent la composante gamma (comme le font les balises TELERAD de dosimétrie ambiante) de la radioactivité environnante. Ils sont disposés à 1m du sol et sont remplacés en général tous les 2 mois afin d'en effectuer la mesure pour déterminer la dose intégrée sur la période d'exposition.

Environ 490 mesures de dosimétrie sont effectuées.

Programme de surveillance radiologique de la dosimétrie ambiante (TLD)

Localisation	Site nucléaire impliqué	Nombre de TLD	Période de mesure
bordure du site & agglomérations avoisinantes (Tihange, Amsin, Amay, Solière – entre Huy et Andenne, centrale hydroélectrique de Socolie)	centrale de Tihange	30	2 mois
agglomérations avoisinantes (Doel, Kieldrecht, fort Lillo, une raffinerie, ...)	centrale de Doel	10	2 mois
bordure du site et zone industrielle	site de l'IRE	12	2 mois
bordure et intérieur du site du SCK•CEN	site de Mol-Dessel	31	3 mois
agglomérations avoisinantes : Heer Agimont/Hastière ; Est de la botte de Givet : Massemble, Feschaux, Winenne, Felenne, Bourseigne- vieille ; Ouest de la botte de Givet : Petit Doische et Vaucelles	centrale de Chooz	8	2 mois
Watou, Rosee, Oignies en Thierache, Houyet, Lo, Heer- Agimont, Hastière, Gedinne, Furnes, Philippeville, Dinant, Beauraing		12	6 mois
agglomération de Bruxelles	zone de référence	1	2 mois

Suivi des rejets des sites nucléaires

Le programme de surveillance met également en œuvre un réseau de mesure d'effluents provenant des installations de traitement des déchets liquides rejetés dans l'environnement. Ces prélèvements sont effectués par l'opérateur ainsi que par l'institut chargé pour l'Agence de la mesure de radioactivité.

Les sites nucléaires de puissance (Doel et Tihange), les sites de Mol-Dessel (Belgoprocess 2 – installation de traitement des déchets liquides du SCK•CEN, de Belgoprocess, de Belgonucléaire – et FBFC) rentrent dans ce programme de suivi. Le site de l'IRE, ne produisant pas de déchets liquides radioactifs dans l'environnement, n'a pas été repris historiquement dans ce suivi.

Près de 390 échantillons sont prélevés sur lesquels sont effectuées près de 6250 mesures de radioactivité.

Programme de surveillance radiologique du suivi des rejets des sites nucléaires

Site nucléaire impliqué	Type de mesure	Fréquence de prélèvements
centrale de Tihange centrale de Doel	Spectrométrie γ : ^7Be , ^{51}Cr , ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{95}Nb , ^{95}Zr , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{103-106}\text{Ru}$, $^{141-144}\text{Ce}$, ^{131}I , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{113}Sn , $^{123\text{m}}\text{Te}$, $^{124-125}\text{Sb}$	mensuelle
	Spectrométrie β : ^3H	
site de FBFC	Spectrométrie β total, α total ^{226}Ra , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	hebdomadaire
	Spectrométrie γ : $^{134-137}\text{Cs}$, ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{131}I	
site de Mol-Dessel (Belgoprocess 2)	Spectrométrie β total, α total ^3H , ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	hebdomadaire

3. LE BASSIN DE LA MEUSE ET DE LA SAMBRE

La Meuse et la Sambre reçoivent les rejets radioactifs de plusieurs sites nucléaires (3 réacteurs de puissance à Tihange, IRE à Fleurus) et non-nucléaires (hôpitaux de grosses agglomérations comme Namur et Liège par exemple).

Comme nous l'avons déjà signalé au chapitre 2, point 2.4, toute une série d'échantillonnages est effectuée dans cette région :

- Compartiment atmosphérique : prélèvements de poussières de l'air (aérosols et particules déposés sur des filtres), de pluie et de dépôts secs ou humides près des sites de l'IRE, de Tihange et de Chooz (Heer-Agimont) ;
- Compartiment sol : prélèvements près des sites nucléaires de Tihange et de l'IRE ainsi que dans les zones agricoles belges (y compris des échantillons de production végétale agricole) autour de la botte de Givet (site nucléaire de Chooz) ;
- Compartiment rivière : eaux, sédiments et échantillons de la faune et de la flore de la Sambre et de la Meuse.

Globalement :

Les résultats obtenus montrent que, en dehors du tritium qui est régulièrement mis en évidence dans les eaux mosanes, la situation radiologique du bassin n'appelle aucuns commentaires particuliers.

Plus précisément :

- L'air aux environs des installations nucléaires ne présente aucun problème radiologique. Les teneurs mesurées sont toutes inférieures ou voisines des seuils de détection – très bas – des appareils de mesure ;
- Les mesures de la radioactivité de la pluie montrent que l'on peut détecter de très faibles quantités de radioactivité (principalement due à la radioactivité naturelle) et ce, grâce aux très bas seuils de détection auxquels arrivent les appareils de mesure ;
- L'impact radiologique des installations nucléaires sur les eaux de rivières est négligeable et sans conséquences sanitaires pour la santé humaine ;
- Seul le tritium est régulièrement détecté dans les eaux de la Meuse (quelques dizaines de Bq) et en ce qui concerne les autres radioéléments, le plus souvent, les teneurs rapportées sont à peine supérieures aux seuils de détection des appareils de mesure.

3.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHERIQUE

L'analyse des poussières de l'air est une méthode efficace de détection d'un rejet de matières radioactives dans l'atmosphère. En effet, les aérosols (particules $> 0,5 \mu\text{m}$) sont une des formes de rejets atmosphériques des installations nucléaires; ils renferment essentiellement des produits de fission (émetteurs β - γ) recondensés sur un noyau particulaire.

Cette méthode de détection de la radioactivité de l'air a été particulièrement utilisée pour le suivi des essais nucléaires atmosphériques lorsqu'ils étaient pratiqués (« fallout ») ainsi que pour le suivi du passage des nuages radioactifs consécutifs à l'accident de Tchernobyl.

Ces poussières peuvent se déposer directement sur le sol (dépôt sec) ou être lessivées par la pluie (dépôt humide).



La récolte des poussières de l'air se fait à l'aide de pompes, l'air passant à travers un filtre qui arrête les poussières (photos de gauche).



Les poussières sont également récoltées dans des bacs de dépôt où elles sont piégées par une fine lame d'eau répartie sur une surface connue qui collecte les dépôts secs et humides (photo de droite).



Les poussières entraînées par les précipitations sont aussi récoltées en pluviomètres (photo ci-dessous).



L'ensemble de ces instruments constitue des éléments importants et complémentaires d'un réseau de surveillance radiologique.

En effet, les pluies qui lessivent l'atmosphère sont également un bon moyen de contrôle de la qualité de l'air ambiant ainsi que de son éventuelle

contamination radioactive.



Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les compartiments de l'atmosphère étudiés près des sites nucléaires de l'IRE et de Tihange : poussières de l'air, pluies récoltées en pluviomètres et en bacs de dépôt ainsi que près du site nucléaire de Chooz (Heer-Agimont) : pluies récoltées en pluviomètres et bacs de dépôt.

Ces contrôles, opérés près des installations nucléaires de l'IRE, de Tihange et de Chooz (collecteurs installés à Heer-Agimont à la frontière franco-belge sur la Meuse), montrent que la situation radiologique de l'air est excellente à proximité de ces sites.

Mesures de la radioactivité de l'atmosphère (air et pluie) du bassin Sambre – Meuse

		Poussières de l'air (Bq/m ³)		Pluie (Bq/l)		Bacs de dépôts (Bq/m ²)	
		mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM		$\sim 10^{-5}$		< 1		
			$(0,5 \text{ à } 2,1) 10^{-5} \rightarrow$ ^{134,137} Cs	NM	$0,2 \text{ à } 0,4 \rightarrow$ ^{134,137} Cs	NM	$2,4 \text{ à } 3,6 \rightarrow$ ^{134,137} Cs
			$(0,4 \text{ à } 1,0) 10^{-4} \rightarrow$ ¹⁰⁶ Ru		$2,3 \text{ à } 4,0 \rightarrow$ ¹⁰⁶ Ru		$23 \text{ à } 30 \rightarrow$ ¹⁰⁶ Ru
⁷ Be		$(2 \text{ à } 7) 10^{-3}$		NM	$2,5 \text{ à } 7,5$	NM (traces)	$24 \text{ à } 35$
β total	$(0,3 \text{ à } 1,0) 10^{-3}$		$\sim 0,5 10^{-3}$	$0,01 \text{ à } 0,15$ (filtrat)	$\sim 0,04$	$0,7 \text{ à } 10,0$ (filtrat)	$0,5 \text{ à } 1,1$
				$0,03 \text{ à } 0,16$ (dépôt filtre)	$0,03 \text{ à } 0,04$	$0,7 \text{ à } 6,8$ (dépôt filtre)	$0,7 \text{ à } 1,3$
α total	$(0,5 \text{ à } 1,0) 10^{-3}$		$(0,6 \text{ à } 0,7) 10^{-3}$	$0,03 \text{ à } 0,11$ (dépôt filtre)	$\sim 0,03$	$0,3 \text{ à } 2,2$ (filtrat)	$0,7 \text{ à } 2,9$
						$0,50 \text{ à } 5,0$ (dépôt filtre)	

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

De façon plus détaillée :

- La radioactivité naturelle est principalement responsable du niveau – très faible – de contamination radioactive de l'atmosphère. On mesure en effet très bien le ⁷Be (radioélément naturel cosmogénique) recherché à la demande de la CE – art. 36 du traité EURATOM. Les valeurs mesurées sont du même ordre de grandeur que celles observées dans d'autres pays européens (Suède, Luxembourg, France, Allemagne, Autriche, Italie, etc.) où elles varient en général de $1 \text{ à } 30 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$;
- En dehors de tout scénario d'accident, l'impact radiologique des installations nucléaires sur l'atmosphère et indirectement dans l'environnement est toujours négligeable voire non-mesurable : seules des traces d'émetteurs alpha et bêta (mesures en α et β totaux) – principalement d'origine naturelle – sont détectables. Ces teneurs sont tout à fait conformes à ce qui peut être mesuré dans d'autres pays européens : on note en effet dans la région parisienne des activités annuelles moyennes en alpha totaux inférieures à $0,15 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ d'air ;
- Près de l'IRE à Fleurus, de l'iode – ¹³¹I – est parfois mis en évidence dans les échantillons d'eau prélevés dans les bacs de dépôts installés sur le site près du bâtiment de Mediris : de $1,2 \text{ à } 9,0 \text{ Bq/m}^2$ (avec en général de $4 \text{ à } 5 \text{ Bq/m}^2$ comme limite de détection) ; du bâtiment B12 situé à l'écart où l'on détecte certains mois un peu d'iode : $1,3 \text{ à } 3,1 \text{ Bq/m}^2$. Plus loin à l'extérieur du site, dans une ferme située à quelques kilomètres, l'iode radioactif est non-mesurable (la limite de détection est d'environ $4,7 \text{ Bq/m}^2$) ;
- Cet aspect du contrôle de la radioactivité atmosphérique est épaulé par les données de mesures en continu opérées par l'ensemble des balises « air » qui émaillent le territoire dans le cadre du réseau de mesure automatique TELERAD.

En synthèse :

- La radioactivité naturelle est principalement responsable du niveau de la radioactivité de l'air ;

- La centrale nucléaire de Tihange et les installations nucléaires du site de l'IRE ne créent pas d'impacts radiologiques mesurables sur leur environnement ;
- L'impact radiologique du site nucléaire de Chooz est totalement non-mesurable et peut dès lors être considéré comme nul.

3.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS

La radiocontamination des sols est due principalement aux retombées de matières radioactives présentes dans l'atmosphère (le plus souvent associées à des particules très fines ou à des aérosols) par dépôts sec ou humide (lessivage de l'atmosphère par les pluies).

Les échantillons de sols sont prélevés une fois par an près des sites nucléaires de l'IRE, de Tihange et de Chooz. Par endroit, le dépôt éventuel de radioactivité est recherché via des prélèvements d'herbes (dépôts surfaciques).

Autour de la botte de Givet, en territoire belge, un contrôle plus poussé vise à vérifier le bon état radiologique des zones agricoles et de leur production végétale. Ce contrôle s'inscrit dans le cadre de l'accord franco-belge sur la centrale électronucléaire de Chooz et les échanges d'informations en cas d'incident ou d'accident. Cet accord prévoit des dispositions relatives aux situations de crises nécessitant le déclenchement du Plan d'Urgence Nucléaire ainsi que des échanges réguliers d'informations traitant notamment de mesures radiologiques réalisées en Belgique et en France.

Les analyses portent sur la détection d'émetteurs gamma, bêta et alpha. Les limites de détection peuvent varier en fonction de la quantité et de la densité des sols prélevés, de la géométrie utilisée pour effectuer les mesures et du niveau d'activité global de l'échantillon.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les sols.

