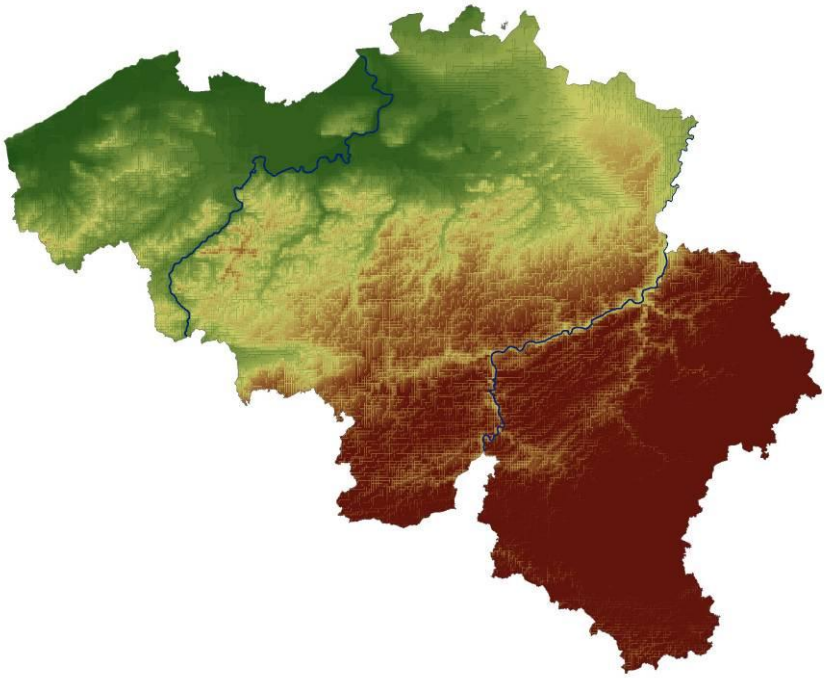
AFCN

agence fédérale de contrôle nucléaire

SERVICE SURVEILLANCE DU TERRITOIRE & RAYONNEMENT NATUREL

Surveillance radiologique de la Belgique
Rapport de synthèse 2013



- septembre 2014 -

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

JurgenCLAES, ir, expert radioactivité environnementale - Surveillance radiologique
Tél. : +32 2 289 20 91 – fax : +32 2 289 21 52
E-mail : jurgen.claes@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 :

- **François MENNESON, ing, responsable du réseau TELERAD**
- **André POFFIJN, Dr Sc., expert radioactivité environnementale – rayonnement naturel**
- **Geert BIERMANS, Dr Sc., expert radioactivité environnementale – rayonnement naturel**
- **Boris DEHANDSCHUTTER, Dr Sc., expert radioactivité environnementale – rayonnement naturel**
- **Stéphane PEPIN, Dr Sc., expert radioactivité environnementale – rayonnement naturel**

Collaboration avec les institutions extérieures

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

Avenue de l'Espérance, 1 à 6220 Fleurus - Tél : + 32 71 82 95 56 - Fax : + 32 71 81 38 12

Directeur : Jean-Michel Vanderhofstadt (Tél. : 32 71 82 92 90)

Responsable Service Environnement et Métrologie : B. Deconninck

Responsable Adjoint du SEM : C. De Lellis

Responsable métrologie: T. Dieudonné

Responsable radiochimie : D. Braekers

Techniciens de laboratoire : L. Asseta, L. De Breuck, A. Demoulin, K. Marcadieu, F. Willocq, L. Toscano, C. Doumont, D. Tomasevszky

Boeretang, 200 à 2400 Mol - Tél. : + 32 14 33 25 90 – Fax : +32 14 31 89 36

Directeur général : Éric van Walle (Tél. : +32 14 33 25 90)

Chef de Projet au groupe d'expertise Mesures de Faible Radioactivité : P. Vermaercke

Mesures de Faible Radioactivité :

Supervision et rapportage : L. Sneyers
Échantillonnage & conditionnement des échantillons : B. Bouwens, A. Isenborghs, H. Avci, S. Van Gompel
Supervision des mesures : F. Verrezen et M. Bruggeman
Mesures : S. Cools, E. Dupuis, A. Isenborghs, K. Jacobs, L. Jansen, H. Loots, E. Tessens, W. Van Baelen, M. Vanuytven, B. Vennekens, M. Verbist, L. Verheyen et D. Verstrepen

Food Safety Center, Boulevard du Jardin Botanique, 55 à 1000 Bruxelles

DG Politique de contrôle : Tél. : +32 2 211 85 81 – Fax : +32 2 211 86 30

Directeur général : Herman Diricks, ir (Tél. : +32 2 211 85 75)

SOMMAIRE

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 12**
- **1.4 TELERAD : INSTRUMENT DE CALCUL DE DOSE D'EXPOSITION EXTERNE 13**

2. COMPRENDRE LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE 14
- **2.1 ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ MESURÉE EN BELGIQUE 14**
- **2.2 CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE 15**
  - ***2.2.1 Cadre légal national*** *15*
  - ***2.2.2 Cadre légal international*** *16*
- **2.3 LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE 18**
- **2.4 DESCRIPTION DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE 20**
  - ***2.4.1 Les grands axes du réseau*** *20*
  - ***2.4.2 Les vecteurs de transfert de la radioactivité contrôlés*** *24*
    - ***Le bassin de la Meuse et de la Sambre*** 24
    - ***Le bassin de l'Escaut et de la Nete*** 25
    - ***La zone maritime : littoral belge*** 27
    - ***La zone de référence : région Bruxelles Capitale*** 28
    - ***La chaîne alimentaire : eaux de boisson, lait et denrées*** 28
    - ***Suivi des rejets des sites nucléaires*** 30
    - ***Suivi des rejets des industries NORM*** 30

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 37**

4. LE BASSIN DE LA NETE ET DE L'ESCAUT 42
- **4.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE 43**
- **4.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS 44**
- **4.3 RADIOACTIVITÉ DES RIVIÈRES 46**

5. LA ZONE MARITIME : LE LITTORAL BELGE 51
- **5.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE 52**
- **5.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS 52**
- **5.3 RADIOACTIVITÉ DU MILIEU MARIN 54**

6. LA ZONE DE RÉFÉRENCE : RÉGION BRUXELLES CAPITALE 56
- **6.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE 56**
- **6.2 RADIOACTIVITÉ DES SOLS 57**

7. LA CHAÎNE ALIMENTAIRE : EAUX DE BOISSON, LAIT ET DENRÉES 59
- **7.1 RADIOACTIVITÉ DES EAUX DE BOISSON 60**
- **7.2 RADIOACTIVITÉ DU LAIT 63**
- **7.3 RADIOACTIVITÉ DES DENRÉES 64**
- **7.4 RADIOACTIVITÉ DES REPAS TÉMOINS 67**

8. SUIVI DES REJETS DES SITES NUCLÉAIRES ET DES INDUSTRIES NORM 68
- **8.1 REJETS LIQUIDES DES SITES NUCLÉAIRES 69**
  - ***8.1.1 Centrales nucléaires*** *69*
  - ***8.1.2 Autres sites nucléaires*** *70*
  - ***8.1.3 Données Electrabel concernant les centrales nucléaires*** *72*
- **8.2 INDUSTRIES NORM ET SITES HISTORIQUEMENT CONTAMINÉS 73**
  - ***8.2.1 Sites liés à l'industrie des phospates*** *74*
    - 8.2.1.1 *Sites liés aux activités de TESSENDERLO CHEMIE nv* 74
    - 8.2.1.2 *Sites liés aux activités de PRAYON sa* 75
    - 8.2.1.3 *Le site de l'entreprise ex-RHODIA CHEMIE à Gand* 76
  - ***8.2.2 Autres sites NORM*** *76*
    - 8.2.2.1 *Eaux de rejet d'activités industrielles NORM* 76
    - 8.2.2.2 *Mesures des eaux souterraines et de percolation des décharges* 76
  - ***8.2.3 Autres sites hostoriquement contaminés : sites liés aux anciennes activités d'extraction du radium à Olen*** *78*

9. CONCLUSIONS GÉNÉRALES 80

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 et à celui de Fukushima le 11 mars 2011

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 transparence [1].

[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 *radionucléides*, 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 radionucléide se stabilise une fois pour toutes en un élément stable.

Types de rayonnement Les principaux rayonnements émis par les radionucléides 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 µSv 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 non seulement tenus de mettre tout en œuvre pour faire en sorte que leurs rejets restent en deçà des limites autorisées, mais également de limiter les rejets à un niveau minimum (principe ALARA). De la sorte, les exploitants ne causent 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 attention particulière est donnée à la surveillance de sites industriels non nucléaires et de certaines décharges. ;

- Une *surveillance rapprochée autour des sites nucléaires* 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 Bean Applications S.A. (IBA) à Fleurus (zoning industriel).

  Autour de 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.

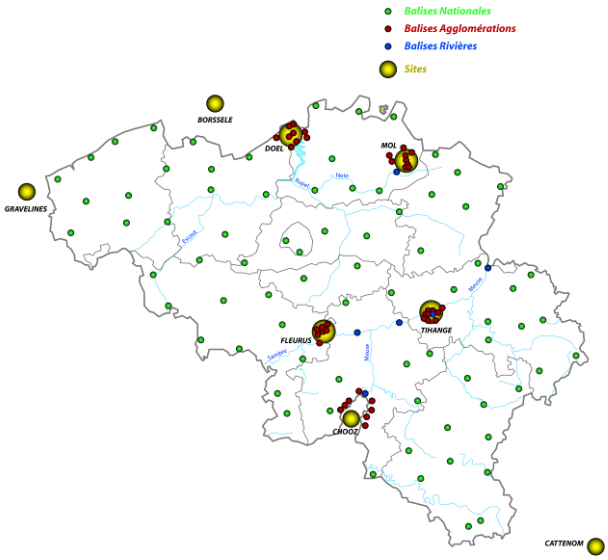
  La surveillance rapprochée vise également les installations où sont utilisés des radionucléides, comme les hôpitaux, les universités ou encore certaines industries non nucléaires (industries NORM), telle l'industrie de production de phosphates alimentaires,

installée dans la région de Tessenderlo. Le procédé de cette activité industrielle non-nucléaire a en effet la particularité de concentrer un radionucléide naturel, le radium 226, dans les effluents liquides qu'il rejette. Des décharges, notamment de phosphogypse, sont également surveillées.

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 219 stations mesurent en permanence la radioactivité globale de l'air, des poussières atmosphériques et des eaux de rivières (Meuse, Sambre et Molse Nete). Ces stations de mesures 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 stations de mesures 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 et de l'IRE-Elit. 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 radionucléides émetteurs alpha, bêta ou gamma soit globalement, soit de façon spécifique. Dans ce dernier cas, elles s'attachent en particulier à mesurer des radionucléides naturels (comme le béryllium 7 et le potassium 40), qui servent de points de référence, et des radionucléides caractéristiques d'activités humaines spécifiques (comme des radionucléides liés à la fabrication du combustible qui alimente les réacteurs nucléaires, des traceurs radioactifs utilisés en médecine nucléaire, et le radium 226, ce radionucléide naturel qui se retrouve concentré dans les effluents liquides du procédé de production des phosphates alimentaires). 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 termes 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 4900 prélèvements annuels, qui font l'objet de près de 26200 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 2013. 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) ;
- La chaîne alimentaire ;
- La surveillance des sites NORM (impact historique et celui d'installations en fonctionnement générant un apport de radioactivité naturelle dans l'environnement) ;

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 contrôle indépendant des rejets liquides des principaux sites nucléaires. Les données brutes sont disponibles sur demande.

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 radionucléides 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 4900 échantillons qui conduisent à environ 26200 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 par 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 de phosphates alimentaires 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.

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

Le réseau TELERAD est le réseau automatique de télémesure de la radioactivité sur le territoire de la Belgique. Il est composé de 219 stations de mesures qui mesurent en permanence la radioactivité de l'air et des eaux de rivières.

Les stations de mesures 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 stations de mesures 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 stations de mesures utilisées dans le réseau TELERAD pour la mesure de la radioactivité dans l'air sont de quatre types :

Les **stations de mesures de dosimétrie** (détecteur de type Geiger Müller) pour la mesure de la radioactivité gamma ambiante sont au nombre de 128 sur le territoire (y compris ceux autour de la botte de Givet pour la surveillance du site nucléaire de Chooz).

Chaque station de mesure est munie d'un détecteur de pluie qui renseigne sur la présence et la durée de l'épisode pluvieux. Les photographies ci-dessous illustrent une station de mesure dans son environnement de mesure avec une vue sur l'électronique embarquée.

Les **stations de mesures spectrométrique** (détecteur NaI) pour la mesure de la radioactivité gamma ambiante et la mesure de certains radionucléides au nombre de 64 réparties sur les clôtures autour des sites nucléaires du SCK•CEN, des centrales nucléaires de Tihange et de Doel ainsi que de l'IRE. Les photographies ci-contre illustrent ce type de station dans son environnement de mesure.

Les **stations de mesures aérosols** (détecteur ZnS) 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.

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 stations de mesures 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). 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)

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 illustre le détecteur dans son container (cylindre) et le tube parallélépipédique contenant les cartouches de charbon actif (à droite).

TELERAD possède également des **stations de mesures rivières** qui mesurent en continu la radioactivité gamma des eaux de rivières au nombre de 8. Ces stations sont de deux types :

Retrofit : ce type de station (au nombre de 6) est installé 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'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-dessous 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 fixés.

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

À l'intérieur, on retrouve l'unité de spectrométrie gamma (cristal $LaBr_3$ couplé à un analyseur multicanaux) logée dans son réservoir lui-même entouré d'un fort blindage de plomb protégé par une enveloppe en acier inox dans laquelle entre et sort l'eau pompée de la rivière – photographie de gauche. Une dizaine de radionucléides sont définis dans le logiciel de reconnaissance.