Mesures de la radioactivité des sols (prairies/sols de surface) du bassin Sambre – Meuse et de la production agricole autour de la botte de Givet

	Près des sites nucléaires		Autour de la botte de Givet (Chooz)			
	Prairies permanentes (Bq/m ²)		Zones agricoles * (Bq/kg sec)		Production agricole (Bq/kg sec)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	30 à 50	NM	< 1	NM	< 1
				0,3 à 0,5 → ⁶⁰ Co		0,22 à 1,4 → ⁶⁰ Co
				2,4 à 4,5 → ¹⁰⁶ Ru		1,6 à 10,4 → ¹⁰⁶ Ru
¹³⁷ Cs	790 à 1400	30 à 50	4,3 à 18,0		traces : 0,2 à 0,7	0,4 à 0,7
⁹⁰ Sr			1,1 à 9,1		0,08 à 2,70	
¹⁴ C					23 à 55	22 à 25
³ H org.					25 à 107	22 à 26
⁴⁰ K	(4,1 à 6,0) 10 ⁴		390 à 830		150 à 1400	

²²⁶ Ra	(2,2 à 3,7) 10 ³	34 à 53
²²⁸ Ra	(3,5 à 4,9) 10 ³	
²²⁸ Th	30 à 37 Bq/kg sec	30 à 42
²³⁵ U		0,3 à 3,0
²³⁸ U		11 à 25
^{238,(239+240)} Pu		NM 0,3 à 0,8
²⁴¹ Am		NM 0,6 à 0,8

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

** la densité des sols varie de 1,6 à 1,8 kg/litre, profondeur de prélèvement : 20 cm*

De façon plus détaillée :

- Les résultats montrent d'abord la large prépondérance de la radioactivité naturelle émise par le potassium 40 des sols qui se comporte chimiquement comme le potassium stable (le ⁴⁰K représente 0,0119% du potassium total) dont la concentration varie d'un sol à l'autre ainsi qu'en fonction des saisons. Les émetteurs alpha naturels (^{226,228}Ra, ^{234,235,238}U, ²²⁸Th) sont aussi régulièrement détectés ;

- En ce qui concerne la radioactivité artificielle, des traces de ¹³⁷Cs sont mesurées autour de la botte de Givet qui sont dues aux retombées de l'accident de Tchernobyl et à celles, beaucoup plus anciennes, des essais nucléaires en atmosphère (apogée durant les années 1960). Cela s'explique par la persistance du radiocésium dans l'environnement due à sa demi-vie physique longue de ~ 30 ans (demi-vie = temps nécessaire pour que 50% de la radioactivité disparaisse) ;

Un autre radioélément artificiel est mis en évidence : le ⁹⁰Sr. Cet émetteur bêta (demi-vie de ~ 29 ans) est toujours présent dans la biosphère suite aux essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère. Les prairies montrent des concentrations plus importantes (par rapport aux autres cultures) pour un type de sol donné ;

A noter également que pour 18 échantillons de végétaux sur 24, des traces de ³H sont détectées (en 2005 5 échantillons sur 24 présentaient de telles traces). Cette observation devra être vérifiée les années suivantes car cette détection peut-être liée à la baisse des limites de détection LD (Bq/kg de matière sèche) qui sont passées de 40-90 de 2002 à 2004, à 40-60 en 2005 et à 22-26 en 2006.

- En ce qui concerne les émetteurs alpha artificiels transuraniens (Pu et Am), ils ne sont pas mesurables.

En synthèse :

- La radioactivité naturelle est principalement responsable du niveau de contamination radioactive des sols ;
- Ni la centrale nucléaire de Tihange, ni les installations nucléaires du site de l'IRE, ni le site de Chooz ne créent d'impacts radiologiques mesurables sur leur environnement.

3.3 RADIOACTIVITÉ DES RIVIÈRES

Deux rivières sont concernées : la Meuse et la Sambre. La Meuse reçoit les rejets radioactifs du site nucléaire français de Chooz, de celui de Tihange et de l'IRE via son affluent la Sambre. Ces deux rivières collectent également les rejets radioactifs des hôpitaux et des laboratoires des grandes agglomérations telles que Namur, Huy, Liège, Charleroi, etc.

La Meuse constitue, après traitement, une source d'eau potable pour une partie importante des populations belge et hollandaise. A ce titre, on y recherche la radioactivité alpha et bêta totales. Des mesures de spectrométrie gamma sont également effectuées.

Ces contrôles sont d'autant plus d'actualité en raison de la mise en application prochaine de la directive européenne 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dont les annexes techniques traitant de la radioactivité devraient être publiées courant 2008.



Les eaux sont prélevées automatiquement par les collecteurs indépendants (ppmos) installés dans les containers des balises rivière TELERAD (photos ci-contre à gauche).

Afin d'évaluer le potentiel fixateur de la radioactivité des matières en suspension et des fines particules de sédiments qui constituent un compartiment important pour la fixation des radioéléments, des analyses sont effectuées sur les sédiments collectés mensuellement dans des bacs à sédimentation (photo à droite).

Ces bacs sont installés à demeure dans les containers des balises TÉLERAD de mesure en continu de la radioactivité gamma des rivières.



Ils récupèrent en continu les particules en suspension dans l'eau via un by-pass sur le circuit de pompage d'eau des balises TÉLERAD.

Les échantillonnages portent également sur la biocénose aquatique : mousses (*Cinclidotus danubicus*), plantes aquatiques (si disponibles) et mollusques bivalves (*Dreissena polymorpha*) qui sont de bons indicateurs biologiques ou « bioindicateurs » de la présence de radioactivité. En effet, les mousses et les végétaux aquatiques sont particulièrement sensibles à court et à moyen termes aux rejets liquides car ces organismes ont un potentiel élevé de concentration des éléments chimiques stables ou radioactifs. Les *Dreissena*, comme tous les mollusques bivalves filtreurs, sont de très bons intégrateurs de la radioactivité sur des périodes de temps moyennes (de l'ordre du mois).

Les points de prélèvement et de contrôle de la radioactivité des eaux, des sédiments et de la biocénose ont été choisis de manière à pouvoir vérifier l'impact radiologique des installations nucléaires le long du cours de la Meuse et de la Sambre :

- Le site de Floriffoux (*Flo*) intègre les rejets de Fleurus (IRE) et de Charleroi sur la Sambre ;
- Les sites de Heer-Agimont (*H-Ag*) ou de Waulsort (*Wau*) pour la flore mosane intègrent les rejets de la centrale nucléaire française de Chooz ainsi que ceux des hôpitaux situés en France dans le bassin mosan ;
- Le site d'Andenne (*And*) intègre l'apport de la Sambre ainsi que les rejets des hôpitaux des agglomérations de Namur et de Charleroi ;
- Le site de Huy (*Huy*) permet d'avoir une image radiologique du fleuve en amont de la centrale de Tihange ;
- Les sites d'Ampsin (*Amp*) ou de Amay (*Ama*) et de Flémalle (*Flé*) pour la flore mosane, situés en aval de la centrale nucléaire de Tihange, permettent par comparaison avec les données de Huy de contrôler l'impact radiologique des rejets liquides de Tihange sur la Meuse ;
- Le site de Monsin (*Mon*), en aval de Liège, intègre quant à lui l'apport des hôpitaux liégeois ;
- Le site de Lixhe (*Lix*) intègre l'ensemble des apports belges à la frontière hollandaise.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Mesures de la radioactivité des rivières du bassin Sambre – Meuse

	Eaux (Bq/l)		Sédiments (Bq/kg sec)		Faune (<i>D. polymorpha</i>) (Bq/kg frais)		Flore (Bq/kg frais)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	≤ 1	NM	< 3	NM	1 à 5	NM	4 à 30
^{137}Cs	NM	0,11 à 0,15	3 à 13 (Flo) 7 à 17 (H-Ag) 5 à 12 (And) 8 à 42 (Amp) 10 à 55 (Lix)	~3	NM	1 à 3	NM 5 à 16 (mousses à Amp & Flé) NM (plantes)	3 à 11 4 à 11 (mousses) 3 à 7 (plantes)
^{131}I	NM	0,21 à 0,24	80 à 180 (Flo) NM (H-Ag) 23 à 330 (And) 37 à 270 (Amp) 60 à 700 (Lix)	100 à 400				

^3H	NM (Flo) 12 à 27 (H-Ag) 8 à 22 (And, Huy) 7 à 33 (Amp) 8 à 27 (Mon) 8 à 27 (Lix)	~ 7		NM	2 à 5	NM (mousses) 7 à 15 (mousses à Flé) NM (plantes) traces (plantes à And & Ama)	5 à 12 5 à 9
	α total		0,04 à 0,06				
^{226}Ra			30 à 50	5 à 7 (Huy, And, Lix) 20 à 30 (Flo)	7 à 10	20 à 140 200 à 650 (And & Flé) traces	7 à 15
^{228}Ra			38 à 74	3 à 7 (Huy, And, Lix) 10 à 20 (Flo)	7 à 10	23 à 140 (mousses) NM (plantes)	10 à 30
β total (résiduel)	NM (Flo) 0,02 à 0,13 (H-Ag) 0,03 à 0,018 (And, Huy) 0,05 à 0,07 (Amp) 0,04 à 0,10 (Mon, Lix)	0,04 à 0,06					
^{40}K	0,16 à 0,26 (Sambre) 0,05 à 0,15 (Meuse)		330 à 710	10 à 120	20 à 30	250 à 1700	

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)
 β total résiduel : β total hors ^{40}K

De façon plus détaillée :

- Les résultats obtenus montrent que l'on détecte régulièrement la présence de radioactivité naturelle et, en ce qui concerne la radioactivité artificielle, principalement du ^3H dans les eaux : on mesure des teneurs en ^3H pouvant aller jusqu'à 33 Bq/l en aval des centrales nucléaires ;
- Dans les sédiments : le ^{40}K fluctue de 300 à 700 Bq/kg sec, le ^{228}Ra fluctue de 40 à 74 Bq/kg sec (le ^{228}Th de 27 à 50 Bq/kg sec) ;
- De l' ^{131}I est mis en évidence dans les matières en suspensions prélevées en aval des grandes agglomérations ce qui est la signature des rejets hospitaliers ;
- Dans la flore et la faune (mousses et *D. polymorpha*) : le ^{40}K est mesuré à des concentrations allant de 250 à 1700 Bq/kg frais dans les mousses et les plantes aquatiques, 10 à 120 Bq/kg frais dans les bivalves ;
- Des traces de ^{137}Cs et de ^3H sont parfois détectées dans les échantillons de mousses et de plantes prélevés le long des berges des rivières.

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (^{40}K , et dans une moindre mesure $^{226,228}\text{Ra}$ et ^{228}Th) est principalement responsable du niveau de contamination radioactive des différents compartiments des rivières ;
- La centrale nucléaire de Tihange, celle de Chooz en France et les installations nucléaires du site de l'IRE ne créent pas d'impacts radiologiques significatifs sur leur environnement ;
- Seul le ^3H est mesuré en routine dans les eaux mosanes mais il reste à des concentrations inférieures à la valeur paramétrique de 100 Bq/l définie dans la Directive européenne 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

4. LE BASSIN DE LA NETE ET DE L'ESCAUT

L'Escaut reçoit les rejets radioactifs de plusieurs sites nucléaires (4 réacteurs de puissance à Doel, le SCK•CEN à Mol, les sites de Belgoprocess, de Belgonucléaire et de FBFC International à Mol et à Dessel) et non-nucléaires (hôpitaux de grosses agglomérations comme Anvers par exemple, usine de fabrication d'engrais chimiques près de Tessenderlo).

Toute une série d'échantillonnages est effectuée dans cette région près des sites nucléaires de Doel sur l'Escaut, de Mol-Dessel près de la Molse Nete et du site non-nucléaire de Tessenderlo près du Grote Laak et du Winterbeek, tous affluents de la Grote Nete, elle-même affluent du Ruppel qui se jette dans l'Escaut :

- Compartiment atmosphérique : prélèvements de poussières de l'air (filtres), de pluie et de dépôts secs ou humides près des sites de Mol-Dessel et de Doel ;
- Compartiment sol : prélèvements près des sites nucléaires de Mol-Dessel et de Doel ;
- Compartiment rivière : eaux, sédiments et échantillons de la faune et de la flore du Grote Laak, du Winterbeek, de la Molse Nete, de la Grote Nete, du Ruppel et de l'Escaut près de Doel.

Globalement :

- L'air aux environs des installations nucléaires ne présente aucun problème radiologique. Les teneurs mesurées sont toutes inférieures ou voisines des seuils de détection – très bas – des appareils de mesure ;
- Les mesures de la radioactivité de la pluie montrent que l'on peut détecter de très faibles quantités de radioactivité (principalement due à la radioactivité naturelle) et ce, de par les seuils de détection auxquels arrivent les appareils de mesure ;
- La situation radiologique de l'Escaut est bonne ;
- L'impact radiologique des installations nucléaires sur les eaux de rivières du bassin de l'Escaut est négligeable et sans conséquences sanitaires pour la santé humaine. Néanmoins, les eaux du bassin de la Nete (Molse Nete) doivent être soumises à des contrôles plus stricts en raison des rejets liquides de radioactivité artificielle du site de Mol-Dessel et de ceux de radium des installations de Tessenderlo (Grote Laak, Winterbeek). Pour le Grote Laak et le Winterbeek leurs teneurs en ^{226}Ra (et sa concentration dans les sédiments et les boues) sont particulièrement à surveiller ;

Plus précisément :

- La radioactivité en certains radioéléments (dont le ^3H) dans les eaux de la Molse Nete est anormalement élevée, bien que les activités industrielles nucléaires dans la région de Mol-Dessel respectent les limites de rejets fixées ;
- La radioactivité naturelle due au ^{226}Ra (hautement radiotoxique de période physique très longue – 1620 ans, ayant comme descendants le ^{222}Rn gazeux, le ^{210}Pb – 22 ans de période physique) dans les Grote Laak et Winterbeek ainsi que dans la Grote Nete (et dans une moindre mesure le Ruppel) est non-négligeable. Aussi, la situation radiologique du réseau hydrographique de la Nete doit être contrôlée de manière assidue.

- Les anomalies radiologiques observées pour le ^{226}Ra s'additionnent à un problème en réalité plus important : celui d'une forte pollution chimique par des métaux lourds. Bien que les installations qui opèrent des rejets dans ces cours d'eau aient fait de gros efforts en ce qui concerne le traitement de leurs eaux usées pour diminuer leur impact radiologique sur les écosystèmes, les quantités de radioactivité qu'elles rejettent, qui se surajoutent à un « historique », ne sont toujours pas négligeables et devraient être diminuées.

Même si ces eaux ne peuvent être destinées comme telles à la consommation humaine, on ne peut en effet exclure totalement que des effets biologiques néfastes puissent se manifester, dans la mesure où elles baignent des zones habitées et agricoles (berges, zones de dépôt de boues de dragage, etc.) qui peuvent être contaminées localement, surtout chimiquement, avec risque de transfert dans la chaîne alimentaire. Des contaminations sensibles des berges ont en particulier déjà été constatées le long de la Grote Laak et du Winterbeek, dont le débit est fixé en quasi-totalité par les rejets d'effluents liquides du complexe de Tessenderlo.

Des études menées en parallèle à l'AFCN sont en cours afin de vérifier la localisation exacte des sites touchés et devraient dégager des stratégies permettant de restaurer si nécessaire une qualité radio-chimique plus acceptable pour ces écosystèmes.

4.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les compartiments de l'atmosphère étudiés : poussières de l'air, pluies récoltées en pluviomètres et bacs de dépôt.

Ces contrôles sont opérés près des installations nucléaires de Doel et de Mol-Dessel et ne révèlent aucun problème radiologique.

De façon plus détaillée :

- La radioactivité naturelle est principalement responsable du niveau – très faible – de contamination radioactive de l'atmosphère. On suit en effet très bien le ^7Be (radioélément naturel cosmogénique) ;
- L'impact radiologique des installations nucléaires sur l'atmosphère et indirectement sur l'environnement est négligeable voire non-mesurable : seules des traces d'émetteurs alpha et bêta (mesures en α et β totaux) – principalement d'origine naturelle – sont détectables près des sites nucléaires de Doel et de Mol-Dessel ;
- Cet aspect du contrôle de la radioactivité atmosphérique est épaulé par les données de mesures en continu opérées par l'ensemble des balises « air » qui émaillent le territoire dans le cadre du réseau de surveillance automatique TELERAD.

En synthèse :

- La radioactivité naturelle est principalement responsable du niveau de la radioactivité de l'air ;
- La centrale nucléaire de Doel, les installations nucléaires du site de Mol-Dessel ne créent pas d'impacts radiologiques mesurables dans l'atmosphère.

Mesures de la radioactivité de l'atmosphère (air et pluie) du bassin Nete - Escaut

	Poussières de l'air (Bq/m ³)		Pluie (Bq/l)		Bacs de dépôts (Bq/m ²)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	$\sim 10^{-5}$	NM	0,05 à 0,50	NM	2 à 14 1,8 à 2,5 → ^{134,137} Cs
⁷ Be	(1,3 à 3,7) 10 ⁻³		0,3 à 3,5	$\sim 0,4$	10 à 180	~ 15
β total	(25 à 100) 10 ⁻⁵	$\sim 5 \cdot 10^{-5}$	0,03 à 0,22 (filtrat) 0,01 à 0,15 (dépôt filtre)		0,8 à 9,0 Mol (filtrat) 1,7 à 4,0 Doel (filtrat) 0,6 à 6,9 (dépôt filtre)	$\sim 0,10$
α total	(1,3 à 3,3) 10 ⁻⁵	$\sim 5 \cdot 10^{-6}$	0,003 à 0,030 (filtrat) 0,001 à 0,125 (dépôt filtre)		0,04 à 1,18 Mol (filtrat) 0,25 à 0,85 Doel (filtrat) 0,08 à 1,70 (dépôt filtre)	$\sim 0,02$

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

4.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS

Les échantillons de sols sont prélevés dans des prairies une fois par an près des sites nucléaires de Doel et de Mol-Dessel. Le dépôt éventuel de radioactivité est recherché via des prélèvements d'herbes et de sol de surface (dépôts surfaciques).

Les analyses portent sur la détection d'émetteurs gamma, bêta et alpha. Les limites de détection peuvent varier en fonction de la quantité et de la densité des sols prélevés, de la géométrie utilisée pour effectuer les mesures et du niveau d'activité global de l'échantillon.

De façon plus détaillée :

- Les résultats montrent d'abord la large prépondérance de la radioactivité naturelle émise par le potassium 40 des sols qui se comporte chimiquement comme le potassium stable (le ⁴⁰K représente 0,0119% du potassium total) dont la teneur varie d'un sol à l'autre ainsi qu'en fonction des saisons. Les émetteurs alpha naturels (^{226,228}Ra, ^{234,235,238}U, ²²⁸Th) sont aussi régulièrement détectés ;
- En ce qui concerne la radioactivité artificielle, des traces de ¹³⁷Cs sont mesurées dans les sols qui sont dues aux retombées de l'accident de Tchernobyl et à celles, beaucoup plus anciennes, des essais nucléaires en atmosphère (apogée durant les années 1960) ; Les émetteurs alpha artificiels transuraniens (Pu et Am) ne sont pas mesurables.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les sols (prairies/sols de surface).

Mesures de la radioactivité des sols (prairies/sols de surface) du bassin Nete - Escaut

	Site de Doel (Bq/m ²)	Site de Mol-Dessel (Bq/m ²)	LD
	mesure	mesure	
γ	NM	NM	30 à 40
¹³⁷ Cs	230 à 350	390 à 570	
⁴⁰ K	(23 à 34) 10 ³	(8 à 12) 10 ³	
²²⁶ Ra ²²⁸ Ra	(1,2 à 1,9) 10 ³	450 à 920	
²²⁸ Th	(1,2 à 1,9) 10 ³	400 à 600	
²³⁵ U ²³⁸ U		NM 380 à 560	~ 30
^{238,(239+240)} Pu		NM	30 à 40
²⁴¹ Am		NM	~ 70

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (K, Ra, U, Th) est principalement responsable du niveau de contamination radioactive des sols ;
- Dans la région de Mol-Dessel, seule la radioactivité naturelle (uraniums) est détectable. On ne retrouve pas dans les sols des quantités détectables d'éléments lourds appartenant à la famille des américium et plutonium qui auraient pu être rejetés par les installations du site qui réuni celles de Belgoprocess 1 (Cilva – incinérateur de déchets solides, Pamela – usine de vitrification de déchets à hauts niveaux de radioactivité), celles de Belgoprocess 2 (ancienne installation de traitement des déchets liquides du SCK•CEN) et celles de la Belgonucléaire concernée par des rejets d'émetteurs alpha et de Pu. A noter que FBFC International – fabrique de combustible nucléaire enrichi en ²³⁵U et à présent de MOX – n'est pas concernée ici car ses rejets atmosphériques sont négligeables en terme d'activité ;
- La centrale nucléaire de Doel et les installations nucléaires du site de Mol-Dessel ne créent pas d'impacts radiologiques mesurables sur leur environnement (par la voie des rejets atmosphériques).

4.3 RADIOACTIVITÉ DES RIVIÈRES

Plusieurs rivières sont concernées : la Molse Nete est un cours d'eau qui reçoit les rejets de Belgoprocess 2, l'installation de traitement des effluents radioactifs liquides du site de Mol-Dessel ; le Grote Laak et le Winterbeek qui reçoivent les rejets du site de fabrication d'engrais chimiques phosphatés de Kwaad-Mechelen et de Tessenderlo (rejets de ^{226}Ra) ; la Grote Nete dans laquelle se jette l'ensemble de ces cours d'eau ; le Ruppel où aboutit la Grote Nete et enfin l'Escaut qui draine l'ensemble du bassin de la Nete. Il reçoit les rejets de la centrale nucléaire de Doel et également les rejets radioactifs des hôpitaux et des laboratoires d'Anvers. L'Escaut finit par une zone estuarienne (marinisée) avant de se jeter dans la mer du Nord.

Belgoprocess 2 (ancienne installation de traitement des rejets liquides du SCK•CEN) reçoit pour traitement avant rejet tous les déchets radioactifs liquides des autres installations du site de Mol-Dessel (SCK•CEN, Belgoprocess, Belgonucléaire, FBFC). Les rejets dans la Molse Nete ne doivent pas dépasser 166 GBq/mois de radioactivité alpha, bêta et gamma selon la formule suivante :

$$2,5 [\alpha \text{ total}] + 0,4 [^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}] + 2,5 \cdot 10^{-5} [^3\text{H}] + [^{60}\text{Co}] + 1,5 [^{134}\text{Cs}] + 1,5 [^{137}\text{Cs}] + 0,1 [\beta] \leq 166 \text{ GBq/mois dans la rivière Molse Nete.}$$

avec $[\beta] = [\beta \text{ total}] - ([^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}] + [^{60}\text{Co}] + [^{134}\text{Cs}] + [^{137}\text{Cs}])$

On recherche dans ces eaux la radioactivité alpha totale et bêta totale. Des analyses de spectrométrie gamma et des mesures spécifiques de radium sont effectuées. Les sédiments fraîchement déposés dans le lit des rivières et près des berges (bacs à sédimentation) sont également analysés.

Les échantillonnages portent aussi sur la biocénose aquatique : mousses (*Cinclidotus danubicus*), plantes et algues (si disponibles) d'eau douce mais aussi des moules marines (*Mytilus edulis*), des crevettes (*Crangon sp.*) et crustacés – pour ce qui concerne la partie estuaire de l'Escaut – qui sont de bons indicateurs biologiques ou « bioindicateurs » de la présence de radioactivité.

Les points de prélèvement et de contrôle de la radioactivité des eaux, des sédiments et de la biocénose ont été choisis de manière à pouvoir vérifier l'impact radiologique des installations nucléaires et non-nucléaires le long des cours d'eau cités préalablement :

- Sur le Winterbeek (*Win*) près du canal de rejet de Tessenderlo chimie ;
- Sur le Grote Laak (*GLa*) près des points de rejet de Tessenderlo chimie ;
- Sur la Molse Nete (*MNe*) près du point de rejet de l'émissaire de Belgoprocess 2 du site de Mol-Dessel ;
- Sur la Grote Nete (*GNe*) près de Geel qui draine les cours d'eau précédents ;
- Sur le Ruppel (*Rup*) près de Boom ;
- Sur l'Escaut (*Esc*) près de Doel ;
- Plus loin dans l'estuaire pour la faune (crevettes et moules marines) et la flore (algues – *Fucus vesiculosus*) : région de Kieldrecht près de Doel, Kloosterzande et Hoofdplaat situés sur la partie estuarienne de l'Escaut au nord de la frontière belgo-hollandaise (*Estu*).

Les résultats obtenus montrent que l'on détecte régulièrement la présence de radioactivité naturelle (^{226}Ra dans le Grote Laak et le Winterbeek) et en ce qui concerne la radioactivité artificielle principalement du ^3H dans la Molse Nete.

De façon plus détaillée :

- Dans les eaux de la Molse Nete, la radioactivité artificielle est due au ^3H qui fluctue de 10 à 300 Bq/l (rejets du site de Mol-Dessel). On détecte des traces de transuraniens ($^{238, (239+240)}\text{Pu}$ et ^{241}Am) de l'ordre de $1 \cdot 10^{-4}$ Bq/l (LD $\sim 10^{-4}$). La radioactivité naturelle est due au ^{40}K (quelques dixièmes de Bq/l) et à l' ^{234}U avec des concentrations de 0,001 à 0,005 Bq/l et à l' ^{235}U avec des concentrations de 0,0001 à 0,0004 Bq/l ;
- Dans les sédiments, la radioactivité est principalement d'origine naturelle (K et Ra). Le radium est aisément détectable – surtout dans le Grote Laak et le Winterbeek (points de rejets) avec des teneurs de 200 à 600 Bq/kg sec. Les teneurs décroissent plus on s'éloigne dans le bassin vers l'Escaut. La Molse Nete présente des traces de radioactivité artificielle (principalement du ^{137}Cs et des transuraniens – Pu et Am) apportée par les rejets liquides de Belgoprocess 2 (rejets qui respectent les limites autorisées). Rapidement, cette radioactivité devient très difficilement détectable plus on s'éloigne du point de rejet ;
- Dans la flore et la faune, le ^{40}K est la principale source de radioactivité. On détecte dans la Molse Nete (mousses et plantes aquatiques) la présence de ^{137}Cs et celle de traces de ^{90}Sr . Ils sont la signature des rejets de radioactivité artificielle du site de Mol-Dessel (rejets opérés par l'installation de Belgoprocess 2). En milieu estuarien (Escaut), des traces de ^{226}Ra sont détectées dans la faune et la flore marine.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Mesures de la radioactivité des rivières du bassin Nete - Escaut

	Eaux (Bq/l)		Sédiments (Bq/kg sec)		Faune (Bq/kg frais)		Flore (Bq/kg frais)		
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	
γ	NM	≤ 1	NM	< 3	NM	1 à 5 15 à 40 (^7Be)	NM	3 à 15 (MNe) 1 à 5 (Estu)	
^{137}Cs	NM	0,10 à 0,20	traces : 2 à 9 (Win, GLa) 60 à 160 (MNe) 14 à 120 (GNe) 7 à 10 (Esc)		NM (Estu)	1 à 3 (Estu)	10 à 16 (MNe) NM (Estu)	~ 2	
α total	0,9 à 1,5 (Win, GLa) 0,01 à 0,02 (MNe) 0,025 à 0,051 (GNe) 0,07 à 0,17 (Esc)	0,9 à 1,4 $\sim 0,01$ $\sim 0,025$ $\sim 0,09$							