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.

BCI : ces stations ont leur sonde directement immergée dans l'eau des rivières. Elles sont au nombre de 2 situées dans l'Escaut en aval et en amont de la centrale nucléaire de Doel.

Elles possèdent également un détecteur $LaBr_3$ qui est couplé à un détecteur multicanaux. Une dizaine de radionucléides sont définis dans le logiciel de reconnaissance.

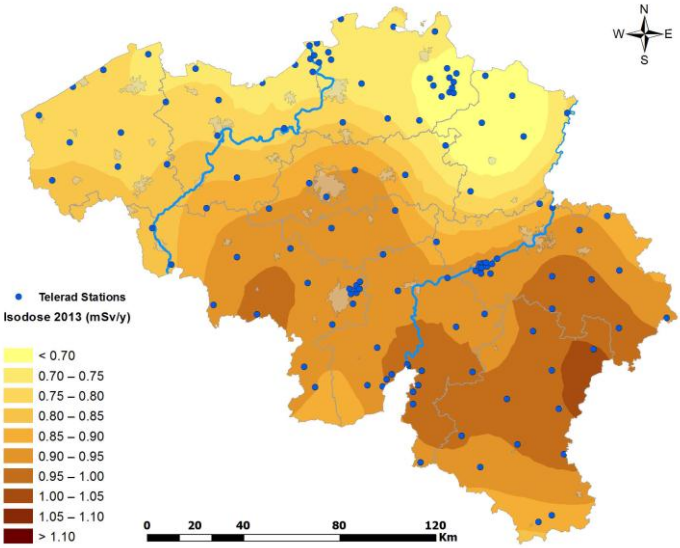
1.3 TELERAD : INSTRUMENT MÉTÉOROLOGIQUE

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 24 stations de mesures mobiles pour la mesure de la radioactivité gamma ambiante. Ces stations de mesures 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 (µSv/h) il est possible de calculer balise par balise la dose annuelle d'exposition gamma. Une interpolation mathématique permet de regrouper des valeurs légèrement différentes dans une même famille représentée sous la même couleur et donc de construire une carte.

La carte de gauche montre le résultat d'un tel traitement qui conduit à la construction d'une carte illustrative (car construite sur un nombre relativement restreint de capteurs) du 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 0,7 mSv/an au nord pour atteindre 0,8 à 0,9 mSv/an globalement en Flandre et jusqu'à 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 calcaires, schistes, psammites et grès mélangés à des calcaires etc. qui sont présents en Belgique en Ardenne et dans le Condroz – 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 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}Be, ^{32,33}P, ^{22}Na, ^{35}S, ^{39}Cl, ^{26}Al, ^{14}C et ^{3}H.

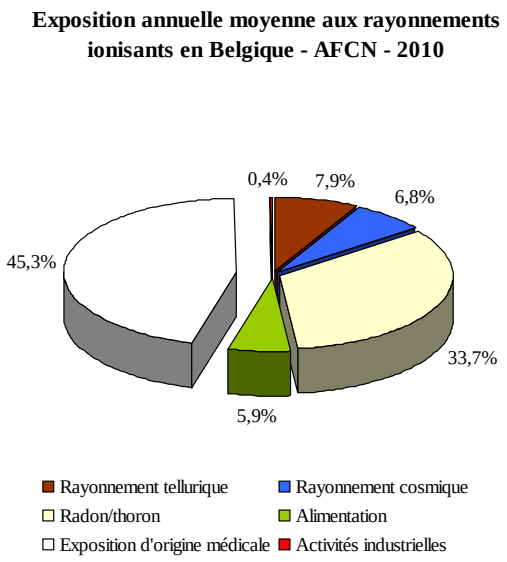
Cette radioactivité naturelle a également une composante terrestre : le *rayonnement tellurique* qui est généré par les radionucléides naturels présents dans les sols et les eaux souterraines comme :

- Les éléments constitutifs primaires du système solaire à savoir des radionucléides à très longues périodes physiques ou demi-vies (temps nécessaire pour que la moitié de la radioactivité disparaisse) tels que les ^{235,238}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 NORM comme l'usine de production de phosphates alimentaires de Tessenderlo ;
- La recherche nucléaire au sein de laboratoires comme ceux du SCK•CEN et d'universités ;

- Les services radiologiques principalement (et la médecine nucléaire dans une moindre mesure) dans les hôpitaux 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 45% à partir de 2006 (2,1 mSv/an).



L'ensemble de cette radioactivité est responsable de l'exposition globale des personnes vivants sur le territoire belge (5,06 mSv/an). Cette exposition ou dose – exprimée en mSv est essentiellement due à la radioactivité naturelle et aux expositions d'origine médicale. 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 1er 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 l*a surveillance de la population dans son ensemble* (article 71).

À 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.

Les articles 4 et 9 du RGPRI définissent le cadre réglementaire des « *activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement* » (industries NORM). Sur base de ces articles, l'AFCN peut exiger un suivi des incidences sur l'environnement de certains secteurs de l'industrie NORM.

L'article 72bis du RGPRI relatif aux « *interventions en cas d'exposition durable* » fournit le cadre réglementaire pour les sites historiquement contaminés par des substances radioactives. Cet article donne notamment à l'AFCN la tâche de veiller à la mise en place éventuelle d'un dispositif de surveillance des expositions.

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, post-Fukushima ainsi que de la recommandation 2000/473/EURATOM [2] 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 Belgique va devoir également 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 consommation, notamment en Wallonie. En effet, la CE a décidé de traiter les aspects « radioactivité » dans le cadre du traité EURATOM via la nouvelle Directive 2013/51/EURATOM du Conseil - spécifique - publiée le 22 octobre 2013. Les états membres devront transposer cette Directive dans leur règlementation nationale (RGPRI pour la Belgique) au plus tard le 28 novembre 2015. Les annexes techniques traitant de la radioactivité, finalisées depuis de nombreuses années, sont directement intégrées à cette nouvelle Directive ainsi que le radon et ses produits de filiation à longue demi-vie (^{210}Po et ^{210}Pb). Les eaux naturelles, de source mises en bouteilles et celles distribuées en gros conditionnements (fontaines, cubitainers, …) sont intégrées à la Directive. Les eaux destinées à l'industrie alimentaire sont également

[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*

concernées. L'ancienne Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 sera renouvelée mais ne traitera que des aspects biologie et chimie des eaux de boisson.

La transposition obligatoire dans la réglementation nationale (RGPRI) qui sera effectuée par l'AFCN courant 2015 de la nouvelle Directive du Conseil relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine va donc rendre officiel le contrôle et le suivi de la qualité radiologique des eaux de boisson.

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.

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.

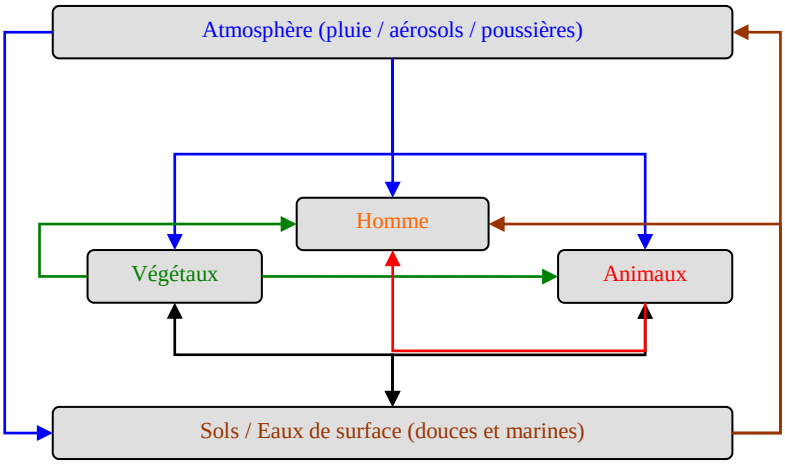
Enfin, les conférences des spécialistes en protection de l'environnement vis-à-vis des rayonnements ionisants tenues à l'Agence internationale de l'Énergie atomique (AIEA) depuis fin 2001 ont une fois de plus confirmé les tendances exprimées ci-dessus.

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 radionucléides déterminée par un grand nombre de mesures effectuées sur un échantillonnage très large des composants de l'environnement (air, eau, sol, vivant).

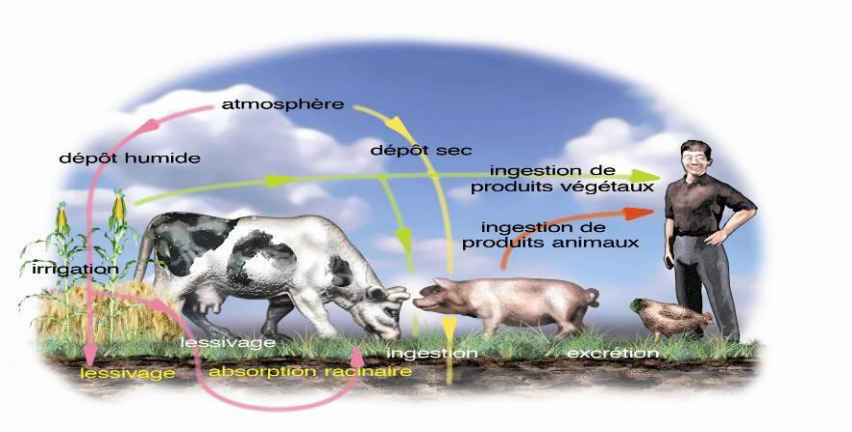
Comme déjà expliqué, la surveillance radiologique du territoire s'exerce au travers, d'une part, d'un programme de surveillance radiologique s'appuyant sur des échantillonnages et des analyses (mesures de radioactivité) et, d'autre part, du réseau automatique TELERAD qui réalise essentiellement des mesures de débits de dose en des points fixes. 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 radionucléides 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 radionucléides ont été systématiquement ajoutés dans les listes de radionucléides 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, de la Meuse et de l'Escaut : 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}U et les transuraniens – $^{238,(239+240)}$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 de phosphates alimentaires de Tessenderlo (industrie NORM) 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}U et les transuraniens – $^{238,(239+240)}$Pu, ^{241}Am, en plus de la panoplie habituelle d'émetteurs gamma (dont les radiocésiums), les ^{90}Sr, ^{99}Tc et ^{3}H organique comme marqueurs de l'activité de l'industrie nucléaire de puissance – centrales nucléaires et de retraitement – La Hague (France) et Sellafield (Royaume Uni) ;

- Dans le cadre de l'article 36 du traité EURATOM : des radionucléides naturels « témoins » comme le ^{7}Be (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).

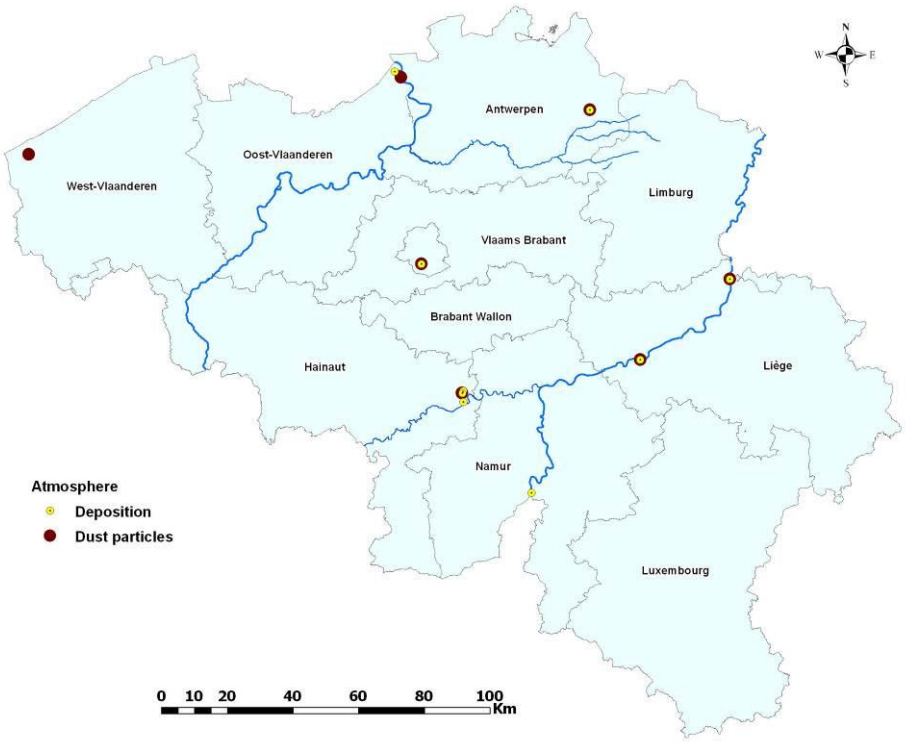
2.4 DESCRIPTION DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE

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 4900 échantillons sont prélevés chaque année sur lesquels environ 26200 analyses de radioactivité sont effectuées.