	Eaux (Bq/l)		Sédiments (Bq/kg sec)		Faune (Bq/kg frais)		Flore (Bq/kg frais)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
^{238,(239+240)Pu}								
^{241Am}	traces (~ 10 ⁻⁴) (MNe)	(0,8 à 0,9) 10 ⁻⁴	4 à 30 (MNe)		NM (Estu)	0,06 à 0,19	NM (MNe) NM (Estu)	0,03 à 0,07 0,10 à 0,20
^{226Ra}	0,06 à 0,66 (Win, GLa) 0,006 à 0,010 (MNe) 0,0013 à 0,0025 (GNe) 0,006 à 0,017 (Rup) 0,008 à 0,019 (Esc)	0,005 0,0013 0,005 0,005	200 à 660 (Win, GLa) 25 à 70 (MNe) 16 à 70 (GNe) 50 à 60 (Esc)		traces (Estu)	3 à 4	traces (MNe) 6 à 17 (Estu)	~ 7
β total	0,8 à 1,7 (Win) 2,0 à 6,6 (GLa) 0,3 à 0,4 (MNe) 0,2 à 0,3 (GNe) 2,0 à 4,6 (Esc)	~ 1,1 ~ 1,1						
^{3H}	10 à 300 (MNe) 4 à 41 (GNe) 8 à 21 (Esc)	~ 7 ~ 2 ~ 8			NM (Estu)	~ 5	traces (MNe) NM (Estu)	~14 4 à 5
^{90Sr}			NM (MNe)	~ 7	NM (Estu)	~ 4	traces (MNe) NM (Estu)	~ 3 4 à 5
^{99Tc}							NM (Estu)	25 à 26
^{40K}	0,5 à 0,8 (Win) 2,4 à 6,4 (GLa) 0,23 à 0,26 (MNe) 0,15 à 0,21 (GNe) 1,6 à 4,2 (Esc)		170 à 320 (Win, GLa) 200 à 300 (MNe) 190 à 280 (GNe) 480 à 580 (Esc)		160 à 200 (crevettes) 350 à 550 (moules)		300 à 900 (MNe) 800 à 1200 (Estu)	

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (^{40}K et dans une moindre mesure ^{226}Ra et ^{228}Th) est principalement responsable du niveau de contamination radioactive des différents compartiments des rivières ;
- La centrale nucléaire de Doel ne crée pas d'impacts radiologiques mesurables sur l'Escaut ;
- La situation écologique de la Molse Nete est problématique du point de vue de la contamination chimique en général. Du point de vue radiologique, ce cours d'eau renferme des taux de radioéléments artificiels (césium et tritium entre autre), résultat de l'activité industrielle nucléaire du site de Mol-Dessel qui respecte néanmoins les limites de rejets qui lui ont été fixées. La situation semble par contre s'améliorer depuis quelques années ;

Il faut pondérer ce constat en remarquant que ces eaux ne peuvent être destinées comme telles à la consommation humaine. Par contre, elles baignent des zones agricoles qui peuvent être ainsi contaminées localement – surtout chimiquement (berges, zones de dépôt de boues de dragage, etc.). Il conviendrait de diminuer à l'avenir l'apport de contaminants chimiques et radioactifs.

5. LA ZONE MARITIME : LE LITTORAL BELGE

La mer du Nord reçoit directement, non seulement les effluents liquides des installations nucléaires françaises (centrales nucléaires de Gravelines, via la Manche ; celles de Paluel et de Flamanville et celle de l'usine de retraitement de la Hague) et anglaises (les centrales de Dungeness, de Bradwell et de Sizewell) mais constitue également l'aboutissement de plusieurs rivières recevant elles-mêmes des effluents radioactifs, entre autre la Meuse et l'Escaut pour la Belgique.

C'est pourquoi, elle est étroitement surveillée par tous les pays riverains, signataires des conventions d'Oslo et de Paris (OSPAR).

Plusieurs points de prélèvements ont été choisis en face de la côte belge où des campagnes de prélèvements d'eau de mer, de sédiments et de poissons de fond sont organisées 4 fois/an par le bateau océanographique « Belgica » (photo de droite, tirée du site de l'Unité de Gestion du Modèle Mathématique de la Mer du Nord – UGMM). Seize prélèvements sont opérés dans une frange allant de 5 à 25 km au large des villes de Coxyde, Nieuport, Ostende et Blankenberge (un point est situé à 37 km à l'aplomb de Wenduine près de Blankenberge). Les mesures réalisées portent sur un suivi des teneurs en radioéléments émetteurs alpha, bêta, gamma et en ^{40}K en ce qui concerne la radioactivité naturelle.



Sur la côte, on y prélève essentiellement des algues, des poissons, des mollusques et des crustacés, en raison de leur capacité d'accumulation et de concentration, pour y mesurer les principaux produits de fission et d'activation ainsi que les Th, Pu et U.

Les compartiments contrôlés sont :

- Compartiment terrestre : prélèvements de sols (prairies) près de Coxyde ;
- Compartiment marin : eaux, sédiments et échantillons de la faune (crustacés, bivalves, poissons) et de la flore (algues).

Globalement : les résultats obtenus montrent clairement que la situation radiologique de la zone maritime ne conduit à aucunes remarques particulières et ne demande aucunes actions. En effet, seule la radioactivité naturelle est mesurée (^{40}K), des traces de radioactivité artificielle (^{137}Cs et transuraniens dans les poissons) sont parfois détectées (au niveau des limites de détection des appareils de mesure) mais elles restent totalement négligeables.

5.1 RADIOACTIVITÉ DES SOLS

Les échantillons de sols sont prélevés en prairies une fois par an à Coxyde. Le dépôt éventuel de radioactivité est recherché via des prélèvements d'herbes et de sols de surface (dépôts surfaciques).

Les analyses portent sur la détection d'émetteurs gamma, bêta et alpha. Les limites de détection peuvent varier en fonction de la quantité et de la densité des sols prélevés, de la géométrie utilisée pour effectuer les mesures et du niveau d'activité global de l'échantillon.

De façon plus détaillée :

- Les résultats montrent d'abord la large prépondérance de la radioactivité naturelle émise par le potassium 40 des sols qui se comporte chimiquement comme le potassium stable (le ^{40}K représente 0,0119% du potassium total) dont la teneur varie d'un sol à l'autre ainsi qu'en fonction des saisons. Les émetteurs alpha naturels ($^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) sont aussi régulièrement détectés ;
- Pour ce qui est de la radioactivité artificielle, des traces de ^{137}Cs sont mesurées dans les sols qui sont dues aux retombées de l'accident de Tchernobyl et à celles, beaucoup plus anciennes, des essais nucléaires en atmosphère (apogée durant les années 1960). Les émetteurs alpha artificiels transuraniens (^{241}Am) ne sont pas mesurables.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les sols (prairies/sols de surface).

Mesures de la radioactivité des sols (prairies/sols de surface) du littoral belge

Site de Coxyde (Bq/m ²)		
	mesure	LD
γ	NM	30 à 40
^{137}Cs	500 à 800	
^{40}K	(12 à 18) 10 ³	
^{226}Ra ^{228}Ra	(0,4 à 0,8) 10 ³	
^{228}Th	(0,4 à 0,7) 10 ³	
^{241}Am	NM	~ 70

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (K, Ra, Th) est principalement responsable du niveau de contamination radioactive des sols ;
- Le ^{137}Cs est détecté ce qui est normal car il provient, comme déjà mentionné, des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires durant les années soixante ainsi que du passage du nuage radioactif de Tchernobyl. Par contre, les niveaux mesurés sont logiquement inférieurs à ceux trouvés dans le bassin Sambre – Meuse où les dépôts dus à Tchernobyl ont été un peu plus importants qu'en Flandre.

5.2 RADIOACTIVITÉ DU MILIEU MARIN

Seize points de prélèvements sont visités trimestriellement par le bateau océanographique « Belgica ». Ils sont situés dans une frange allant de 5 à 25 km au large des villes de Coxyde, Nieuport, Ostende et Blankenberge (un point est situé à 37 km à l'aplomb de Wenduine près de Blankenberge).

Des prélèvements d'algues (*Fucus vesiculosus*) sont effectués sur une jetée à Ostende, des crevettes (*Crangon sp.*) et des moules (*Mytilus edulis*) sont également échantillonnées.

Les mesures réalisées portent sur un suivi des teneurs en radioéléments émetteurs alpha, bêta, gamma et en ^{40}K en ce qui concerne la radioactivité naturelle.

Les prélèvements d'eau de mer sont effectués à l'aide de bouteilles « Niskin » (photo de droite).



Les sédiments sont remontés à l'aide d'une benne « Van Veen » (photo de gauche), sorte de grappin descendu sur le fond de la mer au bout d'un câble en acier, avec les mâchoires ouvertes. Dès que les mâchoires touchent le fond, le ressort qui maintient les mâchoires ouvertes est relâché. Au moment de la remontée, les mâchoires se referment et emprisonnent une quantité de sable ou de sédiments du fond de la mer.



A l'aide d'un chalut, des échantillons de la faune (poissons) sont récoltés pour être conditionnés en vue d'analyses ultérieures de radioactivité (photos de droite).



Les résultats obtenus confirment l'absence de problème quant à l'état radiologique de l'environnement marin.



De façon plus détaillée :

- Les résultats obtenus montrent que l'on détecte régulièrement la présence de radioactivité naturelle (^{40}K) ;
- Des traces de radioactivité artificielle (^{137}Cs , ^{60}Co , $^{238, (239+240)}\text{Pu}$) sont mises en évidence dans les sédiments marins et dans les poissons.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Mesures de la radioactivité du milieu marin : eaux et sédiments

	Eaux (Bq/l)		Sédiments (Bq/kg sec)	
	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	~ 0,1	NM	0,5 à 2,0
^{137}Cs	NM	0,09	1,0 à 2,5	1,0
^{60}Co	NM	0,10	traces 0,5 à 3,3	0,6 à 0,8
β total	10 à 11			
^{40}K	~ 12		200 à 400	
$^{226,228}\text{Ra}$	9 à 12			
$^{238,(239+240)}\text{Pu}$	NM	~ 3,0 10 ⁻⁴	0,13 à 0,55	~ 0,06
^{241}Am				

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

Mesures de la radioactivité du milieu marin : flore et faune

	Flore (algues) (Bq/kg frais)		Faune (moules et crevettes) (Bq/kg frais)		Faune (poissons) (Bq/kg frais)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	~ 0,2	NM	0,1 à 0,2	NM	0,1 à 0,3
^{137}Cs	NM	~ 0,2	NM	~ 0,1	traces	~ 0,2
^{60}Co	NM	~ 0,2	NM	~ 0,1	NM	~ 0,2
^{90}Sr	NM	0,2 à 0,3	traces	0,10 à 0,15	NM	0,10 à 0,15
^{40}K	150 à 250		50 à 80		110 à 120	
^{228}Ra	0,7 à 2,0	~ 0,5	NM	0,5 à 0,6	NM	~ 0,7
$^{238,(239+240)}\text{Pu}$	NM	~ 0,03	traces	0,02 à 0,03	traces	0,02 à 0,03
^{241}Am	NM	~ 0,04	traces	0,02 à 0,03	traces	0,03

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (^{40}K) est principalement responsable de la radioactivité des différents compartiments du milieu marin ;
- Les poissons contiennent des traces de ^{137}Cs et de $^{238,(239+240)}\text{Pu}$ - ^{241}Am , éléments transuraniens d'origine artificielle (produits et rejetés par l'industrie nucléaire de puissance – centrales nucléaires et rejetés par l'industrie nucléaire de retraitement de combustible usagé – usines de retraitement de La Hague en France et de Shellfield au Royaume Uni), toutes les teneurs sont au niveau des limites de détection.

6. LA ZONE DE RÉFÉRENCE

Des stations de prélèvement d'échantillons ont été choisies sur le territoire belge en regard de leur situation géographique qui les met à l'abri des rejets potentiels de radioactivité artificielle et/ou naturelle opérés par l'homme dans ses activités et qui regroupe une part importante de la population.

A ce titre, l'agglomération de Bruxelles avec son million d'habitants (1/10 de la population totale de la Belgique) a été retenue pour constituer une zone de référence.

Les compartiments contrôlés sont :

- Compartiment atmosphérique : prélèvements de poussières de l'air et de pluies ;
- Compartiment sol.

Globalement : les résultats obtenus montrent clairement que la situation radiologique de l'agglomération Bruxelloise est sans problèmes.

6.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les compartiments de l'atmosphère étudiés : poussières de l'air, pluies récoltées en pluviomètres et bacs de dépôt.

Mesures de la radioactivité de l'atmosphère (air et pluie) de la zone de référence

	Poussières de l'air (Bq/m ³)		Pluie (Bq/l)		Bacs de dépôts (Bq/m ²)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	$\sim 10^{-5}$ 0,3 10 ⁻⁵ (^{134,137} Cs) 2,5 10 ⁻⁵ (¹⁰⁶ Ru)	NM	< 0,5 ~ 0,09 (^{134,137} Cs) ~ 0,8 (¹⁰⁶ Ru)		
⁷ Be	(2 à 5) 10 ⁻³		traces : 0,4 à 3,5	~ 1,1		
β total	(0,3 à 0,8) 10 ⁻³		1,2 à 7,0 (filtrat) 0,6 à 6,2 (dépôt filtre)		0,9 à 18,0 (filtrat) 0,5 à 23,0 (dépôt filtre)	
⁴⁰ K			0,1 à 1,7 (filtrat)		0,2 à 7,0 (filtrat)	
³ H			traces (filtrat)	150	traces (filtrat)	150
α total			0,3 à 1,5 (filtrat) 0,1 à 2,5 (dépôt filtre)	~ 0,3	0,1 à 6,5 (filtrat) 0,06 à 10,0 (dépôt filtre)	~ 0,3

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

Les résultats obtenus montrent clairement que l'air dans l'agglomération de Bruxelles (site de l'ISP) ne présente aucun problème radiologique. Les teneurs mesurées sont toutes inférieures ou voisines des limites de détection – très basses – des appareils de mesure. Seule la radioactivité naturelle peut être mise en évidence.

En synthèse :

- La radioactivité naturelle est principalement responsable du niveau – très faible – de contamination radioactive de l'atmosphère. On suit en effet très bien le ^7Be (radioélément naturel cosmogénique) ;
- Cet aspect du contrôle de la radioactivité atmosphérique est épaulé par les données de mesures en continu opérées par l'ensemble des balises « air » qui émaillent le territoire dans le cadre du réseau de surveillance automatique TELERAD (situées à Bruxelles, Uccle, Dilbeek et Zaventem).

6.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS

Les échantillons de sols sont prélevés une fois par an sur le site de l'ISP à Bruxelles. Le dépôt éventuel de radioactivité est recherché via des prélèvements de sols de surface herbeux (dépôts surfaciques).

Les analyses portent sur la détection d'émetteurs gamma, bêta et alpha. Les limites de détection peuvent varier en fonction de la quantité et de la densité des sols prélevés, de la géométrie utilisée pour effectuer les mesures et du niveau d'activité global de l'échantillon.

De façon plus détaillée :

- Les résultats montrent d'abord la large prépondérance de la radioactivité naturelle émise par le potassium 40 des sols qui se comporte chimiquement comme le potassium stable (le ^{40}K représente 0,0119% du potassium total) dont la concentration varie d'un sol à l'autre ainsi qu'en fonction des saisons. Les émetteurs alpha naturels ($^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) sont aussi régulièrement détectés ;
- En ce qui concerne la radioactivité artificielle, des traces de ^{137}Cs sont mesurées dans les sols qui sont dues aux retombées de l'accident de Tchernobyl et à celles, beaucoup plus anciennes, des essais nucléaires en atmosphère (apogée durant les années 1960). Les émetteurs alpha artificiels transuraniens (^{241}Am) ne sont pas mesurables.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les sols (prairies/sols de surface).

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (^{40}K , $^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) est principalement responsable du niveau de contamination radioactive des sols ;
- Le ^{137}Cs est détecté car il provient comme déjà mentionné des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires durant les années soixante ainsi que du passage du nuage radioactif de Tchernobyl. Par contre, les niveaux mesurés sont logiquement inférieurs à ceux trouvés dans le bassin Sambre – Meuse où les dépôts dus à Tchernobyl ont été un peu plus importants.

Mesures de la radioactivité des sols (prairies/sols de surface) de la zone de référence

Site de l'ISP (Bruxelles) (Bq/m ²)		
	mesure	LD
γ	NM	20 à 30
¹³⁷ Cs	340	~ 30
⁴⁰ K	16 10 ³	
²²⁶ Ra ²²⁸ Ra	1200 à 1300	
²²⁸ Th	1600	

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

7. LA CHAÎNE ALIMENTAIRE : EAUX DE BOISSON, LAIT ET DENRÉES

Depuis le début des années 60, l'ISP (alors l'IHE – Institut d'Hygiène et d'Épidémiologie) a entrepris une étude de la radiocontamination de la chaîne alimentaire. Par la suite, ce programme a été repris par le SPRI (Service de Protection contre le danger des Radiations Ionisantes du Ministère des Affaires sociales, de la Santé publique et de l'Environnement) puis depuis 2001 par l'AFCN.

Des échantillons d'eaux de distribution ; de denrées alimentaires comme du lait, des viandes, des poissons de mer et de rivières ainsi que des légumes ; des repas de restaurants d'entreprises (repas témoins) sont régulièrement collectés. Ces échantillons sont ensuite analysés et leur teneur en radionucléides est déterminée.

La radioactivité artificielle des denrées alimentaires provient principalement de la présence éventuelle de produits de fission à longue durée de vie tels que le ^{90}Sr et le ^{137}Cs qui résultent essentiellement des essais nucléaires ayant eu lieu dans l'atmosphère dans les années 1960.

Dans le cas d'un accident (comme celui de Tchernobyl), une augmentation de la radiocontamination sera surtout provoquée à court terme par la présence éventuelle d' ^{131}I et à long terme par celle de ^{137}Cs , de ^{134}Cs , de ^{90}Sr , éventuellement de $^{103,106}\text{Ru}$, etc.

Les contrôles effectués en Belgique portent sur les compartiments suivants :

- Eaux de boisson : prélevées dans les réseaux de distribution (robinet) en des points répartis uniformément en Belgique afin de répondre à l'obligation de la CE de mettre en place un réseau dense (nombreux points, mesures de radioactivité classiques) et espacé (petit nombre de points, mesures de radioactivité de très bas niveaux) de contrôle (article 35/36 du traité EURATOM) ;
- Lait : prélevé également sur tout le territoire belge en laiteries et dans des fermes toujours pour répondre à l'obligation CE de mettre en place un réseau dense et espacé de contrôle ;
- Denrées alimentaires : des échantillons sont prélevés en grande distribution et sur des marchés. Des poissons marins sont contrôlés au départ de pêcheries sur la côte belge ;
- Des repas « témoins » sont prélevés mensuellement pour chaque région en Belgique (région Bruxelles Capitale, Flandre et Wallonie) dans des restaurants d'entreprise (obligation CE art. 35/36 du traité EURATOM – mise en place d'un réseau dense et espacé) pour être analysé radiologiquement.



Globalement, ce programme de contrôle démontre et confirme, après plusieurs dizaines d'années d'observations, que l'influence des installations nucléaires sur les denrées alimentaires n'est pas perceptible et que l'état radiologique du « panier de la ménagère » est tout à fait normal en Belgique.

7.1 RADIOACTIVITÉ DES EAUX DE BOISSON

Jusqu'en 1998 il n'y avait pas de normes européennes pour la radioactivité des eaux de boisson où le principe « ALARA » – « As Low As Reasonably Achievable » c.-à-d. aussi bas que raisonnablement réalisable – était d'application. Une recommandation de l'O.M.S. fixait néanmoins les niveaux suivants :



7800 Bq/litre en ^3H , 5 Bq/litre en ^{90}Sr , 20 Bq/litre en ^{60}Co , 6 Bq/litre en ^{131}I , 10 Bq/litre en ^{137}Cs , 1 Bq/litre en $^{226,228}\text{Ra}$, 0,1 Bq/litre en ^{232}Th , 4 Bq/litre en $^{234,238}\text{U}$, 0,3 Bq/litre en ^{239}Pu , etc.

Depuis novembre 1998, la Commission européenne a arrêté une directive portant la référence **98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine**. Cette directive traite des aspects microbiologiques, chimiques et radioactifs. En ce qui concerne ce dernier point, les annexes techniques précisant les analyses à effectuer ainsi que les modalités d'application de la directive sont toujours en cours de finalisation (publication probable courant 2008).

Par contre, la directive précise deux valeurs paramétriques à respecter : **100 Bq/litre en tritium** (^3H) et une **dose totale indicative – DTI – annuelle de 0,1 mSv** (cette dose ne tient pas compte dans son calcul de la contribution du tritium ^3H , du potassium ^{40}K , du radon ^{222}Rn et de ses produits de filiation le plomb ^{210}Pb et le polonium ^{210}Po pour les plus importants d'un point de vue radiologique). La dose est calculée sur base d'une ingestion annuelle de 730 litres d'eau pour les adultes ou les enfants de plus de 10 ans.

En ce qui concerne la nécessité ou non de calculer la dose totale indicative, on a retenu dans les projets des annexes techniques deux approches basées sur des valeurs de tri dites de « screening ». Les états membres pourront opter pour l'une ou l'autre en fonction de leurs habitudes et préférences en matière de surveillance radiologique de l'environnement et des populations. Ces valeurs « screening » permettront par contre de faciliter le contrôle des eaux et de ne pas multiplier inutilement des analyses coûteuses tout en s'assurant que les eaux distribuées répondent bien aux normes. Dans les deux cas, la valeur paramétrique de 100 Bq/litre pour le tritium sert aussi de valeur « screening ».

- La première approche, dite « globale », repose sur une évaluation de la radioactivité globale naturelle et artificielle avec des valeurs « screening » de 0,1 Bq/litre en alpha totaux et de 1 Bq/litre en bêta totaux. Ces valeurs permettront d'effectuer un « tri » rapide des eaux. En cas de dépassement de ces teneurs, il conviendra alors de vérifier si la radioactivité naturelle n'est pas responsable des niveaux mesurés et dans le cas contraire, il faudra alors analyser un maximum de radioéléments (spectrométries gamma, bêta et alpha).

C'est l'approche suivie par la Belgique dans le cadre de son programme de surveillance radiologique des eaux de boisson (avec en plus des analyses de spectrométrie gamma effectuées de manière systématique).

- La deuxième approche, dite « d'analyses spécifiques de radionucléides », repose sur la mesure d'un certain nombre de radioéléments (Uranium ; en β : ^{14}C et ^{90}Sr ;

en α : $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am ; en γ : ^{60}Co , $^{134-137}\text{Cs}$ et ^{131}I) dont les teneurs doivent être inférieures à 20% de la valeur de concentration de référence (qui correspond à la concentration d'un radioélément qui induirait seul la dose de 0,1 mSv).

En cas de dépassement de l'une ou l'autre valeur « screening », des analyses complètes en α , β et γ devront être effectuées afin de calculer la dose totale indicative en se servant des facteurs de conversion qui figurent dans les « Basic Safety Standards » de la Directive 96/29/EURATOM (pour une ingestion annuelle de 730 litres d'eau pour les adultes ou les enfants de plus de 10 ans).

La Belgique qui compte des centaines de points de captages, notamment en Wallonie dans de petites collectivités, va devoir mettre en place un plan général de contrôle de ses eaux de manière à pouvoir appliquer et respecter cette nouvelle directive.

Le programme de surveillance radiologique prend le devant et contrôle déjà la qualité des eaux distribuées par les plus gros distributeurs d'eau du pays. Les provinces où portent les contrôles sont les suivantes : le Brabant (Bruxelles), Liège (Liège), Namur (Namur), Hainaut (Fleurus), Luxembourg (Bastogne), Flandre orientale (Gand), Flandre occidentale (Poperinge), Anvers (Mol), Limbourg (Zepperen).

Le contrôle de la radioactivité porte sur les émetteurs alpha totaux, bêta totaux, les ^{226}Ra et ^{40}K (naturels) ainsi que le tritium ^3H (artificiel). Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre du contrôle de la radioactivité des eaux de boisson.

De façon plus détaillée :

- Seuls le ^3H et le ^{40}K peuvent être détectés, les mesures restent à peine supérieures aux limites de détection des appareils de mesure quand elles sont significatives ;
- Par endroit, les teneurs en α total dépassent la valeur screening de 0,1 Bq/litre qui représente un seuil de vigilance ;
- Les eaux de distribution sont tout à fait potables et répondent globalement aux normes européennes.

En synthèse :

- L'impact radiologique de l'industrie nucléaire n'est pas mesurable sur les eaux de consommation distribuées : elles répondent aux nouvelles normes mises en place par la directive européenne sur les eaux de boisson ;
- Il faut noter que la majeure partie de la radioactivité bêta est expliquée par la présence de ^{40}K , radioélément naturel dont la contribution ne doit pas être prise en compte pour le calcul de la dose délivrée à l'homme ;
- L'analyse plus fine des résultats du programme de surveillance radiologique montre que les eaux destinées à la consommation humaine sont globalement conformes aux normes mais que ponctuellement (notamment à Poperinge, à Bruxelles, à Gand et à Liège) une attention particulière doit être réservée aux teneurs en émetteurs alpha totaux, dont la plus grande contribution provient du ^{226}Ra (naturel), qui dépassent parfois la valeur screening de 0,1 Bq/litre. Même si cela ne conduit pas à un dépassement de la DTI, ces eaux doivent être plus particulièrement contrôlées. Idéalement, il conviendra dans le futur de « remonter » à la source afin d'identifier le ou les captages à l'origine de ces concentrations trop fortes en radium.

Mesures de la radioactivité des eaux de boisson

	Radioactivité des eaux (Bq/l)	LD (Bq/l)	Valeur « screening » (Bq/l)
^3H	NM (Bastogne, Fleurus)	~ 6	100
	traces : 11 (Namur)	~ 7	
	NM (Mol, Zepperen, Poperinge)	~ 4	
	NM (Liège)	~ 2	
	traces : 3 à 15 (Bruxelles, Gand)	~ 2	
β total résiduel *	0,03 à 0,12 (Bastogne, Fleurus)	0,03 à 0,05	1
	NM (Namur)		
	0,015 à 0,570 (Mol, Zepperen)		
	0,130 à 0,500 (Poperinge)		
^{40}K	0,02 à 0,16 (Gand, Bruxelles, Liège)	NA	
	0,03 à 0,34 (Bastogne, Fleurus)		
	0,06 à 0,12 (Namur)		
	0,10 à 0,11 (Mol)		
	0,16 à 0,44 (Zepperen, Poperinge)		
	0,02 à 0,09 (Gand, Bruxelles)		
α total	0,07 à 0,11 (Liège)	0,01 à 0,04	0,1
	traces (Mol)		
	0,05 à 0,08 (Zepperen)		
	0,38 à 0,47 (Poperinge)		
	NM (Bastogne, Namur)		
	0,07 à 0,11 (Fleurus)		
0,07 à 0,14 (Gand) & 0,06 à 0,13 (Bruxelles)			
0,08 à 0,15 (Liège)			
^{226}Ra	0,140 à 0,245 (Fleurus)	~ 0,020	0,1

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

* : bêta total moins ^{40}K

7.2 RADIOACTIVITÉ DU LAIT

Le lait est à la fois un aliment de grande consommation, par les nourrissons en particulier, et un important indicateur biologique du transfert des radionucléides chez l'homme via la chaîne alimentaire. C'est pourquoi il fait l'objet d'une surveillance particulière. Un contrôle régulier de la radioactivité du lait provenant de laiteries est préférable à un échantillonnage, souvent plus aléatoire, des aliments consommés. Cette mesure reflète assez bien l'ingestion totale moyenne de radionucléides artificiels par la population. En effet, les laiteries, disséminées sur le territoire, collectent le lait produit par les vaches qui jouent un rôle « d'intégrateur » de la radioactivité déposée ou fixée dans les plantes consommées. La contamination du lait donne ainsi une image assez fidèle et rapide de l'état de contamination radioactive d'un territoire.