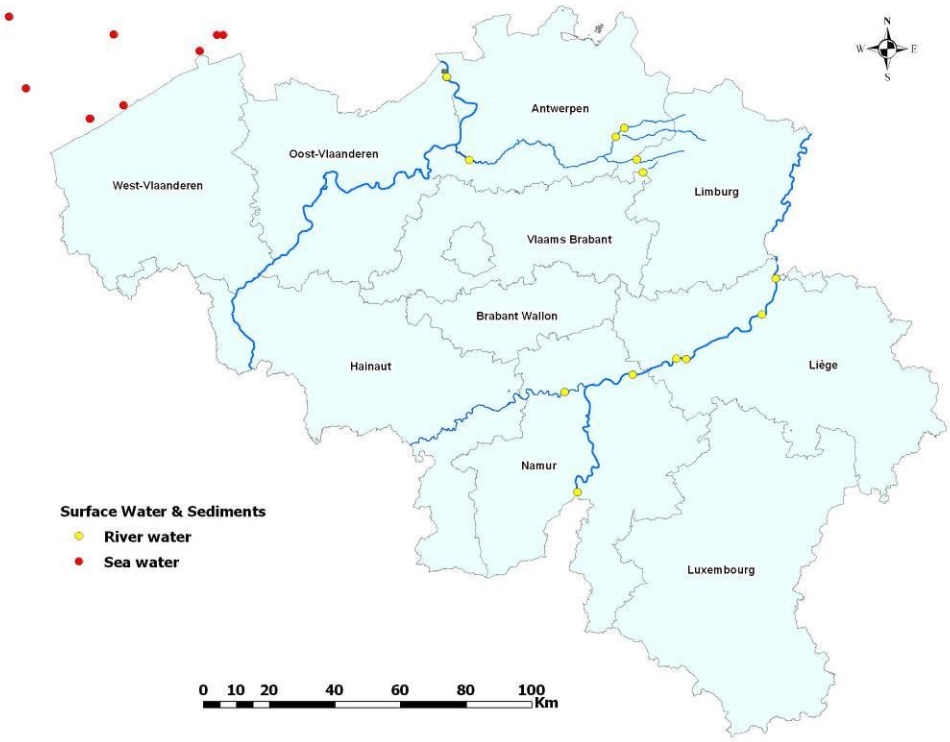
2.4.1 Les grands axes du réseau :

Les grands axes du réseau de surveillance radiologique portent sur :

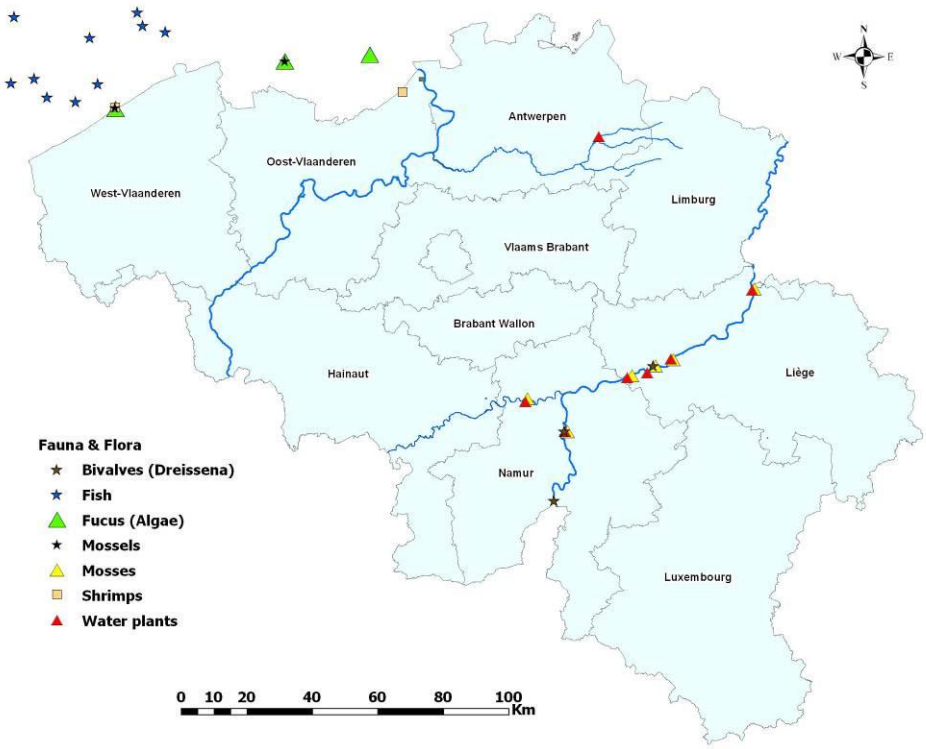
- La surveillance de l'atmosphère près des sites nucléaires, dans la zone de référence (Bruxelles Capitale), à Coxyde (près des côtes de la mer du Nord en Flandres ouest) et à Lixhe sur la Meuse (près de la frontière avec les Pays-Bas) par le biais d'échantillonnages de poussières de l'air (en marron) et de dépôts surfaciques par le biais de dépôts secs de particules et/ou de dépôts humides de pluie dans des bacs de surface connue contenant une fine lame d'eau qui sert de piège pour les particules fines (en jaune) ;

- 

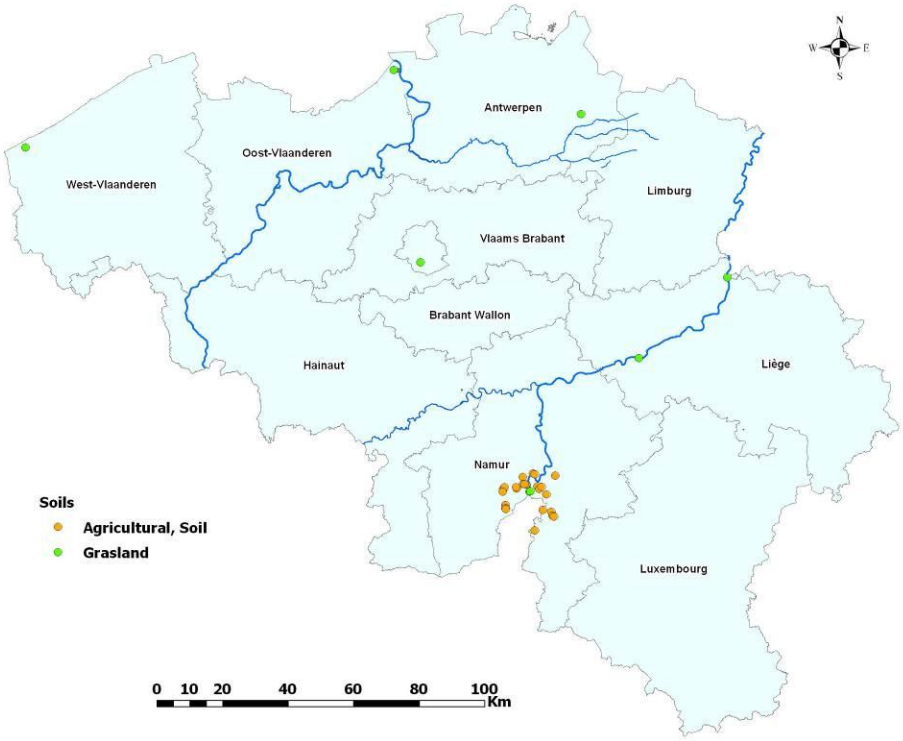
La surveillance des eaux de surface et des sédiments – des rivières (Sambre, Meuse, Grote Laak, Winterbeek, Grote Nete, Molse Nete et Escaut) et – du milieu marin (mer du Nord) ;



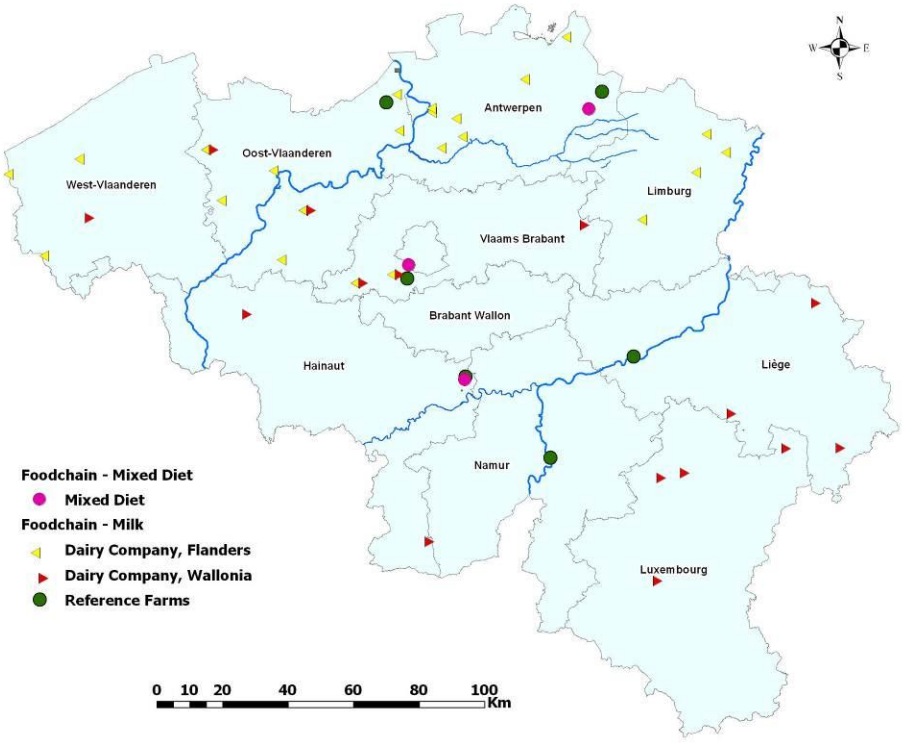
- La surveillance de l'environnement vivant avec la recherche de radioactivité dans la faune d'eau douce et marine (bivalves d'eau douce et marins, crevettes et poissons) et la flore aquatique d'eaux douces (plantes aquatiques et mousses) et marines (algues) qui sont des bioindicateurs de la présence de radioactivité ;



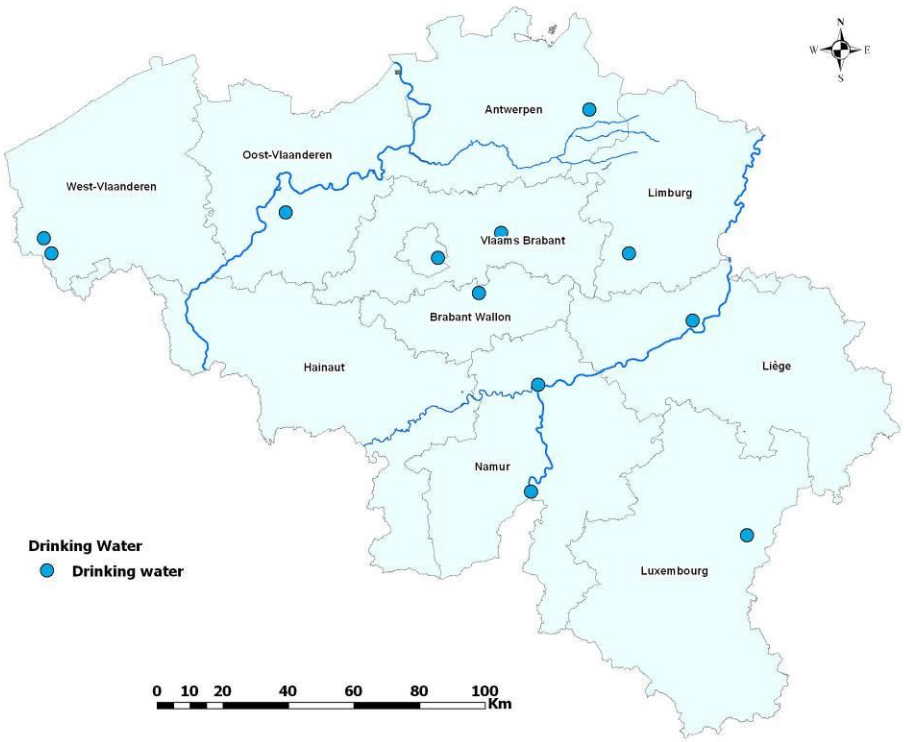
- La surveillance des zones terrestres, sols prélevés aux environs immédiats des sites nucléaires et dans certaines régions témoins (côte marine, région Bruxelles Capitale) en vert ainsi que dans des zones agricoles autour de la botte de Chooz en orange ;



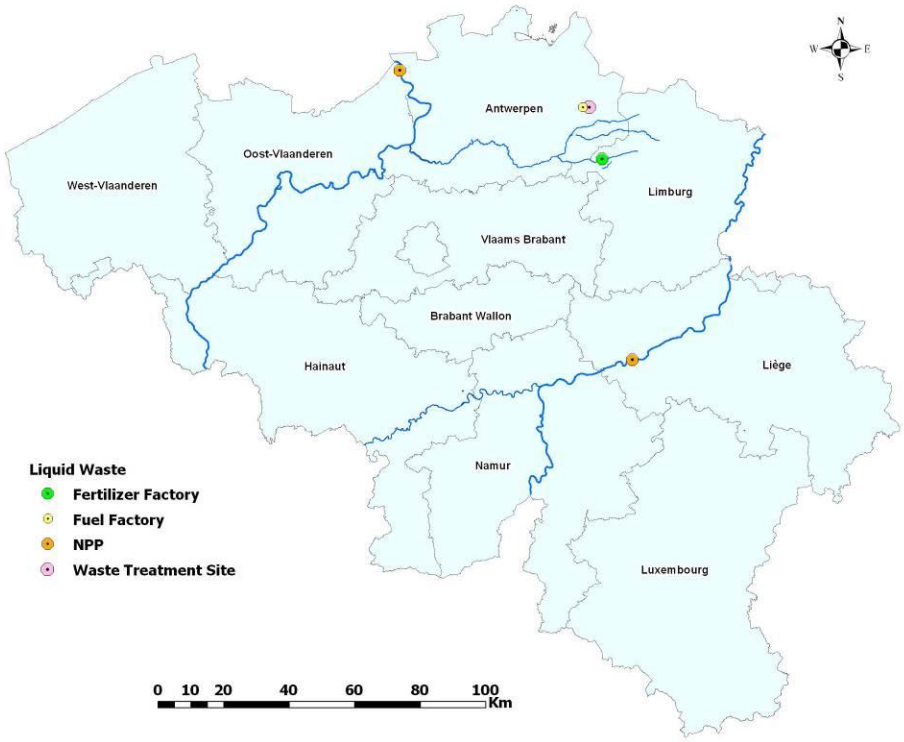
- La surveillance de la chaîne alimentaire avec le contrôle du lait (grande surface et laiteries qui collectent un grand nombre de fermes – plusieurs milliers en Flandre et en Wallonie) et également le repas type d'un belge moyen,



- celui des eaux de boisson et celui de denrées alimentaires prélevées sur des marchés et chez des détaillants ;



- Le <u>suivi des rejets liquides</u> des installations nucléaires (centrales nucléaires, site de Mol-Dessel) et des industries NORM (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 Ampsin,
  - ◊ site de l'IRE à Fleurus près de la Sambre,
- *Sites non-nucléaires :*
  - ◊ centres hospitaliers de grosses agglomérations comme Namur et Liège par exemple.

1860 échantillons sont prélevés dans l'ensemble du bassin sur lesquels sont effectuées plus de 8500 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 Lixhe	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$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
	dépôts surfaciques (bacs)	près du site de l'IRE (Fleurus)	Heer-Agimont près du site de Tihange Lixhe	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{131}I	toutes les 4 semaines
				Spectrométrie β total, α total, ^{3}H, ^{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	toutes les 4 semaines

Programme de surveillance radiologique du bassin Sambre – Meuse (suite)

Compartiment		Bassin et localisation des points de prélèvements		Type de mesure	Fréquence de prélèvement
		Sambre	Meuse		
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 0,125 m² sur ~ 15 cm + herbe coupée à ras)	près du site de l'IRE (Fleurus)	près du site de Chooz près du site de Tihange Lixhe	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th ^{131}I près de l'IRE	annuelle
	sols agricoles production végétale agricole		autour de la botte de Chooz (24 points)	Spectrométrie γ, α, ^{90}Sr, ^{226}Ra Spectrométrie γ, ^{90}Sr, ^{3}H, ^{14}C	annuelle
Rivière	eaux	Floriffoux ou Mornimont	Heer-Agimont, Andenne, Huy, Ampsin, Monsin, Lixhe	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{226}Ra Spectrométrie β total, α total, ^{3}H, ^{40}K, ^{90}Sr (^{131}I près de l'IRE)	toutes les 2 semaines
	sédiments	Floriffoux	Heer-Agimont, Andenne, Ampsin, Lixhe	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th, (^{131}I près de l'IRE)	toutes les 4 semaines
	plantes aquatiques, mousses, bivalves	Floriffoux ou Mornimont	Heer-Agimont/Rivière/ Waulsort, Andenne/Gives, Huy, Ampsin/Amay, Lixhe	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th ^{3}H 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 de phosphates alimentaires près de Tessenderlo.

Près de 1030 échantillons sont prélevés dans l'ensemble du bassin sur lesquels sont effectuées près de 5360 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 : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$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
	dépôts surfaciques (bacs)	près du site de Doel	près du site de Mol	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{131}I	toutes les 4 semaines
				Spectrométrie β total, α total, ^{3}H, ^{90}Sr (eaux filtrées)	toutes les 4 semaines
				Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 0,125 m² sur ~ 15 cm + herbe coupée à ras)	près du site de Doel	près du site de Mol	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th Spectrométrie α : $^{234-235-238}$U, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am près de Mol	annuelle
Rivière	eaux	près de Doel	Grote Nete Molse Nete	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{226}Ra Spectrométrie β total, α total, ^{3}H, ^{40}K	toutes les 2 semaines
			Grote Laak & Winterbeek	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{226}Ra Spectrométrie β total, α total, ^{40}K	toutes les 2 semaines
	sédiments	près de Doel	Grote Laak & Winterbeek Grote Nete	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th	toutes les 4 semaines
			Molse Nete	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th ^{90}Sr, $^{234-235-238}$U, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am	toutes les 4 semaines
	plantes aquatiques		Molse Nete	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th ^{90}Sr, $^{234-235-238}$U, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am, ^{3}H organique, ^{99}Tc	trimestrielle
	crevettes	estuaire en aval de Doel (Kieldrecht)		Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th	trimestriel
	bivalves, algues	estuaire/mer du nord (Hoofdplaat & Kloosterzande)		^{90}Sr, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am, ^{3}H 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.

412 échantillons sont prélevés dans l'ensemble de la zone maritime sur lesquels sont effectuées près de 1790 mesures de radioactivité.

Programme de surveillance radiologique de la zone maritime

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence de prélèvement
Atmosphère	poussières	Coxyde	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	toutes les 4 semaines journalière
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 0,125 m² sur ~ 15 cm + herbe coupée à ras)	Coxyde	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th	annuelle
Mer du Nord	eaux	au large de la côte (campagne du Belgica), 16 localisations	Spectrométrie γ : dont $^{134-137}$Cs, $^{57-58-60}$Co, ^{54}Mn ^{40}K Spectrométrie β total et α total Spectrométrie α : $^{238-(239+240)}$Pu	trimestrielle
	sédiments	au large de la côte (campagne du Belgica), 16 localisations	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th Spectrométrie α : $^{238-(239+240)}$Pu	trimestrielle
	algues	Ostende - côte belge	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th ^{90}Sr, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am, ^{3}H organique, ^{99}Tc	trimestrielle
	moules & crevettes	Ostende - côte belge	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th ^{90}Sr, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am, ^{3}H organique	trimestrielle
	poissons	au large de la côte (campagne du Belgica), 16 localisations	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$Ra, ^{228}Th ^{90}Sr, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am, ^{3}H organique, ^{99}Tc	trimestrielle

La zone de référence : région Bruxelles Capitale

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 430 échantillons sont prélevés sur lesquels sont effectuées 873 mesures de radioactivité.

Programme de surveillance radiologique de la zone de référence Bruxelles Capitale

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence de prélèvement
Atmosphère	poussières	Bruxelles	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	journalière
	dépôts surfaciques (bacs)	Bruxelles	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{141-144}$Ce, $^{103-106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{131}I	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total, ^{3}H, ^{90}Sr (eaux filtrées)	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente (sol superficiel – 0,125 m² sur ~ 15 cm + herbe coupée à ras)	Bruxelles	Spectrométrie γ : ^{7}Be, $^{134-137}$Cs, $^{(57)-58-60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226-228}$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 du Conseil de la 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 d'^{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 ainsi que par l'importation illicite de denrées en provenance de pays touchés par l'accident de Tchernobyl.

Près de 770 échantillons sont prélevés sur lesquels sont effectuées près de 5960 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 avoisine 240 (dont 5 additifs pour animaux et 76 échantillons en provenance du Japon), ce qui conduit à 668 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)	Bruxelles (Bruxelles capitale) Wavre (Brabant wallon) Liège (Liège) Namur (Namur) Fleurus (Hainaut) Florenville (Luxembourg) Gand (Flandre orientale) Louvain (Brabant flamand) Poperinge et Reningelst (Flandre occidentale) Mol (Anvers) Zepperen (Limbourg)	Spectrométrie α total & β total, ^{3}H, ^{40}K 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)	trimestrielle
Lait	laiteries/fermes	région de Bruxelles (Brabant) 1 ferme région de Fleurus 75 laiteries région de Tihange 118 laiteries région de Doel 1 laiterie région de Dessel 1 laiterie région de Chooz 42 laiteries	Spectrométrie γ : dont $^{134\text{-}137}Cs$, ^{131}I, ^{40}K ^{90}Sr	hebdomadaire toutes les 4 semaines
Denrées	légumes viandes poissons divers (champignons, farines etc.)	territoire national en petite et grande distributions	Spectrométrie γ : dont $^{134\text{-}137}Cs$, ^{40}K ^{90}Sr	4 échantillons mensuels de viandes, poissons, légumes 4 échantillons annuels de viandes, poissons, légumes
	repas témoins	restaurant d'entreprises : Mol (SCK•CEN), Fleurus & Bruxelles (CARREFOUR)	Spectrométrie γ : dont $^{134\text{-}137}Cs$, ^{40}K ^{90}Sr et ^{14}C	mensuelle trimestrielle

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.

133 échantillons sont prélevés sur lesquels sont effectuées plus de 2630 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 : ^{7}Be, ^{51}Cr, ^{54}Mn, $^{(57)-58-60}$Co, ^{59}Fe, ^{65}Zn, ^{95}Nb, ^{95}Zr, $^{134-137}$Cs, $^{103-106}$Ru, $^{141-144}$Ce, ^{131}I, ^{110m}Ag, ^{113}Sn, ^{123m}Te, $^{124-125}$Sb, Spectrométrie β : ^{3}H	50 échantillons répartis sur l'année
site de FBFC	Spectrométrie β total, α total ^{226}Ra, $^{234-235-238}$U, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am	hebdomadaire
site de Mol-Dessel (Belgoprocess 2)	Spectrométrie γ : $^{134-137}$Cs, ^{54}Mn, $^{(57)-58-60}$Co, ^{131}I Spectrométrie β total, α total ^{3}H, ^{90}Sr, $^{234-235-238}$U, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am, ^{99}Tc	hebdomadaire

Suivi des rejets des industries NORM

De nombreux sites sont suivis, tant leurs rejets que les eaux souterraines autour de ces sites: les rejets de Tessenderlo Chemie (fabrication de phosphates alimentaires) et l'eau souterraine autour d'un de leur site de décharge (slibbekken Veldhoven à Ham), Sadaci nv (Gand), Kronos nv (Gand), Prayon nv (Puurs), Prayon sa (Engis), décharges de phosphogypse de Zelzate (Gand), l'ancienne décharge D1 de Umicore-Olen, diverses décharges en exploitation de Wallonie et la décharge pour déchets dangereux gérées par Indaver à Anvers.

64 échantillons sont prélevés sur lesquels sont effectuées 390 mesures de radioactivité.

Selon le site et sa spécificité, les analyses suivantes sont effectuées : spectrométries β et α totaux, spectrométrie α : ^{226,228}Ra,^{210}Po, ^{210}Pb, détermination du ^{40}K et de l'U pondéral.

En général, les analyses portent sur des échantillons prélevés sur une base annuelle.

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 le site nucléaire de Chooz en France) 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) près des sites de l'IRE, de Tihange et de Lixhe, récolte des précipitations (dépôts secs ou humides) aux mêmes endroits que pour les poussières de l'air mais également près du site nucléaire français de Chooz (à Heer-Agimont à la frontière franco-belge) ;
- 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 :

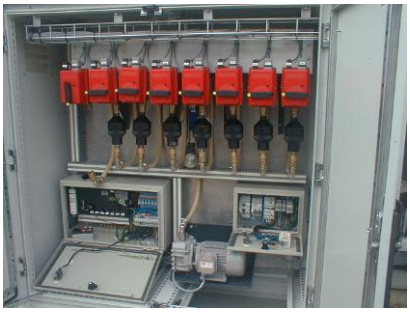
- L'air aux environs des installations nucléaires ne présente aucun problème radiologique. Les teneurs mesurées sont toutes inférieures ou voisines des seuils de détection – très bas – des appareils de mesure ;
- Les mesures de la radioactivité des précipitations montrent que l'on peut détecter de très 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 radionucléides, le plus souvent, les teneurs rapportées sont à peine supérieures aux seuils de détection des appareils de mesure.

3.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE

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 µm) 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 – système automatique).

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 (photo de droite).

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 page suivante résume l'ensemble des résultats obtenus pour les compartiments de l'atmosphère étudiés près :

- des sites nucléaires de l'IRE, de Tihange et d'un site « témoin » - Lixhe - situé loin de toute installation nucléaire près de la frontière avec les Pays-Bas : poussières de l'air et pluies récoltées en bacs de dépôt ;
- du site nucléaire de Chooz (Heer-Agimont en Belgique) avec des mesures des précipitations récoltées en bacs de dépôt.

Ces contrôles, opérés près des installations nucléaires de l'IRE, de Tihange et de Chooz (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)		Bacs de dépôts (Bq/m^2)	
	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	~ 10^{-5} ~ 2 10^{-5} → ^{134,137}Cs ~ 2 10^{-4} → ^{106}Ru	NM	< 50 (filtrat) < 5 (dépôt filtre) 8 à 10 (filtrat) → ^{134,137}Cs ~ 0,9 (dépôt filtre) → ^{134,137}Cs 45 à 75 (filtrat) → ^{106}Ru ~ 8 (dépôt filtre) → ^{106}Ru
^{7}Be	2 à 5 10^{-3}		traces à 41	8 à 19 (dépôt filtre)
β total	3,4 à 7,1 10^{-4}	1,6 à 1,9 10^{-4}	0,5 à 10,0 (filtrat) Fleurus 0,7 à 10,0 (dépôt filtre) Fleurus 0,4 à 7 (filtrat) Tihange, Heer-Agimont, Lixhe 0,5 à 10,0 (dépôt filtre) Tihange, Heer-Agimont, Lixhe	~ 0,6 ~ 0,1 ~ 0,5 0,1 à 0,3
^{131}I	NM	1,5 à 9,7 10^{-3}	NM	10 à 55 (filtrat) 5 à 30 (dépôt filtre)
^{3}H	-	-	traces	distillat : 160 à 205
α total	-	-	traces (filtrat) 0,02 à 4,0 traces (dépôt filtre) 0,25 à 3,7 Fleurus, Tihange, Heer-Agimont, Lixhe	0,03 à 0,40 ~ 0,03

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 ^{7}Be (radionucléide 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 à 30.10^{-3} 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 bêta (mesures β totaux) – principalement d'origine naturelle – sont détectables ;

- Près de l'IRE à Fleurus, les échantillons d'eau prélevés dans les bacs de dépôts installés sur le site près du bâtiment de Sterigenics, près du bâtiment B12 situé à l'écart et plus loin à l'extérieur du site, dans une ferme située à quelques kilomètres, ne révèlent pas de présence d'iode radioactif (la limite de détection du dépôt sur filtre est d'environ 5 à 30 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 en fonctionnement de routine 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 à Fleurus, de Tihange et de Chooz ainsi que près de la frontière des Pays-Bas à Lixhe. 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 et à Lixhe		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 36-	NM	~ 1 à 5	NM	2,6 à 10
^{137}Cs	70 à 210	36	1,0 à 15,7	~ 1	NM	2,6 à 4,6
^{90}Sr			1,4 à 21,2	~ 0,7	0,37 à 5,4	~ 0,1
^{14}C					0,16 à 0,29 (Bq/g C)	
^{3}H org.					22 à 41	~ 22 à 39
^{40}K	(1,1 à 1,3) 10^4		260 à 970		200 à 2600	
^{226}Ra	(0,8 à 1,0) 10^3		30 à 58		traces	5,5 à 32
^{228}Ra	~1,0 10^3		32 à 51		NM	11 à 21
^{228}Th	~1,0 10^3		31 à 47		NM	4,1 à 8,0
^{235}U ^{238}U ^{234}U			NM 7,7 à 39 10 à 33	1,1 à 2,6 ~ 4		
^{238}Pu			NM	27 à 37		
$^{239+240}Pu$			NM	3,2 à 4,8		
^{241}Am			6,5 à 33	~ 6 à 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 ^{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 ($^{226,228}Ra$, $^{234,235,238}U$, ^{228}Th) sont aussi régulièrement détectés ;
- En ce qui concerne la radioactivité artificielle, des traces de ^{137}Cs sont mesurées autour de la botte de Givet, 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 radionucléide artificiel est mis en évidence : le ^{90}Sr. Cet émetteur bêta (demi-vie de ~ 29 ans) est toujours présent dans la biosphère suite aux essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère. En ce qui concerne les émetteurs alpha artificiels transuraniens (Pu et Am), ils ne sont en général pas mesurables.