En routine, la détection du ^{137}Cs présent dans un mélange de lait pondéré peut être suffisante afin de calculer la dose collective due à l'alimentation. On collecte, néanmoins, aussi du lait de fermes et de laiteries. Les laiteries retenues pour les prélèvements d'échantillons sont situées dans un rayon proche des centrales nucléaires (20 km) en fonction de l'importance de leur production. Elles intègrent pratiquement la totalité de la production laitière de la région.

Les fermes retenues sont, quant à elles, localisées dans l'axe des vents dominants près de sites nucléaires.

Chaque mois, un mélange national est réalisé à partir des principales laiteries belges. Ce mélange est pondéré en fonction de l'importance relative de chacune de celles-ci.

Les radionucléides principalement recherchés dans les échantillons de lait sont : le ^{40}K pour la radioactivité naturelle et les ^{90}Sr , $^{134,137}\text{Cs}$ et ^{131}I en ce qui concerne la radioactivité artificielle (émetteurs bêta et gamma).

De façon plus détaillée :

- Les résultats portant sur la radioactivité naturelle du lait montrent que la teneur moyenne d'un litre de lait reste constante à environ 48-53 Bq. Les autres radioéléments artificiels sont quasiment non détectables ;
- Le lait distribué en Belgique répond totalement aux limites fixées par la Commission Européenne : maximum 370 Bq/kg en ^{134}Cs et ^{137}Cs dans le lait et les produits dérivés du lait (Réglementation Communautaire en Radioprotection n° 737/90 du 22 mars 1990 prolongée par les règlements n° 686/95 du 28 mars 1995 et n° 616/2000 du 20 mars 2000).

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats obtenus.

Mesures de la radioactivité du lait en fonction des régions

	Territoire national	Bassin Sambre - Meuse		Bassin Nete - Escaut		LD (Bq/l)
	Mélange national	Régions de Fleurus, Tihange	Région de Chooz	Région de Mol - Dessel	Région de Doel	
	mesure (Bq/l)					
$^{134,137}\text{Cs}$	NM	NM	NM	NM	NM	0,1 à 0,5
^{131}I	NM	NM	NM	NM	NM	0,1 à 0,4
^{90}Sr	NM	traces	traces	NM	NM	0,02 à 0,06
^{40}K	48 à 53	48 à 55	47 à 53	39 à 52	42 à 51	

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

En synthèse :

- La radioactivité artificielle est non-mesurable pour les $^{134,137}\text{Cs}$ et ^{131}I , à peine détectable pour le ^{90}Sr (traces = résidu du « fallout » ou « retombées » des essais nucléaires atmosphériques; mesures au niveau des limites de détection) ;
- Les installations nucléaires n'ont aucun impact sur la qualité radiologique du lait ;
- La radioactivité naturelle (^{40}K) est de loin prépondérante.

7.3 RADIOACTIVITÉ DES DENRÉES



Un échantillonnage de différentes denrées alimentaires est effectué sur le territoire national en ciblant les petite et grande distributions, les marchés, les abattoirs, les poissonneries, etc.

Des légumes de consommation courante sont récoltés : laitues, poireaux, céleris, choux-fleurs, choux de Bruxelles, choux blanc, choux rouge, brocolis, haricots, carottes, chicons, tomates, concombres, poivrons, salsifis, navets, pommes de terre, champignons de couche, fruits, etc.

Des viandes en provenance de marchés et d'abattoirs sont également analysées : bœuf, veau, cheval, porc, volailles (dont poulet et dinde), lapin, agneau, chevreuil en saison. Dans un même animal, les organes concentrent différemment les radionucléides. Ces différences sont liées aux voies métaboliques empruntées par les radioéléments pour pénétrer et éventuellement se fixer dans l'organisme. A titre d'exemple, le césium se fixe principalement dans les muscles (et à plus long terme dans les os), le strontium se comporte comme le calcium et se fixe quant à lui dans les structures osseuses. Les facteurs physiologiques de concentration, les différences de teneurs en graisse et en eau des organes peuvent également influencer sur les mécanismes de concentration des radionucléides.

Cependant la partie comestible est, en général, constituée des muscles. Aussi, il suffit par exemple de s'intéresser à la teneur en radiocésium des muscles (viande) pour avoir une idée globale de la quantité de radioactivité pouvant être transférée à l'homme.

Des poissons sont également pris en compte en provenance de pêcheries et de poissonneries : poissons d'eau douce (tilapias, silures, etc.) et marins de pleine eau (thon, espadon, dorade, bar, loup de mer, cabillaud, hareng, merlan, raie, truite de mer, rouget, sébaste, lieu noir, saumon, etc.) et de fond (plie, sole, etc.).

De façon plus détaillée :

- Les données analysées révèlent le bon état radiologique des denrées consommées. En effet, les échantillons ne présentent pratiquement pas de radioactivité artificielle détectable (la majeure partie des échantillons mesurés ont des niveaux de radioactivité non-mesurables car inférieurs ou égaux aux limites de détection des appareils de mesure) ;
- Les résultats obtenus confirment amplement le constat positif dégagé pour les années précédentes : les denrées alimentaires mises en circulation en Belgique ainsi que la production nationale sont d'un niveau radiologique excellent, aucun problème n'est à mentionner. De plus, ces denrées répondent totalement aux limites fixées par la Commission européenne : concentration maximum de 600 Bq/kg en ^{134}Cs et ^{137}Cs (réglementation Communautaire en Radioprotection n° 737/90 du 22 mars 1990 prolongée par les règlements n° 686/95 du 28 mars 1995 et n° 616/2000 du 20 mars 2000).

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats obtenus.

Mesures de la radioactivité des denrées alimentaires du territoire belge (Bq/kg frais)

	Légumes		Poissons de mer		Poissons d'eau douce	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
¹³⁴ Cs	NM	~ 0,2 à 0,4	NM	1,0 à 3,4	NM	~ 1,1
¹³⁷ Cs	NM	~ 0,2 à 0,4	traces (1,0 à 10)	1,0 à 3,4	NM	~ 1,1
⁹⁰ Sr	traces (~ 0,05)	~ 0,03	NM	~ 0,03		
⁴⁰ K	90 à 200		50 à 130		100 à 130	

	Viandes rouges (bœuf, veau, cheval, agneau, porc)		Viandes blanches (volailles)	
	mesure	LD	mesure	LD
¹³⁴ Cs	NM	1,0 à 1,1	NM	1,0 à 1,1
¹³⁷ Cs	NM	1,0 à 1,1	NM	1,0 à 1,1
⁹⁰ Sr	NM	0,02 à 0,04	NM	~ 0,06
⁴⁰ K	100 à 200		100 à 200	

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

En synthèse :

- Les mesures effectuées sur des denrées de consommation courante en Belgique n'appelle aucuns commentaires particuliers concernant l'état radiologique de ces dernières. Ce contrôle s'avère néanmoins nécessaire car il constitue un bon outil de détection d'un incident ou d'un accident nucléaire, les produits mesurés jouant souvent le rôle d'indicateurs d'une pollution radioactive ;
- Les auteurs du présent rapport renvoient le lecteur aux rapports spécifiques à la chaîne alimentaire mis à disposition du public sur le site Internet de l'AFCN à l'adresse : http://fanc.fgov.be/newfanc/fr/publications_sur_radio.htm, intitulé « Surveillance radiologique du territoire – Rapport de synthèse des données de la chaîne alimentaire, années 2000 à 2006 » ;

Le rapport 2006 reprend les données obtenues dans le cadre de la surveillance du territoire augmentées de celles fournies par l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire ; ainsi, près de 480 échantillons de denrées alimentaires ont été contrôlés et les données analysées et interprétées ;

Les conclusions principales de ce(s) rapport(s) sont reprises par après :

*Ce programme de contrôle renforcé met en évidence, comme cela était déjà le cas lors des années précédentes, le fait que **l'influence des installations nucléaires** (centrales nucléaires de Doel et de Tihange, sites nucléaires de Mol/Dessel et de l'IRE à Fleurus) **n'est pas perceptible** sur les mesures de la radioactivité des denrées alimentaires.*

L'état radiologique des denrées alimentaires contrôlées est excellent avec pratiquement jamais de radioactivité artificielle décelable et ce, malgré des limites de détection qui sont particulièrement faibles en ce qui concerne la détection de la radioactivité.

D'une manière générale, sur environ 480 échantillons mesurés en 2006, seuls quelques échantillons présentent une teneur en radiocésium (^{137}Cs) "mesurable" bien que restant au niveau des limites de détection. Dans le reste des échantillons aucune radioactivité artificielle n'a pu être détectée.

En ce qui concerne les échantillons où des traces de ^{137}Cs sont détectées, ces mesures ne sont en général pas significatives car elles sont entachées d'une erreur du même ordre de grandeur que celui de la mesure elle-même et que de plus elles restent de l'ordre des limites de détection habituelles.

Des baies sauvages et des myrtilles présentent des teneurs mesurables en ^{137}Cs (200 à 250 Bq/kg) deux à trois fois inférieures à la norme CE. Ces denrées ne présentent néanmoins pas de risques radiologiques significatifs. Leur consommation ne posera pas de problème d'autant plus qu'elle reste ponctuelle et liée à une période précise de l'année.

*Ces analyses permettent de **conclure en l'absence de toute radioactivité artificielle significative** dans les denrées analysées. Une approche "pessimiste", donc conservatrice, confirme ces résultats.*

Dès lors, on peut affirmer sur base du contrôle de routine effectué que la santé du consommateur n'est absolument pas mise en danger par le biais de la consommation des denrées alimentaires distribuées sur le territoire belge.

7.4 RADIOACTIVITÉ DES REPAS TÉMOINS

Des repas « témoin » sont prélevés mensuellement en région Bruxelles Capitale, en Flandre et en Wallonie dans des restaurants ou des mess d'entreprise (obligation CE art. 35/36 du traité EURATOM – mise en place d'un réseau dense et espacé) pour être analysés radiologiquement.



Le tableau qui suit présente les résultats de ces contrôles.

Mesures de la radioactivité des repas témoin (Bq/repas)

	Bruxelles (ISP)		Wallonie (Fleurus)		Flandre (SCK•CEN)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
$^{134,137}\text{Cs}$	NM	0,12 à 0,13	NM	~ 0,13	NM	~ 0,25
^{90}Sr	NM	~ 0,02	traces 0,03 à 0,05	~ 0,03	NM	~ 0,40
^{40}K	35 à 60		30 à 70		30 à 90	
^{14}C	NM*	~ 1*	NM*	~ 1*	NM*	~ 1*

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

* exprimé en Bq ^{14}C / g de C stable

En synthèse :

Les résultats obtenus confirment le constat tiré de l'analyse de la radioactivité des denrées alimentaires : pas de problème radiologique pour les consommateurs belges.

8. CONTRÔLE DE LA DOSIMÉTRIE PRÈS DES SITES NUCLÉAIRES

La dosimétrie est effectuée à l'aide de TLD (dosimètres thermoluminescents) implantés à environ 1 m du sol en divers points du territoire situés aux environs immédiats des sites nucléaires et dans des agglomérations voisines afin d'obtenir une image réaliste de la dose ambiante reçue par la population (photo de droite). Ils sont remplacés en général tous les 2 mois afin d'en effectuer la mesure.



Ces dosimètres mesurent essentiellement le rayonnement gamma naturel tellurique et cosmique (comme le font les balises TELERAD de dosimétrie ambiante). Les doses annuelles varient en fonction de la nature des roches, elles sont en général plus élevées dans des terrains anciens composés de roches cristallines. De plus, ces dosimètres enregistrent également une exposition au Radon, gaz radioactif naturel qui se dégage de certains sols (notamment en sols rocheux comme en Ardenne).

Globalement, la dosimétrie montre que les doses restent en général inférieures ou égales à 1 mSv/an.

Les doses enregistrées aux abords des sites nucléaires sont donc dues à une origine naturelle - rayonnement naturel tellurique et cosmique - comme le confirment les résultats de mesures en continu obtenues par le réseau TELERAD, avec des doses légèrement supérieures à 1 mSv/an en Ardenne et de l'ordre de 0,8 à 0,9 mSv/an en Flandre (chapitre 1, point 1.4 du présent rapport).