Le tableau de synthèse ci-après montre l'évolution, depuis 2001, des résultats obtenus pour le ^{3}H dans les végétaux.

En 2013, les mesures de 15 échantillons sur les 24 prélevés sont supérieures à la limite de détection, à noter qu'en 2012 toutes les mesures des échantillons sont sous la limite de détection alors que pour 2011 et 2009 seulement 2 échantillons de végétaux sur 25 (et 2 sur 24 en 2010) présentent des traces de ^{3}H. En 2005, 5 échantillons et, dans la période 2006 et 2007, 18 échantillons présentaient de telles traces. En 2008, seulement 5 échantillons étaient positifs. Ces détections de ^{3}H depuis 2005 peuvent être liées à la baisse des limites de détection LD (Bq/kg de matière sèche) qui sont passées de 50-90 de 2002 à 2004, à 40-60 en 2005, à 23-38 de 2006 à 2009 et à 4-19 en 2010. Ces limites sont depuis 2011 stables aux environs de 20 à 40.

Campagne	Cas de détection du ^{3}H dans les végétaux	Limites de détection en cas d'absence de détection (Bq/kg MS)	Moyenne des concentrations observées en cas de détection (Bq/kg MS)
2001	0 / 30	25	/
2002	0 / 30	54 à 75	/
2003	0 / 30	58 à 68	/
2004	0 / 24	60 à 95	/
2005	5 / 24	40 à 58	63
2006	18 / 24	23 à 26	54
2007	18 / 25	23 à 25	34
2008	5 / 24	23 à 29	56
2009	2 / 25	23 à 38	49
2010	2 / 24	4 à 19	10
2011	2 / 25	21 à 23	23
2012	0 / 24	23 à 25	/
2013	15 / 24	22 à 39	31

Il montre qu'en 2001, le ^{3}H, s'il était présent dans les végétaux, ne l'était qu'à des concentrations inférieures à 25 Bq/kg de matière sèche. De 2002 à 2004, il était impossible de conclure s'il y avait évolution, en raison des limites de détection plus élevées.

Depuis 2005, il s'avère que du ^{3}H est bien présent dans les végétaux, ce qui était peut-être déjà le cas de 2001 à 2004, mais qui ne pouvait être vérifié. Depuis 2006 le retour de la limite de détection aux alentours de 25 - 30 Bq/kg de matières sèches et autour de 4 à 19 Bq/kg en 2010 permet de mesurer les teneurs en tritium avec une précision suffisante. En 2011, 2012 et 2013, la tendance pour les limites de détection est comparable à la période 2006-2009.

Jusqu'à 2012, il semblait que l'on observait moins de détection de ^{3}H dans les végétaux depuis 2006, les limites de détection étant restée au même niveau, on pouvait donc penser que moins de tritium se trouve présent dans l'environnement. En 2013, la détection de ^{3}H est significativement plus importante bien que les valeurs détectées

sont à peine significatives. Cela peut venir d'une amélioration de la qualité de l'ensemble des processus conditionnement/mesure de la radioactivité. À vérifier avec les années futures.

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 significatifs sur les sols de 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. À 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 nouvelle directive 2013/51/EURATOM du Conseil de la CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

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 radionucléides, 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 TÉLÉRAD 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 TÉLÉRAD.

Les échantillonnages portent également sur la biocénose aquatique : mousses (*Cinclidotus danubicus*), plantes aquatiques (si disponibles, de type *Salix sp.*) 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 :

- Les sites de Floriffoux (*Flo*) ou de Mornimont (*Mor*) intègrent les rejets de Fleurus (IRE) et de Charleroi sur la Sambre ;
- Les sites de Heer-Agimont (*H-Ag*), de Hastière (*Has*), de Waulsort (*Wau*) ou de Rivière (*Riv*) pour la flore ou la faune mosane intègrent les rejets de la centrale nucléaire française de Chooz ainsi que ceux des hôpitaux situés en France dans le bassin mosan ;
- Les sites d'Andenne (*And*) ou de Gives (*Giv*) intègrent 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 (*D. polymorpha)* (Bq/kg sec)		Flore (Bq/kg sec)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	≤ 1	NM	< 5	-	< 1	Mousses NM Plantes NM	< 6 < 6
^{137}Cs	NM	0,13 à 0,15	2,5 à 3,8 (Flo) 6 à 17 (H-Ag) 4,5 à 9,0 (And) 5,7 à 18 (Amp) 5,5 à 12,5 (Lix)	3 à 5	-	~ 0,50	Mousses traces (Mor) 4 à 7 (Riv) 5 à 30 (Giv) 6 à 17 (Huy) NM (Lix) Plantes NM (Mor, Riv, Giv, Huy, Amp, Lix)	5 à 6 3,2 à 4,1
^{131}I	NM	0,45 à 0,75	NM (Flo, H-Ag, And, Amp, Lix)	140 à 320	-	~ 0,70	Mousses NM (Mor, Riv, Giv, Huy, Amp, Lix) Plantes NM (Mor, Riv, Giv, Huy, Amp, Lix)	93 à 1300 40-75
^{3}H	NM (Flo) 9 à 51 (H-Ag) 4 à 35 (And, Huy) 5 à 63 (Amp) 4 à 53 (Mon) 3,5 à 50 (Lix)	2,4 à 2,7					Mousses 40 à 50 (Mor) 27 à 38 (Riv) NM (44 en septembre) (Giv) 22 à 29 (Huy) 34 à 43 (Amp) NM (65 en septembre) (Lix)	~ 23

Mesures de la radioactivité des rivières du bassin Sambre – Meuse (suite)

	Eaux (Bq/l)		Sédiments (Bq/kg sec)		Faune (*D. polymorpha)* (Bq/kg sec)		Flore (Bq/kg sec)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
^{3}H							Plantes 28 à 76 (Mor) NM (66 en septembre) (Riv) NM (96 en septembre) (Giv) NM (61 en septembre) (Huy) NM (Amp) 37 à 44 (Lix)	~ 24
α total	traces (Flo, H-Ag, And, Huy, Amp, Mon, Lix)	0,017 à 0,027						
^{226}Ra			38 à 107 (Sambre) 27 à 64 (Meuse)		- -	~ 1,1	Mousses traces Plantes NM	23 à 60 ~ 9 à 13
^{228}Ra			37 à 62		- -	~ 2,0	Mousses traces Plantes NM	30 à 45 14 à 18
β total (résiduel)	0,19 à 0,24 (Flo) 0,09 à 0,19 (H-Ag, And, Huy, Amp, Mon, Lix)	~ 0,04						
^{40}K	0,14 à 0,17 (Sambre) 0,06 à 0,41 (Meuse)		290 à 610				Mousses 220 à 350 Plantes 200 à 750	

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 ^{3}H dans les eaux : on mesure des teneurs en ^{3}H pouvant aller jusqu'à 50-60 Bq/l en aval des centrales nucléaires ;
- Dans les sédiments : le ^{40}K fluctue de 300 à 600 Bq/kg sec, le ^{226,} Ra fluctue de 40 à 110 Bq/kg sec dans la Sambre, de 30 à 65 Bq/kg dans la Meuse et le ^{228}Ra fluctue de 40 à 60 Bq/kg sec (le ^{228}Th de 30 à 53 Bq/kg sec) ;
- L'^{131}I n'a pas été mis en évidence dans les matières en suspensions prélevées en aval des grandes agglomérations ;
- Dans la flore : le ^{40}K est mesuré à des concentrations allant de 200 à 750 Bq/kg sec dans les mousses et les plantes aquatiques ;
- Le ^{3}H est détecté dans les échantillons séchés de mousses et de plantes prélevées le long des berges des rivières à des teneurs d'environ 35 à 45 Bq/kg sec en aval du site nucléaire de Tihange (Lix).

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (^{40}K, et dans une moindre mesure $^{226,228}Ra$ 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 les rivières ;
- Seul le ^{3}H 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 2013/51/ EURATOM du Conseil du 22 octobre 2013 fixant des exigences pour la protection de la santé de la population en ce qui concerne les substances radioactives dans les 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, l'usine de fabrication de phosphates alimentaires 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 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 radionucléides (dont le ^{3}H) 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 Rupel) 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.

4.1 RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les compartiments de l'atmosphère étudiés : poussières de l'air, dépôts secs et pluies récoltées en 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 ^{7}Be (radionucléide 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)		Bacs de dépôts (Bq/m^2)	
	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	~ 10^{-5}	NM	1,3 à 10 (filtrat) 0,6 à 4,0 (dépôt filtre) → γ 1,3 à 1,9 (filtrat) 0,5 à 0,7 (dépôt filtre) → $^{134,137}Cs$
^{7}Be	(0,5 à 7,5) 10^{-3}		7 à 50 (filtrat) 6 à 177 (dépôt filtre)	18 à 23 ~ 6
β total	(0,1 à 0,7) 10^{-3}	~ 0,05 10^{-3}	Filtrat 0,4 à 20 Mol 0,2 à 38 Doel Dépôt filtre 0,14 à 2,6 Mol 0,14 à 2,1 Doel	
^{3}H			NM	65 (filtrat)
α total	(10 à 20) 10^{-6} Mol-Dessel	~ 4 10^{-6}	Filtrat 0,03 à 1,1 Dépôt filtre 0,03 à 0,08	0,06 à 0,09

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 ^{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 ($^{226,228}Ra$, $^{234,235,238}U$, ^{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 (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)	
	mesure	mesure	LD
γ	NM	NM	~ 70 à 90
^{137}Cs	~ 250	NM	~ 80
^{40}K	~ 11,5 10^3	~ 31,4 10^3	
^{226}Ra ^{228}Ra	590 à 780	2160 à 2220	
^{228}Th	~ 630	~ 1910	
^{235}U ^{238}U		20 à 90 700 à 1000	~ 21 ~ 21
$^{238,(239+240)}Pu$		NM	34 à 54
^{241}Am		NM	~ 41

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 réunit 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. À noter que FBFC International – fabrique de combustible nucléaire enrichi en ^{235}U 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 de phosphates alimentaires 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 25 GBq/mois de radioactivité alpha, bêta et gamma selon la formule suivante :

$2{,}5\ [\alpha\ \text{total}] + 0{,}4\ [^{90}\text{Sr-}^{90}\text{Y}] + 2{,}5\ 10^{-5}\ [^{3}\text{H}] + [^{60}\text{Co}] + 1{,}5\ [^{134}\text{Cs}] + 1{,}5\ [^{137}\text{Cs}] + 0{,}1\ [\beta\ ] \leq 25$ GBq/mois (150 GBq/an au maximum avec une limite de concentration de 15 MBq/m³) 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.*) – 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 Rupel (*Rup*) près de Boom ;
- Sur l'Escaut (*Esc*) près de Doel ;
- Plus loin dans l'estuaire pour la faune (crevettes et huîtres marines) et la flore (algues – *Fucus vesiculosus*) : région de Kieldrecht près de Doel (crevettes), Kloosterzande ou Hoofdplaat (huîtres et algues) situés sur la partie estuarienne 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 ^{3}H dans la Molse Nete.

De façon plus détaillée :

- Dans les eaux de la Molse Nete , la radioactivité artificielle est due au ^{3}H qui fluctue de 11 à 190 Bq/l. On ne détecte plus que des traces de transuraniens ($^{238,(239+240)}$Pu et ^{241}Am), les limites de détection étant de ~10^{-4} Bq/l. La radioactivité naturelle est due au ^{40}K (quelques Bq/l) et à l'^{234,238}U avec des concentrations de 0,001 à 0,006 Bq/l (l'^{235}U est non mesurable avec une limite d détection de 0,0006 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 30 à 480 Bq/kg sec. Les teneurs décroissent plus on s'éloigne dans le bassin vers l'Escaut. Les sédiments frais de la Molse Nete présentent des traces de radioactivité artificielle (principalement du ^{137}Cs avec de 77 à 190 Bq/kg, des transuraniens – Pu et Am avec respectivement des teneurs allant de 3 à 22 Bq/kg et de 17 à 40 Bq/kg, le ^{99}Tc est parfois détecté sous forme de traces) apportée par les rejets liquides de Belgoprocess 2 (rejets qui respectent les limites autorisées) et une éventuelle resuspension de dépôts sédimentaires plus anciens. 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) des traces de ^{137}Cs (de l'ordre de la limite de détection de 2 à 3 Bq/kg), 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 parfois 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 sec)		Flore (Bq/kg sec)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	≤ 1	NM	2 à 4	NM (Estu)	< 1	NM (MNe, Estu)	< 1
^{60}Co			NM (Win, GLa)	2 à 3	NM (Estu)	~ 0,6	NM	~ 0,5 (MNe)
			NM à 3,7 (MNe)	~ 3,5				~ 0,4 (Estu)
			traces (GNe)	~ 1,2				
			NM (Esc)	~ 2				
^{137}Cs	NM	0,17 à 0,19	1,7 à 9,6 (Win, GLa)	3 à 5	NM (Estu)	~ 0,6	2 à 3 (MNe)	~ 0,5
			77 à 191 (MNe)				NM (Estu)	~ 0,4
			10 à 90 (GNe)					
			5 à 9 (Esc)					
^{131}I	NM	0,3 à 0,4	NM à 260 (Win)	~ 210	NM (Estu)	3 à 6	traces (MNe)	~ 5
			NM (GLa, MNe, GNe)	50 à 170			NM (Estu)	~ 4
			NM (Esc)	~ 41				
α total	0,2 à 2,3 (Win, GLa)	0,4 à 0,5						
	0,016 à 0,052 (MNe)	~ 0,013						
	0,01 à 0,05 (GNe)	~ 0,01						
	traces (Esc)	~ 0,09						
^{241}Am	4,5 10^{-4} à 6 10^{-1} (MNe)	~ 1,0 10^{-4}	17 à 40 (MNe)		NM (Estu)	~ 0,02	0,1 à 0,8 (MNe)	~ 0,004
	traces (Esc)	~ 1,5 10^{-4}	12 à 25 (GNe)				NM (Estu)	~ 0,02
$^{238,(239+240)}Pu$	NM (MNe)	~ 1,1 10^{-4}	3 à 22 (MNe)		NM (Estu)	~ 0,01	0,02 à 0,40 (MNe)	~ 0,004
	NM (Esc)	~ 1,0 10^{-4}					NM (Estu)	~ 0,01

Mesures de la radioactivité des rivières du bassin Nete – Escaut (suite)

	Eaux (Bq/l)		Sédiments (Bq/kg sec)		Faune (Bq/kg sec)		Flore (Bq/kg sec)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
^{226}Ra	0,03 à 0,52 (Win, GLa) 0,011 à 0,022 (Esc)	0,005	34 à 480 (Win) 170 à 240 (GLa) 30 à 80 (MNe) 15 à 70 (GNe) 31 à 55 (Esc)	~ 10	NM (Estu)	~ 1,4	10 à 18 (MNe) 1,8 à 2,5 (Estu)	~ 2
β total	2,3 à 6,5 (Win) 3,1 à 17,1 (GLa) 0,3 à 0,5 (MNe) 0,2 à 0,4 (GNe) 1,3 à 5,0 (Esc)	~ 2,2 ~ 2,4						
^{3}H	11 à 190 (MNe) 5 à 83 (GNe) 6 à 14 (Esc)	~ 9 ~ 9 ~ 8			NM (Estu)	~ 3,5	NM (MNe) NM (Estu)	~ 1,7 ~ 3,6
^{90}Sr	NM (Win, GLa) NM (Esc)	~ 0,1 ~ 0,1	NM (MNe)	~ 3	NM (Estu)	~ 1,1	NM (MNe, Estu)	0,5 à 0,8
^{99}Tc			traces (MNe)	~ 40			3 à 6 (MNe) traces (Estu)	~ 1,0 ~ 5
^{40}K	NM (Win) 2 à 7 (GLa) NM (MNe) NM (GNe) 1 à 5 (Esc)	~ 3 ~ 4 ~ 3 ~ 3 ~ 3	200 à 350 (Win, GLa) 100 à 240 (MNe) 200 à 250 (GNe) 400 à 600 (Esc)		40 à 50 (crevettes) 35 à 65 (huîtres)		60 à 110 (MNe) 130 à 250 (Estu)	~ 10

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 radionucléides artificiels (césium et tritium surtout), 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 radionucléides 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 atmosphérique : prélèvements de poussières de l'air (filtres) près de Coxyde ;
- 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 aucune action. 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 ATMOSPHÉRIQUE

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus pour les poussières de l'air.

Mesures de la radioactivité de l'atmosphère (air) du littoral belge

	Poussières de l'air (Bq/m^3)	
	mesure	LD
γ	NM	~ 10^{-5} ~ 1,3 10^{-5} ($^{134,137}Cs$) ~ 1 10^{-4} (^{106}Ru)
^{7}Be	(1,5 à 4,5) 10^{-3}	
β total	(0,2 à 0,7) 10^{-4}	~ 5 10^{-5}
^{40}K	NM	~ 2 10^{-4}

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

Les résultats obtenus montrent clairement que l'air dans la région de Coxyde (littoral belge) 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 ^{7}Be (radionucléide 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.

5.2 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 ($^{226,228}Ra$, ^{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	80 à 90
^{137}Cs	510 à 530	~ 80
^{40}K	~ $2,1\ 10^4$	
^{226}Ra ^{228}Ra	680 à 770	
^{228}Th	680 à 710	

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.

5.3 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 radionucléides 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.

À 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) sont mises en évidence dans les sédiments marins (à peine significatives) ;
- Aucune radioactivité artificielle n'est mise en évidence dans les poissons.

Le tableau page suivante 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 à 0,3	NM	0,7 à 1,0
^{137}Cs	NM	0,19	1 à 4	~ 0,8
^{60}Co	NM	0,19	traces	~ 0,9
β total	10 à 14			
^{40}K	9 à 11		180 à 300	
α total	traces	~ 0.35		
$^{226,228}Ra$	NM	0,4 à 0,7	6 à 18	
$^{238,(239+240)}Pu$	NM	~ 0,1 10^{-3}	NM	~ 0,4

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 sec)		Faune (moules et crevettes) (Bq/kg sec)		Faune (poissons plats) (Bq/kg sec)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	< 0,3	NM	< 0,5	NM	0,3 à 0,6
^{137}Cs	NM	~ 0,2	NM	~ 0,4	NM	~ 0,4
^{60}Co	NM	~ 0,3	NM	~ 0,4	NM	~ 0,4
^{131}I	traces	~ 4,4	NM	4 à 7	NM	~ 30
^{90}Sr	NM	~ 0,8	NM	~ 0,9	NM	~ 1,2
^{40}K	160 à 250		35 à 70		90 à 110	
^{3}H	NM	~ 2,2	NM	2 à 4	NM	~ 2,9
^{99}Tc	traces	~ 5			traces	~ 2,5
$^{226,228}Ra$	traces	0,5 à 2,0	NM	0,7 à 2,0	NM	0,8 à 1,7
$^{238,(239+240)}Pu$	NM	~ 0,027	NM	~ 0,01	NM	~ 0,01
^{241}Am	NM	~ 0,024	NM	~ 0,04	NM	~ 0,01

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 ;
- Le ^{137}Cs et les $^{238,(239+240)}Pu$ - ^{241}Am, éléments transuraniens d'origine artificielle (produits et rejetés par les centrales nucléaires et rejetés par l'industrie nucléaire de retraitement de combustible usagé – usines de retraitement de La Hague en France et de Shellafield au Royaume Uni), ne sont pas détectables, toutes les teneurs sont au niveau des limites de détection.

6. LA ZONE DE RÉFÉRENCE : RÉGION BRUXELLES CAPITALE

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.

À 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 et précipitations en 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)		Bacs de dépôts (Bq/m^2)	
	mesure	LD	mesure	LD
γ	NM	~ 10^{-5} (2,0 à 2,2) 10^{-5} (^{134,137}Cs) 2,0 10^{-4} (^{106}Ru)	NM	7 à 11 (filtrat) 0,8 à 2,0 (dépôt filtre) Filtrat ~ 7,5 (^{134,137}Cs) ~ 60 (^{106}Ru) Dépôt filtre ~ 0,8 (^{134,137}Cs) ~ 7,5 (^{106}Ru)
^{7}Be	(1,7 à 5,6) 10^{-3}		traces (filtrat) 8 à 45 (dépôt filtre)	~ 170 ~ 12
β total	(0,4 à 0,8) 10^{-3}	~ 0,19 10^{-3}	0,5 à 6,0 (filtrat) 0,8 à 6,0 (dépôt filtre)	~ 0,6 ~ 0,1
^{40}K	(0,5 à 1,5) 10^{-3}		NM	~ 120 (filtrat) ~ 11 (dépôt filtre)
^{3}H			NM (distillat)	~ 235
α total			0,04 à 2,3 (filtrat) 0,3 à 1,5 (dépôt filtre)	~ 0,3 ~ 0,05

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'Institut Royal de Météorologie de Belgique - IRM à Uccle-Bruxelles) 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 ^{7}Be (radionucléide 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'Institut Royal de Météorologie de Belgique (IRM) à Uccle-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}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 page suivante résume l'ensemble des résultats obtenus pour les sols (prairies/sols de surface).

En synthèse :

- La radioactivité naturelle (^{40}K, ^{226,228}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'IRM (Uccle-Bruxelles) (Bq/m^2)	
	mesure	LD
γ	NM	~ 30
^{137}Cs	160 à 220	~ 25
^{40}K	~ 12 10^3	
^{226}Ra ^{228}Ra	(1,0 à 1,2) 10^3	
^{228}Th	~ 1,0 10^3	

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}Ru, etc.

Les contrôles effectués en Belgique portent sur les compartiments suivants :

- <u>Eaux de boisson</u> : 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) ;

- <u>Lait</u> : 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 ;

- <u>Denrées alimentaires</u> : des échantillons sont prélevés en grande distribution et sur des marchés. Des poissons marins sont contrôlés au départ de pêcheries sur la côte belge ;

- <u>Des repas « témoins »</u> 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).

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 ^{3}H, 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}Ra, 0,1 Bq/litre en ^{232}Th, 4 Bq/litre en ^{234,238}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.

Par contre, la directive précise deux valeurs paramétriques à respecter : ***100 Bq/litre en tritium*** (^{3}H) 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 ^{3}H, 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.

Le 22 octobre 2013, la Commission européenne a publié dans le cadre du Traité EURATOM la directive 2013/51/EURATOM du Conseil : ***fixant des exigences pour la protection de la santé de la population en ce qui concerne les substances radioactives dans les eaux destinées à la consommation humaine***. Cette directive reprend fidèlement les annexes techniques développées qui devaient être intégrées dans la directive 98/83/CE.

Elle reprend les deux valeurs paramétriques précédentes et y adjoint une troisième : ***100 Bq/litre en Radon (^{222}Rn)***.

En ce qui concerne la nécessité ou non de calculer la dose totale indicative, on a retenu dans les 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 radionucléides (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 radionucléides (Uranium ; en β : ^{14}C et ^{90}Sr ; en α : $^{239+240}Pu$ et ^{241}Am ; en γ : ^{60}Co, $^{134-137}Cs$ 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 radionucléide 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 : Brabant Flamand (Louvain), Brabant Wallon (Wavre), région Bruxelles Capitale (Bruxelles), Liège (Liège), Namur (Namur), Hainaut (Fleurus), Luxembourg (Florenville), Flandre orientale (Gand), Flandre occidentale (Reningelst et 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 ^{3}H (artificiel). Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre du contrôle de la radioactivité des eaux de boisson.

Son analyse montre que :

- Seuls le ^{3}H 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. Néanmoins, la DTI n'atteint jamais la valeur paramétrique de 0,1 mSv/an ;
- 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, radionucléide 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 Reningelst situé près de Poperinge et à Fleurus) 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. On note parfois également un dépassement à Gand. Même si cela ne conduit pas à un dépassement de la DTI, ces eaux doivent être

plus particulièrement contrôlées. L'origine de ces dépassements à Reningelst et Gand provient de mélanges d'eaux provenant de Wallonie (région de Fleurus/Mons), eaux naturellement plus chargées en radium. Des contrôles sont aussi effectués sur le réseau de distribution principal à Poperinge même qui ne montrent pas de dépassements. Le contrôle de routine prend donc en compte la ville de Poperinge en plus de celle de Reningelst.

Mesures de la radioactivité des eaux de boisson

	Radioactivité des eaux (Bq/l)	LD (Bq/l)	Valeur « screening » (Bq/l)
^{3}H	NM (Florenville, Fleurus, Liège, Wavre) 8 à 45 (Namur) NM (Mol, Zepperen, Louvain, Reningelst, Poperinge) NM à 43 (Bruxelles) 11 à 37 (Gand)	~ 2,6 ~ 2,5 ~ 5,8 ~ 6,1 ~ 5,2	100
β total résiduel *	traces : 0,02 à 0,09 (Florenville, Fleurus, Namur, Liège, Wavre) 0,01 à 0,13 (Mol) 0,03 à 0,17 (Zepperen) 0,09 à 0,41 (Reningelst, Poperinge) 0,03 à 0,12 (Gand, Bruxelles, Louvain)	~ 0,01	1
^{40}K	0,002 à 0,04 (Florenville, Fleurus) 0,06 à 0,11 (Namur, Liège) 0,05 à 0,06 (Wavre) 0,13 à 0,15 (Mol) 0,07 à 0,20 (Zepperen, Reningelst) 0,30 à 0,65 (Poperinge) 0,09 à 0,10 (Gand, Bruxelles) 0,02 à 0,09 (Louvain)		NA
α total	NM (Mol) 0,04 à 0,07 (Zepperen) **0,11 à 0,25 (Reningelst)** 0,03 à **0,14** (Poperinge) NM à 0,03 (Florenville) 0,03 à 0,05 (Namur, Wavre) 0,08 à **0,11** (Fleurus) 0,01 à **0,16** (Gand) 0,01 à 0,08 (Bruxelles, Louvain) 0,04 à 0,07 (Liège)	0,02 à 0,04	0,1
^{226}Ra	**0,09 à 0,14 (Reningelst)** 0,04 à 0,07 (Fleurus)	0,01 à 0,02	0,1

NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)
NA : non applicable - ***** : 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}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 47-58 Bq. Les autres radionucléides 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 page suivante présente une synthèse des résultats obtenus.