On peut en conclure que les installations nucléaires n'ont pas d'impact dosimétrique mesurable sur leur environnement.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Mesures moyennes de dosimétrie ambiante (TLD) exprimée en mSv/an

Site de l'IRE	Site de Tihange	Région de Tihange	Région de Doel	Site du SCK•CEN	Région de Chooz	Bruxelles
	0,70 ± 0,11					
0,78 ± 0,05	1,38 ± 0,02 (près bât. Stockage déchets)	0,79 ± 0,03	0,78 ± 0,18	0,83 ± 0,28	0,86 ± 0,14	0,80

En synthèse :

- La dosimétrie ambiante autour de l'IRE est réalisée en 12 points à l'aide de TLD relevés tous les 2 mois et implantés sur la clôture. Les doses enregistrées fluctuent autour de 0,78 mSv/an. Ce niveau de bruit de fond confirme que le site n'a aucune incidence sur la dose ambiante ;
- La dosimétrie ambiante autour du site du SCK•CEN est réalisée en 31 points à l'aide de TLD relevés tous les 3 mois. Les doses enregistrées sont en moyenne de l'ordre de 0,83 mSv/an. Ce niveau de bruit de fond confirme que le site n'a aucune incidence sur la dose ambiante ;
- La dosimétrie autour de Tihange est effectuée à l'aide de TLD relevés tous les 2 mois et implantés en 25 points autour du site (en bordure du site au niveau des clôtures) ainsi que dans diverses agglomérations ou lieux situés à proximité du site nucléaire : Tihange, Ampsin, Amay, Solière (situé entre Huy et Andenne) et la centrale hydroélectrique de Socolie ;

Pour le site nucléaire, les doses enregistrées sont en moyenne de l'ordre de 0,70 mSv/an. Dans les agglomérations voisines situées en zones rocheuses, les doses enregistrées (~ 0,79 mSv/an) sont un peu plus élevées (lié à la nature du sol plus riche en radioactivité naturelle) ;

Pour Socolie, station située en aval de la centrale sur les bords de Meuse, les doses sont systématiquement plus faibles : en moyenne elles sont de 0,6 mSv/an. Cette diminution du bruit de fond doit être mise en corrélation avec la nature du sous-sol (remblais et béton des berges) ainsi qu'à la présence d'une masse importante d'eau (le fleuve lui-même) à proximité immédiate.

On peut donc en déduire que la centrale nucléaire de Tihange n'induit pas une augmentation de la dose ambiante ;

- La dosimétrie ambiante autour de Doel est réalisée à l'aide de 10 TLD relevés tous les 2 mois et implantés en plusieurs points situés aux alentours en diverses localisations (Doel, Kieldrecht, le fort Lillo, une raffinerie etc.) ;

Les doses enregistrées fluctuent en moyenne autour de 0,78 mSv/an. Ce niveau de bruit de fond confirme que la centrale n'a, comme à Tihange, aucune incidence sur la dose ambiante.

- La dosimétrie autour de Chooz est effectuée à l'aide de TLD relevés tous les 2 mois et implantés en 8 points autour du site dans diverses agglomérations en Belgique (situées en ligne droite entre 5 et 8 Km de la centrale française) : Heer-Agimont, pour l'est de la botte de Givet à Massembré, Feschaux, Winenne, Felenne, Bourseigne-Vieille et pour l'ouest de la botte de Givet à Petit Doische et Vaucelles ainsi qu'en 12 autres points (TLD relevés semestriellement) à Watou, Rosee, Oignies en Thierache, Houyet, Lo, Heer-Agimont, Hastière, Gedinne, Furnes, Philippeville, Dinant et Beauraing ;

Les doses enregistrées sont du même ordre de grandeur bien qu'un peu plus élevées que dans la région de Tihange : elles fluctuent en moyenne autour de 0,86 mSv/an. Cette relative élévation de la dose est directement due à la nature rocheuse du sous-sol, la centrale française n'étant pas responsable de l'augmentation de la dose ambiante ;

- La dosimétrie réalisée dans l'agglomération de Bruxelles (1 TLD) montre que la dose 2006 était de 0,80 mSv/an.

- L'ensemble de ces résultats confirment les données fournies par le réseau TELERAD (chapitre 1, point 1.4 du présent rapport).

9. SUIVI DES REJETS DES SITES NUCLÉAIRES

Les effluents provenant des installations de traitement des déchets liquides sont contrôlés dans le cadre du programme de surveillance radiologique du territoire. Ces contrôles sont menés sur des prélèvements effectués par l'opérateur et/ou par l'institut chargé pour l'Agence de la mesure de radioactivité.

Les exploitants des centrales nucléaires fournissent également des déclarations concernant les rejets atmosphériques opérés au niveau des cheminées. Ces rejets ne sont pas contrôlés directement via le programme de surveillance radiologique du territoire mais le sont par l'AFCN dans le cadre de ses contrôles de site (contrôles du bon fonctionnement des installations et du respect des autorisations d'exploitation).

Les sites surveillés :

- Sites nucléaires de puissance (Doel et Tihange) ;
- Sites de Mol-Dessel (Belgoprocess 2 – ancienne installation de traitement des déchets liquides du SCK•CEN, du SCK•CEN, de Belgoprocess, de Belgonucléaire et de FBFC International) ;
- Site de l'IRE : ne produit pas de déchets liquides radioactifs dans l'environnement. Il n'a pas été repris historiquement dans ce suivi. L'Agence devrait recevoir - dans un avenir proche – un relevé précis des rejets atmosphériques effectués ;
- Site non-nucléaire de Tessenderlo (usine d'engrais chimiques) qui rejette du ^{226}Ra dans le Grote Laak et le Winterbeek.

Globalement, l'analyse des valeurs de rejets atmosphériques disponibles – celles en provenance des centrales nucléaires de Tihange et de Doel – et de rejets liquides des sites nucléaires indique que toutes ces installations respectent les limites qui leur ont été imposées et ce, d'autant plus que les rejets sont de loin inférieurs aux limites en question.

Seuls les rejets de tritium sont significatifs, principalement les rejets liquides qui représentent environ 30 % (Tihange) et de 44 % (Doel) des valeurs maximales autorisées. Il faut noter que ces niveaux sont en diminution par rapport à ceux de la période 1985-1990, où ils s'établissaient au maximum à 47% pour Tihange et à 67% pour Doel.

Les rejets liquides opérés dans la Molse Nete sont moins négligeables et rendent particulièrement nécessaire le contrôle de cet écosystème. La présence d'une industrie chimique à Tessenderlo et ses rejets en ^{226}Ra renforce l'obligation de suivre le statut radioécologique de cette région.

9.1 REJETS ATMOSPHÉRIQUES

Les sites suivants procèdent à des rejets atmosphériques :

- Sites nucléaires de puissance (centrales nucléaires de Doel et de Tihange) ;
- Sites de Mol-Dessel (SCK•CEN, Belgoprocess et FBFC International).

9.1.1 Centrales nucléaires :

Aucun problème radiologique n'est révélé : tous les rejets opérés sont largement inférieurs aux limites fixées notamment pour ce qui concerne les gaz rares, les iodes et les aérosols.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des données disponibles.

Mesures de la radioactivité des rejets atmosphériques des centrales nucléaires de Tihange et de Doel, exprimées en pourcentage des limites annuelles fixées par la législation

	Tihange		Doel	
	Pourcentage	Limite	Pourcentage	Limite
gaz rares	0,81	2,22 10 ⁶ GBq	0,0038	3,00 10 ⁶ GBq
aérosols (β-γ)	0,014	1,11 10 ⁵ MBq	0,0346	1,50 10 ⁵ MBq
iodes	0,45	1,48 10 ⁴ MBq	0,24	1,50 10 ⁴ MBq
³ H	10,20	5,55 10 ⁴ GBq	2,22	8,90 10 ⁴ GBq

En synthèse : aucun problème radiologique à signaler compte tenu de ces résultats.

9.1.2 Autres sites nucléaires :

Site du SCK•CEN :

Les rejets atmosphériques en émetteurs alpha, bêta/gamma, iode, tritium et gaz rares sont effectués de manière contrôlée par les installations du SCK•CEN à partir de plusieurs cheminées : « réacteurs nucléaires BR1, BR2 et BR3, laboratoire hautes et moyennes activités LHMA, laboratoire chimie chaude Pu et laboratoire faibles activités L.Sch ».

De façon plus détaillée :

Le tableau suivant résume les données obtenues.

Mesures de la radioactivité des rejets atmosphériques du site nucléaire du SCK•CEN exprimés en kBq par an (% de la limite)

	α totaux	β-γ totaux	¹³¹ I	HTO	gaz rares
BR 1		1,28 10 ² (0,00015)	1,48 10 ³ (0,045)		
BR 2	4,18 (0,0022)	5,26 10 ⁴ (0,0478)	2,50 10 ³ (0,057)	1,40 10 ⁹ (0,078)	32,9 10 ⁹ (1,37)
BR 3		74,7 (0,0001)			

LHMA	2,22 (0,0063)	6,36 (0,00003)
Pu	4,00 (0,009)	
L.Sch	20,50 (0,029)	1,24 10 ² (0,0003)

En synthèse : pas de problème radiologique à noter. Des limites mensuelles sont aussi d'application : elles sont également largement respectées.

Site de Belgoprocess :

Les rejets atmosphériques en émetteurs alpha, bêta et tritium sont effectués par les installations de Belgoprocess de manière contrôlée à partir de plusieurs cheminées, principalement : « AD, FLK, BRE, 280 » situées sur le bâtiment 2 (BP2) et « 120, 110, 137 et 155 » situées sur le bâtiment 1 (BP1).

De façon plus détaillée :

Les tableaux suivants résument les données obtenues.

Mesures de la radioactivité des rejets atmosphériques du site nucléaire de Belgoprocess 2 de Mol-Dessel exprimés en kBq par an (% de la limite)

	Alpha totaux	Bêta totaux	Tritium
AD	26,7 (0,140)	34,8 (0,0003)	427 10 ³ (0,00024)
FLK	15,3 (0,037)	26,5 (0,0001)	
BRE	1,54 (0,0042)	5,91 (0,00003)	
280	13,1 (0,141)	79,5 (0,004)	161 10 ³ (0,402)

Mesures de la radioactivité des rejets atmosphériques du site nucléaire de Belgoprocess 1 de Mol-Dessel exprimés en kBq par an (% de la limite)

	Alpha totaux	Bêta totaux	Tritium
120	2,1 10 ³ (0,191)	972 (0,0009)	
110	11,5 (1,173)	39,4 (0,015)	
137	41,4 (2,070)	1,54 10 ³ (0,0154)	68,6 10 ³ (0,0069)
155	10,5 (0,026)	130 (0,0043)	

En synthèse : pas de problème radiologique à noter. Des limites mensuelles sont aussi d'application : elles sont également largement respectées.

Site de FBFC International :

Les rejets atmosphériques de *FBFC International*, fabrique de combustible nucléaire et d'assemblage de MOX, sont opérés par deux cheminées situées sur les bâtiments 2 et 5 du site. Ces rejets en émetteurs alpha sont soumis aux autorisations suivantes :

- Bâtiment 2 : 190 kBq/an ;
- Bâtiment 5 : 320 kBq/an.

Avec comme limite volumique instantanée 0,013 Bq/m³ (RGPRI).

De façon plus détaillée :

Le tableau suivant résume les données obtenues.

Mesures de la radioactivité des rejets atmosphériques du site nucléaire de FBFC International de Mol-Dessel exprimées en kBq en alpha totaux

	Quantité totale rejetée	Limite	Pourcentage de la Limite
bâtiment 2	52	190	27
bâtiment 5	17	320	5,3

En synthèse : pas de problème radiologique à noter.

9.2 REJETS LIQUIDES

Les sites suivants procèdent à des rejets liquides dans les rivières :

- Sites nucléaires de puissance (centrales nucléaires de Doel dans l'Escaut et de Tihange dans la Meuse) ;
- Sites de Mol-Dessel (Belgoprocess 2 – ancienne installation de traitement des déchets liquides du SCK•CEN, de Belgoprocess, de Belgonucléaire et de FBFC International dans la Molse Nete).

9.2.1 Centrales nucléaires :

Les limites de rejets liquides sont fixées pour le *site de Tihange*, trois réacteurs totalisant une capacité totale installée de 2985 MWe, à $1,48 \cdot 10^5$ GBq en ^3H et à $8,88 \cdot 10^5$ MBq en émetteurs bêta-gamma ; pour le *site de Doel*, quatre réacteurs d'une capacité totale de 2817 MWe, elles sont fixées à $1,04 \cdot 10^5$ GBq en ^3H et à $1,50 \cdot 10^6$ MBq en émetteurs bêta-gamma.

De façon plus détaillée :

- Pour la centrale de Tihange : les rejets liquides les plus importants en activité sont constitués par le tritium : ils sont de l'ordre de 30 % de la limite autorisée. Les rejets en émetteurs bêta-gamma sont par contre très largement inférieurs à la limite : ils s'établissent à moins de 3 % de celle-ci ;
- Pour la centrale de Doel : les rejets liquides les plus importants sont constitués ici aussi par le tritium qui représentent 44 % de la limite. Les rejets en émetteurs bêta-gamma sont là encore très largement inférieurs à la limite : ils sont de l'ordre de 0,1 % de celle-ci.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des données disponibles.

En synthèse : aucun problème radiologique à signaler compte tenu de ces résultats.