Mesures de la radioactivité du lait en fonction des régions

	Territoire national	Bassin Sambre - Meuse		Bassin Nete - Escaut		
	Mélange national	Régions de Fleurus, Tihange	Région de Chooz	Région de Mol - Dessel	Région de Doel	
	mesure (Bq/l)					LD (Bq/l)
$^{134,137}Cs$	NM	NM	NM	NM	NM	0,2 à 0,8
^{131}I	NM	NM	NM	NM	NM	0,2 à 1,4
^{90}Sr	NM	NM à 0,33	0,03 à 0,06	NM	NM	0,03 à 0,06
^{40}K	45 à 49	39 à 46	37 à 49	46 à 51	45 à 49	

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

En synthèse :

- La radioactivité artificielle est non-mesurable pour les $^{134,137}Cs$ 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.

Le rapport reprend les données obtenues dans le cadre de la surveillance du territoire (près de 770 échantillons conduisant à près de 5960 mesures de radioactivité) augmentées de celles fournies par l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire - AFSCA (240 échantillons dont 76 en provenance du Japon) conduisant à environ 670 mesures de radioactivité supplémentaires. Ainsi, 1430 échantillons de denrées alimentaires ont été contrôlés (boissons non alcoolisées, thés, additifs alimentaires et protéines animales non comprises) et les données analysées et interprétées. L'AFSCA cible en particulier les points d'entrée frontaliers pour les importations venant de pays non européens, des agences de douane, abattoirs, exploitations agricoles, entrepôts, des fabricants et des grossistes… Tous ces points de contrôles étant accessibles à cette agence dans le cadre de ses missions.

Des légumes de consommation courante sont récoltés : laitues, poireaux, céleris, choux-fleurs, choux de Bruxelles, choux blanc, choux rouge, brocolis, haricots, carottes, chicons, asperges, tomates, concombres, poivrons, salsifis, navets, aubergines, courgettes, épinards, betteraves, fenouil, potirons, oignons, rutabagas, pommes de terre, champignons de couche, champignons sauvages, etc.

Des fruits de consommation courante sont également récoltés : poires, pommes, nectarines, kiwis, prunes, mangues, melons, oranges, bananes, baies, fraises, mûres, raisins, etc.

Des viandes en provenance de marchés et d'abattoirs sont également analysées : bœuf, veau, cheval, porc, mouton, chèvre, lapin, agneau, volaille (dont poulet, dinde, faisans, canards, oies, autruches, etc.), chevreuil, sanglier en saison. Des escargots et des cuisses de grenouilles sont également contrôlés.

Dans un même animal, les organes concentrent différemment les radionucléides. Ces différences sont liées aux voies métaboliques empruntées par les radionucléides pour pénétrer et éventuellement se fixer dans l'organisme.

À 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 influer 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).

Les tableaux suivants présentent une synthèse des résultats obtenus.

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

	Légumes, fruits & céréales		Poissons de mer		Poissons d'eau douce	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
^{137}Cs	NM	0,1 à 0,5	traces (0,1 à 5,0)	0,5 à 4,0	NM	~ 0,7
^{90}Sr	NM	0,04 à 0,2	NM	0,3 à 0,6		
^{226}Ra	NM	0,2 à 1,8	traces (NM à 4,1)	1,0 à 2,5		
^{40}K	35 à 200 légumes 35 à 50 fruits 110 à 250 fruits secs 30 à 40 céréales		80 à 160		110 à 120	

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

	Mollusques et crustacés (marin)		Viandes rouges (bœuf, veau, cheval, porc, mouton, lapin, gibier)		Viandes blanches (volailles)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
^{137}Cs	NM	0,2 à 1,0	NM traces (2 à 3 viandes importation)	0,5 à 4,0	NM	0,9 à 1,5
^{90}Sr			NM	0,03 à 0,7	NM	0,05 à 0,7
^{226}Ra	traces (NM à 3,5)	0,4 à 2,0	NM	0,9 à 2,6	NM	1,9 à 3,8
^{40}K	24 à 140 (mollusques) 26 à 115 (crustacés)	~ 17	50 à 180		50 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'appellent 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.

7.4 RADIOACTIVITÉ DES REPAS TÉMOINS

Des repas « témoin » sont prélevés mensuellement en région Bruxelles Capitale, en Flandre et en Wallonie dans des restaurants de collectivités, de supermarchés 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 (Drogenbos-Carrefour)		Wallonie (Fleurus-collectivité)		Flandre (Mol- Mess SCK•CEN/VITO)	
	mesure	LD	mesure	LD	mesure	LD
$^{134,137}Cs$	NM	~ 0,4	NM	~ 0,7	NM	~ 0,3
^{90}Sr	NM	~ 0,6	NM à traces	~ 0,04	NM	~ 0,4
^{40}K	30 à 80		35 à 100		30 à 175	
^{14}C	0,17 à 0,23*	< 0,04*	0,19 à 0,21*	< 0,04*	0,19 à 0,22*	< 0,04*

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. SUIVI DES REJETS DES SITES NUCLÉAIRES ET DES INDUSTRIES NORM

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).

Un dossier d'information spécifique traitant des "Rejets d'effluents radioactifs des établissements nucléaires de classe I en 2013" est d'ailleurs publié par l'AFCN quant aux déclarations de rejets par les exploitants de sites nucléaires (http://fanc.fgov.be/GED/00000000/3600/3640.pdf).

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, de Belgoprocess, de Belgonucléaire et de FBFC International) ;
- Site de l'IRE : ne produit pas de déchets liquides radioactifs dans l'environnement mais peut rejeter de manière contrôlée en respectant son autorisation d'exploitation des gazes rares et des radio-iodes en forme gazeuse. L'IRE est une fondation d'utilité publique et un important producteur mondial de radionucléides utilisés en médecine nucléaire à des fins de diagnostic et de thérapie ;
- Site d'une industrie NORM située à Tessenderlo (unité de production de phosphates alimentaires) qui rejette du ^{226}Ra dans le Grote Laak et le Winterbeek. Le suivi de ces rejets est intégré dans le programme de surveillance radiologique du territoire. En outre, d'autres sites NORM ou des sites historiquement contaminés font l'objet d'une surveillance environnementale, soit via l'exploitant, soit via des interventions ponctuelles de l'AFCN, en particulier dans le cadre du projet « NORM monitoring » .

Globalement, l'analyse des valeurs des 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.

Les rejets liquides opérés dans la Molse Nete sont moins négligeables et rendent 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. Ce suivi est également nécessaire pour d'autres sites NORM ou présentant une contamination « historique ».

8.1 REJETS LIQUIDES DES SITES NUCLÉAIRES

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).

8.1.1 Centrales nucléaires :

Les limites de rejets liquides sont fixées pour le *site de Tihange*, trois réacteurs totalisant une capacité totale installée de 3022 MWe, à 1,48 10^5 GBq en ^3H et à 8,88 10^5 MBq en émetteurs bêta-gamma ; pour le *site de Doel*, quatre réacteurs d'une capacité totale de 2910 MWe, elles sont fixées à 1,04 10^5 GBq en ^3H et à 1,50 10^6 MBq en émetteurs bêta-gamma voir le dossier d'information sur les rejets d'effluents radioactifs des établissements nucléaires de classe I)

De façon plus détaillée :

- Pour la centrale de Tihange : les rejets liquides d'effluents primaires sont les plus radioactifs.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des données disponibles.

Mesures de la radioactivité des rejets liquides de la centrale nucléaire de Tihange de différents circuits d'effluents exprimées en Bq/litre (LD : limite de détection)

	Traitement des effluents liquides primaires (canal de rejet)		Purges des générateurs de vapeur	
	Mesures	LD	Mesures	LD
^{137}Cs	10 à 180	1 à 2,5	NM	~ 1,3
^{134}Cs	5 à 20	2 à 2,5	NM	~ 1,5
^{60}Co	8 à 250	1 à 5	NM	~ 1,5
^{58}Co	3 à 65	~ 2	NM	1,6 à 2,3
^{54}Mn	NM à 13	~ 2	NM	1,1 à 1,4
^{110m}Ag	3 à 34	~ 2	NM	1,7 à 2,0
^{51}Cr	NM	20 à 45	NM	24 à 44
$^{124, 125}Sb$	NM à 25	2 à 6	NM	2,0 à 3,5
^3H	3,0 10^4 à 6,0 10^6		30 à 9000	

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

Ces effluents ne sont pas rejetés comme tels, ils sont dilués par des effluents "froids" provenant de zones techniques et de locaux ainsi que par les eaux de condensation récupérées au niveau des tours de refroidissement.

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

- Pour la centrale de Doel : les rejets liquides d'effluents primaires sont les plus radioactifs.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des données disponibles.

Mesures de la radioactivité des rejets liquides du bâtiment de traitement des effluents liquides radioactifs (WAB) de la centrale nucléaire de Doel exprimées en Bq/litre (LD : limite de détection)

	Traitement des effluents liquides provenant des zones contrôlées		Traitement des effluents liquides provenant des circuits secondaires des zones contrôlées	
	Mesures	LD	Mesures	LD
^{137}Cs	0,1 à 95	~ 1,7	NM	~ 1,4
^{134}Cs	NM	~ 1,5	NM	~ 1,3
^{60}Co	0,5 à 3,5	~ 2	NM	~ 1,3
^{58}Co	0,2 à 4,5	~ 2	NM	~ 1,6
^{54}Mn	NM	~ 1,4	NM	~ 1,4
^{110m}Ag	traces	~ 2	NM	~ 1,3
^{51}Cr	NM	~ 20	NM	~ 19
$^{124, 125}Sb$	NM à 25	2 à 3	NM	1,7 à 3,6
^{3}H	(1,1 à 11) 10^5		30 à 80	

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

Ces effluents ne sont pas rejetés comme tels, ils sont dilués par des effluents "froids" provenant de zones techniques et de locaux ainsi que par les eaux de condensation récupérées au niveau des tours de refroidissement.

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

8.1.2 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.

Les rejets opérés par le site dans la Molse Nete, qui respectent largement la limite fixée, sont néanmoins 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 :

Le tableau page suivante résume les données obtenues.

Mesures de la radioactivité des rejets liquides des sites nucléaires de Mol-Dessel, prélevés dans la conduite avant rejet, exprimées en Bq/litre

	Mesures	LD
^{137}Cs	NM à 3	~ 1,4
^{134}Cs	NM	~ 1,6
^{60}Co	traces	~ 1,5
^{58}Co	NM	~ 1,8
^{54}Mn	NM	~ 1,4
^{99}Tc	0,3 à 6,0	~ 0,07
β total	1 à 13	
^{90}Sr	0,2 à 1,5	~ 0,2
α total	0,1 à 7,5	
^{241}Am	0,1 à 7,5	
$^{239, 240}Pu$	0,05 à 4,2	
$^{234, 238}U$	0,008 à 0,080	~ 0,01
^{3}H	$8,1\ 10^{2}$ à $3,9\ 10^{5}$	

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

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

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).

Le tableau de la page suivante résume les données obtenues.

De façon plus détaillée :

Des quantités mesurables d'émetteurs alpha sont rejetées mensuellement : de 0,2 à 2,8 Bq/l (on note une diminution par rapport aux années 2001-2002). À noter que les limites de détection sont de l'ordre de 0,2 à 0,4 Bq/l ce qui indique que ces rejets sont à peine mesurables. L'installation ne peut rejeter plus de 20 Bq/l en alpha totaux (RGPRI).

En synthèse : pas de problème radiologique à noter.