Mesures de la radioactivité des rejets liquides des centrales nucléaires de Tihange et de Doel, exprimées en pourcentage des limites annuelles fixées par la législation et en quantité rejetée

	Tihange		Doel	
	Pourcentage	Limite	Pourcentage	Limite
³ H	29,8	1,48 10 ⁵ GBq	44,3	1,04 10 ⁵ GBq
Total β-γ	2,7	8,88 10 ⁵ MBq	0,1	1,50 10 ⁶ MBq
	Quantité (MBq)		Quantité (MBq)	
β total	0		6,6	
α total	1,71 10 ⁻³		0	

9.2.2 Autres sites nucléaires :

Site de Mol-Dessel :

Les rejets liquides du site nucléaire de Mol-Dessel sont effectués dans la Molse Nete via les installations de Belgoprocess 2. Ces rejets doivent respecter une limite fixée à 166 GBq/mois soit 1,99 TBq/an selon les formules de pondération suivantes :

$$2,5 [\alpha \text{ total}] + 0,4 [^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}] + 2,5 \cdot 10^{-5} [^3\text{H}] + [^{60}\text{Co}] + 1,5 [^{134}\text{Cs}] + 1,5 [^{137}\text{Cs}] + 0,1 [\beta] \leq 166$$

GBq/mois dans la rivière Molse Nete.

$$\text{avec } [\beta] = [\beta \text{ total}] - ([^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}] + [^{60}\text{Co}] + [^{134}\text{Cs}] + [^{137}\text{Cs}])$$

Les rejets opérés par le site dans la Molse Nete respectent largement la limite fixée même s'ils sont détectables comme l'attestent d'ailleurs les mesures de radioactivité effectuées dans la rivière (eau, sédiments, faune et flore). Il convient de maintenir ces contrôles à la source et dans l'environnement.

De façon plus détaillée :

- Les données montrent que les rejets totaux pondérés représentent 0,01 % de la limite annuelle ;
- Des mesures effectuées sur les émetteurs gamma et bêta des effluents rejetés montrent que l'on détecte en routine des radioéléments tels que du ¹³⁷Cs (de 0,3 à 11 Bq/l), du ³H (de 3 10⁴ à 4 10⁵ Bq/l), du ⁹⁰Sr (de 0,8 à 2,0 Bq/l), du ⁶⁰Co (0,7 à 3 Bq/l) ;
- Les rejets en alpha totaux vont de 0,2 à 1 Bq/l et ceux en bêta totaux s'établissent autour de 4 à 12 Bq/l ;
- En ce qui concerne les transuraniens, ¹²⁴¹Am est non mesurable (pour une limite de détection l'ordre de 0,4 Bq/l). Les ^{239,240}Pu sont détectés en routine à des teneurs inférieures ou voisines de 0,2 Bq/l (le plus souvent entre 0,01 et 0,07 Bq/l). La même observation peut être faite pour le ²³⁸Pu.

Le tableau suivant résume les données obtenues.

En synthèse : le site respecte complètement sa limite de rejet.

Mesures de la radioactivité des rejets liquides des sites nucléaires de Mol-Dessel, exprimées en pourcentage de la limite fixée par la législation et en quantité (TBq) – rejets de Belgoprocess 2

	Pourcentage	Quantité pondérée (TBq)	Limite de rejet annuelle
Total pondéré	0,014	$2,88 \cdot 10^{-4}$	1,99 TBq
α total		$2,16 \cdot 10^{-5}$	
^{90}Sr - ^{90}Y		$2,28 \cdot 10^{-5}$	
^3H		$6,23 \cdot 10^{-5}$	
^{60}Co		$2,60 \cdot 10^{-5}$	
^{134}Cs		$2,25 \cdot 10^{-5}$	
^{137}Cs		$1,20 \cdot 10^{-4}$	
β total		$1,29 \cdot 10^{-5}$	

Site de FBFC International :

Les rejets liquides de *FBFC International*, fabrique de combustible nucléaire et d'assemblage de MOX, sont opérés vers un puits perdu situé sur le site. Ces rejets n'atteignent pas la Molse Nete. Ils sont néanmoins contrôlés régulièrement (mensuellement).

De façon plus détaillée :

Des quantités mesurables d'émetteurs alpha sont rejetées mensuellement : de 0,2 à 0,6 Bq/litre (on note une diminution par rapport aux années 2001-2002 où l'on notait des mesures atteignant quelques Bq/l). À noter que les limites de détection sont de l'ordre de 0,2 Bq/l ce qui indique que ces rejets sont à peine mesurables. L'installation ne peut rejeter plus de 20 Bq/litre en alpha totaux (RGPRI).

Le tableau suivant résume les données obtenues.

Mesures de la radioactivité des rejets liquides du site nucléaire de FBFC International de Mol-Dessel exprimées en Bq/l (LD : limite de détection)

Radioélément	mesure	LD	Quantité totale rejetée (MBq)
α total	0,26 à 0,60	0,26	3,8
β total	0,50 à 1,10	0,50	
^{234}U	0,10 à 0,30		
$^{235,236}\text{U}$	0,004 à 0,010	~ 0,004	
^{238}U	0,03 à 0,07		
^{241}Am	$2,0 \cdot 10^{-4}$ à $1,3 \cdot 10^{-3}$	~ $0,6 \cdot 10^{-3}$	
^{238}Pu	traces (0,2 à 0,5) 10^{-3}	~ $0,7 \cdot 10^{-3}$	
$^{239+240}\text{Pu}$	traces (0,3 à 0,7) 10^{-3}	~ $0,7 \cdot 10^{-3}$	

En synthèse : pas de problème radiologique à noter.

9.2.3 Sites non-nucléaires :

Depuis 2000, les rejets opérés par *Tessenderlo Chimie* ont été mesurés directement dans le canal de rejet qui se déverse dans le Winterbeek. Les quantités d'émetteurs alpha totaux fluctuent de 1 à 10 Bq/litre (pour 0,3 à 3,0 Bq/litre en ^{226}Ra).

Cette radioactivité naturelle se retrouve donc artificiellement injectée dans le bassin de la Nete historiquement via le Grote Laak et actuellement également via le Winterbeek.

9.2.4 Données Electrabel concernant les centrales nucléaires :

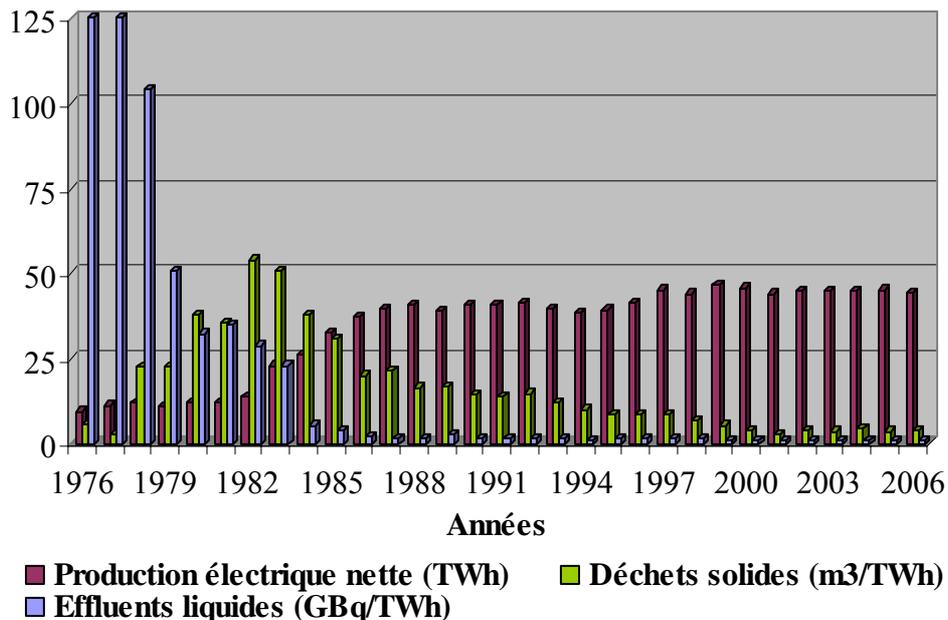
Un autre point intéressant à mettre en exergue concerne la quantité de déchets liquides et solides générés par les centrales nucléaires (graphique suivant).

Si la production électrique totale reste plus ou moins constante autour de 45 TWh ces dernières années, la quantité de radioactivité rejetée dans les effluents liquides a fortement diminué pour atteindre environ 42 GBq en 2003 et 2004, 37 GBq en 2005 et moins de 35 GBq en 2006 (soit 0,79 GBq/TWh).

Ce constat est encore plus vrai quand on s'intéresse au volume de déchets solides générés par TWh produit et enlevés pour traitement par l'ONDRAF (Organisme National des Déchets Radioactifs et des matières Fissiles enrichies) : les volumes actuels sont de 3,5 m³/TWh.

Cela démontre les efforts déployés par les électriciens belges pour d'une part, concilier des objectifs d'optimisation de l'exploitation industrielle, notamment en matière de réduction des volumes de déchets produits et des coûts associés tout en « réduisant », d'autre part, autant que possible les rejets d'effluents. Ces éléments d'appréciation démontrent largement l'application du concept de B.A.T. – « Best Available Technology » ou « meilleure technologie applicable » - en matière de déchets liquides et solides.

Production des sites nucléaires belges (centrales de Doel et de Tihange)



10. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La révision de l'ensemble du programme de surveillance radiologique du territoire – qui a été mis en application de 2003 à 2004 et qui était basée sur un effort d'harmonisation des bibliothèques de radioéléments mesurés pour l'ensemble du territoire ainsi que sur une prise en compte des exigences des instances internationales (Commission européenne, OSPAR en regard des accords de Sintra dans le cadre de la politique de protection de la mer du Nord et de l'Atlantique nord-est) – a permis de mieux contrôler les différentes régions du pays tout en prenant en compte leurs spécificités. Les comparaisons entre compartiments de chaque région et entre régions elles-mêmes deviennent plus aisées.

L'analyse des résultats obtenus dans le cadre de la surveillance radiologique du territoire belge de 2006 amène les commentaires suivants :

D'une manière générale :

Les limites de rejets en vigueur sont très bien respectées par les exploitants des installations nucléaires.

La surveillance radiologique du territoire montre également de façon claire que le débit de dose, en conditions normales et hors exposition médicale, dépend avant tout de la nature du sol, les sols rocheux du sud du pays exhalant davantage de radon que ceux du nord du pays (sableux). C'est ainsi par exemple que le débit de dose mesuré en Wallonie (en Ardenne) est supérieur à celui mesuré au voisinage de la centrale nucléaire de Doel, dont l'impact radiologique sur l'environnement est négligeable.

Les niveaux de radiocontamination des échantillons mesurés sont en général extrêmement bas et de ce fait, la majeure partie des données obtenues est non significative. La radioactivité naturelle (^{40}K et ^7Be) est de loin plus importante et davantage présente que la plupart des émetteurs bêta-gamma artificiels. Le programme de surveillance démontre son intérêt et sa capacité à contrôler « finement » l'impact des radioéléments sur l'environnement et dès lors sur l'homme : des « traces » de radioactivité artificielle, largement inférieures à la radioactivité naturelle, sont détectées en routine. Tout rejet un tant soit peu plus important est immédiatement mesuré avec précision.

Cette situation est rassurante sur le plan sanitaire mais devient gênante quand il s'agit d'exploiter les résultats : en effet, des mesures significatives autorisent une représentation plus précise et quantifiable de la situation radiologique. Des paramètres de transfert de la radioactivité peuvent alors être dégagés et les calculs de doses à la population s'en trouvent facilités. Cela implique alors d'augmenter les volumes ou les masses des échantillons afin de pouvoir « descendre » à des mesures de très bas niveau, seules capables de fournir des valeurs fiables car significatives. La commission européenne demande d'ailleurs ce type d'effort aux états membres pour certaines mesures (mise en place d'un réseau espacé de points de mesures où l'on vise une détection de la radioactivité à très bas niveaux).

Plus en détails :

Si la situation radiologique du territoire belge est tout à fait satisfaisante, un bassin retient néanmoins l'attention de part sa charge anormalement élevée en radioactivité artificielle mais aussi en radioactivité naturelle (^{226}Ra) : il s'agit de l'ensemble du réseau hydrographique Laak-Winterbeek-Nete.

En effet, la surveillance du nord-est de la Belgique révèle que certaines installations nucléaires de la région de Mol–Dessel ont un impact radiologique mesurable, bien que faible, sur l’environnement, et qu’il en va de même de l’industrie de production d’engrais phosphatés dans la région de Tessenderlo. Ainsi, les sédiments de la Molse Nete contiennent une teneur significative en ^3H , en produits de fission (^{137}Cs) et en radioéléments lourds artificiels, sous forme de traces de transuraniens ($^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am). L’activité en ^{226}Ra est également relativement élevée dans les sédiments du Grote Laak et du Winterbeek, au voisinage de Tessenderlo, où elle reste néanmoins inférieure à l’activité en ^{40}K .

Par contre, l’impact radiologique – faible mais mesurable – des installations nucléaires du nord-est du pays et de la production d’engrais phosphatés est toutefois en nette diminution ces dernières années.

L’analyse des résultats obtenus pour cette année 2006 confirme l’impression qui prévalait lors de celle des années précédentes : une meilleure connaissance de l’écosystème estuarien de l’Escaut est toujours nécessaire afin i) de fournir des paramètres précis en vue d’évaluer les doses à la population en intégrant les rejets des installations nucléaires du bassin de la Nete et ceux de la centrale de Doel, et ii) d’évaluer l’impact radiologique réel de ces installations (tant d’un point de vue radioactivité artificielle que radioactivité naturelle) sur l’écosystème marin récepteur.

L’Agence fédérale de Contrôle nucléaire mène actuellement des études de faisabilité pour l’implantation de balises de mesure automatique et en continu de la radioactivité gamma présente dans les eaux de surface. Si ce type de balises était utilisé à l’avenir, des données en continu seraient disponibles entre autre pour démontrer plus complètement que dans le cadre de la convention OSPAR et des articles 35/36 du traité EURATOM (CE), la Belgique répond bien à ses obligations nationales et internationales.