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

Radionucléide	mesure	LD
γ	NM	0,9 à 1,8
α total	0,2 à 2,8	~ 0,4
β total	0,3 à 1,5	~ 0,3
^{234}U	0,2 à 2,0	~ 0,9
$^{235,236}U$	NM	~ 0,2
^{238}U	0,09 à 1,30	~ 0,3
^{241}Am	$3,5\ 10^{-3}$ à $8,0\ 10^{-2}$	~ $2,2\ 10^{-2}$
^{238}Pu	$4,2\ 10^{-2}$ à 0,3	~ $5\ 10^{-3}$
$^{239+240}Pu$	$4,0\ 10^{-3}$ à $4,2\ 10^{-2}$	~ $5\ 10^{-3}$

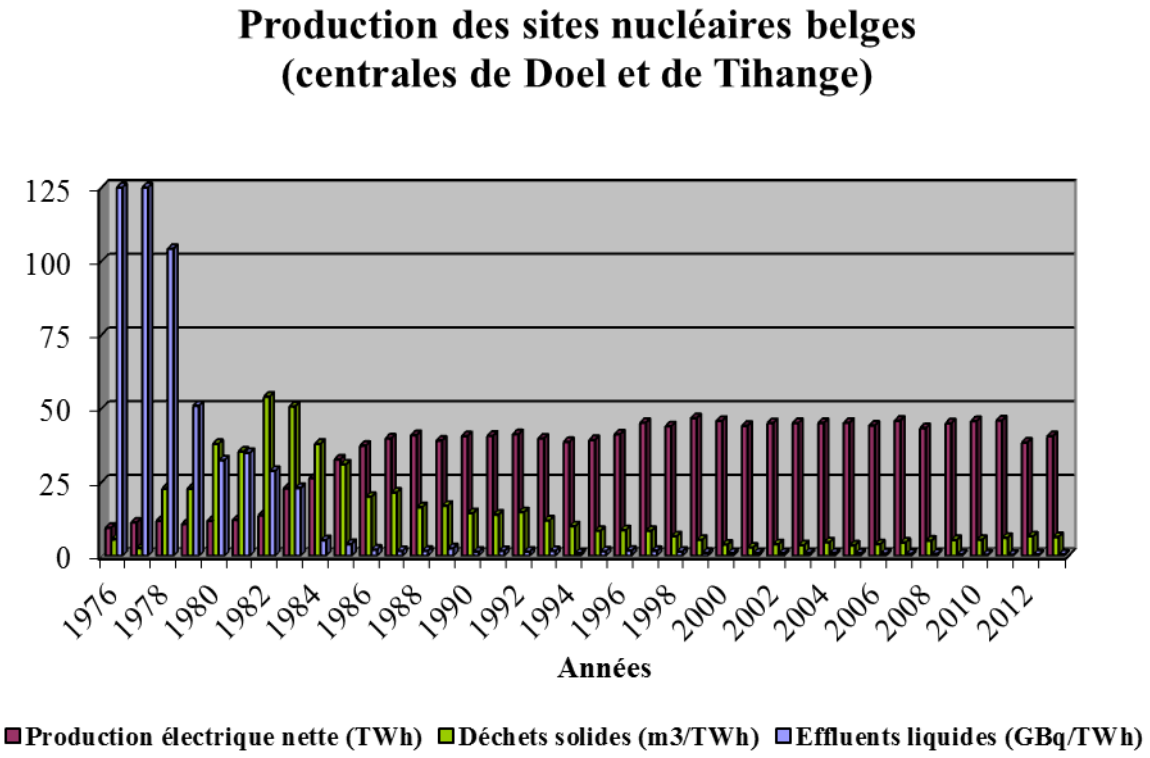
NM : non-mesurable, mesure inférieure ou égale aux limites de détection (LD)

8.1.3 Données Electrabel concernant les centrales nucléaires :

Un autre point intéressant à mettre en exergue concerne la quantité de déchets liquides et de déchets solides (enlevés pour traitement par l'ONDRAF - Organisme National des Déchets Radioactifs et des matières Fissiles enrichies) générés par les centrales nucléaires (graphique suivant).

La production électrique totale reste plus ou moins constante autour de 45 TWh ces dernières années, celle-ci a diminué autour de 40 TWh en 2012 et 2013 en raison de l'arrêt de réacteurs. La quantité de radioactivité rejetée dans les effluents liquides a fortement diminué : d'environ 42 GBq en 2003 et 2004, elle est passée progressivement à près de 17 GBq en 2010 pour atteindre environ 15,7 GBq en 2012 (soit 0,408 GBq/TWh) et 17,8 GBq en 2013 (soit 0,438 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 : les volumes actuels restent stables autour de 6-6,4 m^3/TWh depuis trois ans.



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.

8.2 INDUSTRIES NORM ET SITES HISTORIQUEMENT CONTAMINÉS

La Belgique compte un certain nombre d'industries NORM encore en activité, notamment dans le secteur des phosphates. Les déchets de ces industries sont dans certains cas stockés sur des mono-décharges; du fait des volumes importants mis en jeu – plusieurs millions de m^3 – l'impact environnemental de ces mono-décharges peut être non négligeable ce qui justifie la mise en place d'un système de monitoring.

Par ailleurs, il existe en Belgique un certain nombre de sites contaminés par des substances radioactives en conséquence d'activités passées (on parlera de sites « historiquement contaminés » – « *legacy sites* »). Outre des sites liés à l'industrie NORM, comme d'anciennes décharges de phosphogypse, on compte également des sites liés aux anciennes activités d'extraction de radium.

En 2013, un certain nombre de ces sites ont été intégrés dans le programme de surveillance radiologique de l'AFCN. Dans certains cas, le monitoring environnemental est assuré par l'exploitant du site.

8.2.1 Sites liés à l'industrie des phosphates

8.2.1.1 Sites liés aux activités de TESSENDERLO CHEMIE nv

TESSENDERLO CHEMIE nv produisait notamment des aliments pour bétail à partir de phosphates sédimentaires d'origine nord-africaine. L'unité phosphate a cependant fermé ses portes fin 2013 et est actuellement en cours de démantèlement. La dissolution des minerais de phosphates s'effectuait à l'aide d'acide chlorhydrique. Il en résultait la production de quantités importantes de déchets à base de fluorure de calcium. Ces déchets étaient mis en mono-décharge.

a) Grote Laak et Winterbeek

Jusque dans les années 90, une partie significative du radium présent dans les minerais de phosphates était évacué via les eaux de rejet. La concentration en radium dans les eaux de rejet pouvait atteindre alors 20 à 25 Bq/l. Afin de diminuer cette concentration, le procédé de co-précipitation au baryum a été mis en œuvre : cela a conduit à une nette diminution de la concentration en radium dans l'eau.

Depuis 2000, les rejets opérés par *TESSENDERLO CHEMIE* ont été mesurés directement dans le canal de rejet qui se déverse dans le Winterbeek. En 2013, la concentration en ^{226}Ra moyenne mensuelle est restée inférieure à 2 Bq/l.

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 dans le bassin de la Demer. Les valeurs en alpha total dans le Winterbeek ont varié entre 0,25 et 1,4 Bq/l tandis que les valeurs bêta total variaient entre 2,0 et 6,5 Bq/l (moyennes mensuelles). La concentration en Ra-226 a fluctué entre 0,03 et 2,5 Bq/l. En ce qui concerne le Grote Laak, les valeurs en alpha total ont varié entre 0,37 et 2,67 Bq/l tandis que les valeurs bêta total variaient entre 2,1 et 17 Bq/l (moyennes mensuelles). La concentration en Ra-226 a fluctué entre 0,04 et 0,47 Bq/l.

Les concentrations significatives en radium dans les eaux de rejet enregistrées jusque dans les années 90 ont conduit à une contamination du Laak et du Winterbeek et du fond de ces ruisseaux. Le dragage de ceux-ci et le dépôt des sédiments sur leurs rives a conduit à une contamination de celles-ci. Des concentrations en radium de l'ordre de plusieurs Bq/g ont été relevées. L'assainissement du Winterbeek (lit de rivière, rives et zones inondables) est en cours de préparation et est suivi par un groupe d'accompagnement auquel participe l'AFCN.

La diminution de la concentration en radium dans les eaux de rejets a eu pour contrepartie l'augmentation de cette concentration dans les résidus solides (fluorure de calcium). Cette concentration atteint maintenant un peu plus de 10 Bq/g.

b) Les décharges

La mono-décharge « Veldhoven » sur laquelle *TESSENDERLO CHEMIE nv* dépose ses résidus solides fait également l'objet d'un suivi radiologique. La concentration en radon à l'air libre sur et autour de la décharge y est suivie. Le tableau ci-dessous reprend les concentrations en radon mesurées depuis 2009. Les zones S1 et S2 sont les zones les plus anciennes de la décharge. Le tableau reprend également la concentration en radon (en Bq/m³) sur une ancienne décharge située à l'intérieur de l'enceinte de l'entreprise.

	Sur et près des zones S1 et S2 de la décharge	S3	Environnement de la décharge	Décharge dans l'enceinte de l'entreprise
2009	80	20	10	60
2010	65	20	10	30
2011	78	25	15	83
2012	60	15	10	45
2013	45	20	10	43

À côté de la mono-décharge Veldhoven encore (partiellement) en activité, TESSENDERLO CHEMIE possède également d'autres décharges et bassins qui ne sont plus en exploitation.

Les travaux d'assainissement de l'ancienne décharge située à l'intérieur de l'enceinte de l'entreprise se sont poursuivis en 2013, de même que l'assainissement des bassins de rétentions des eaux usées du Kepkensberg (cf. le rapport de surveillance radiologique 2012 pour une description des niveaux de contamination relevés sur ces sites). La concentration en radium-226 dans les eaux de drainage du bassin du Kepkenberg a été mesurée et varie entre ~50 mBq/l et 1,5 Bq/l.

8.2.1.2 Sites liés aux activités de PRAYON sa

La société *PRAYON sa* produit de l'acide phosphorique et des engrais ; elle utilise le procédé de dissolution par acide sulfurique ce qui conduit à la production de résidus de phosphogypse. L'entreprise dispose actuellement de deux sites de production en Belgique: l'un à Puurs et l'autre à Engis près de Liège.

Actuellement, la production du site de Puurs s'effectue directement à partir d'acide phosphorique, si bien que seules des quantités marginales de phosphogypse sont produites. Le site d'Engis utilise comme matières premières des minerais de phosphates d'origine essentiellement magmatiques. Ceux-ci ont une concentration en éléments radioactifs naturels sensiblement plus basse que les phosphates sédimentaires.

PRAYON sa dispose à côté de son site de production d'Engis d'une mono-décharge en exploitation – le CET (Centre d'Enfouissement Technique) de classe 5.2[3] d'Engihoul - sur laquelle sont déversés les excédents de phosphogypse issus du processus de production. Les teneurs en ^{226}Ra des eaux souterraines sont suivies via des prélèvements dans six piézomètres. Les valeurs mesurées sont de l'ordre de grandeur des concentrations naturelles. Il en est de même pour la concentration en radon à l'air libre à la surface du site.

On retrouve aussi à Engis une décharge de phosphogypse « historique » - le site du Hardémont - qui n'est actuellement plus en exploitation (cf. le rapport de surveillance radiologique 2010). Une mesure en alpha total et beta total a été effectuée en 2013 sur un échantillon d'eau du ruisseau du Giltay dans lequel se déverse des eaux de ruissellement de la décharge d'Hardémont. Les valeurs mesurées étaient basses, inférieures aux valeurs de screening pour l'eau potable.

Les eaux de rejet des deux sites de production de Engis et de Puurs ont également été analysées en 2013 : aucune valeur anormale n'a été constatée.

[3] Les CET de classe 5.2 sont des mono-décharges pour déchets non dangereux.

Le siège de Puurs n'exploite plus actuellement de décharge mais on retrouve dans la région un certain nombre d'anciennes décharges de phosphogypse liées aux activités historiques de PRAYON-Rupel. Celles-ci ont été décrites dans les précédents rapports de surveillance du territoire.

8.2.1.3 Le site de l'entreprise ex-RHODIA CHEMIE à Gand

La décharge de phosphogypse située à la limite des communes de Zelzate et de Gand a été exploitée de 1925 à 2009 par la société RHODIA d'abord, NILEFOS nv ensuite. Cette dernière entreprise s'est déclarée en faillite en 2009. La superficie de cette décharge s'élève à environ 65 ha et le volume total de phosphogypse à ~18 millions de tonnes.

Les valeurs en alpha total et beta total des eaux souterraines et de percolation de cette décharge sont suivies semestriellement. Pour les eaux souterraines, la valeur maximale en alpha (resp. beta) total s'élevait à 0,2 Bq/l (resp. 1,7 Bq/l). La valeur relativement élevée en beta total s'explique cependant essentiellement par la concentration en potassium de l'eau souterraine. Les eaux de percolation sont par-contre impactées par la radioactivité du phosphogypse : bien que la concentration en radium-226 dans le percolât ne soit pas anormale, il n'en est pas de même des concentrations en uranium et en polonium-210 dont les concentrations (500 µg/l pour l'uranium et 0.26 Bq/l pour le Po-210) sont environ 100 fois plus élevées que les valeurs « normales » dans l'environnement. Ces concentrations restent cependant inférieures aux limites de rejet définies dans le RGPRI.

Des contaminations ont également été observées dans le sol en dehors de la décharge, à l'intérieur du périmètre des anciennes unités de production. La cartographie du rayonnement externe a été publiée dans les précédents rapports de surveillance. Des contaminations importantes en uranium dans certaines anciennes installations ont également été relevées en 2013.

8.2.2 Autres sites NORM

8.2.2.1 Eaux de rejet d'activités industrielles NORM

Outre les sites décrits plus haut, des mesures ponctuelles des eaux de rejet de l'entreprise métallurgique SADACI nv et de la papeterie STORA-ENSO, toutes deux situées à Gand, ont été effectuées. Aucune concentration anormale n'a été constatée.

Les eaux de rejet de l'entreprise de production de dioxyde de titane KRONOS nv, également à Gand, présentent par-contre une concentration renforcée en radium. Les mesures effectuées en 2013 (0,7 Bq/l en Ra-226) confirment la tendance décrite dans le rapport de surveillance radiologique 2012.

À noter que l'échantillonnage des eaux de rejet de ces trois dernières entreprises a été effectuée par le VMM (Vlaamse Milieumaatschappij).

8.2.2.2 Mesures des eaux souterraines et de percolation des décharges

Les eaux souterraines, de percolation et de rejet de différentes décharges (appelées aussi Centres d'Enfouissement Technique – CET) ont été investiguées. Des analyses ont été effectuées pour 5 CET de classe 2 en Wallonie:

- Le CETB à Monceau-sur-Sambre (Hainaut) ;
- Cour-au-Bois (Brabant wallon) ;
- Habay-la-Neuve et Tenneville (province du Luxembourg) ;

- Hallembaye (province de Liège) ;
- Mont-Saint-Guibert (Brabant wallon).

Les CET de classe 5.1[4] (mono-décharges) exploité par ArcelorMittal à Seraing (« La Chatqueue » - résidus d'activités sidérurgiques) et par ERACHEM-COMILOG à Saint-Ghislain (production de manganèse) ont également été étudiés.

On trouvera sur le site internet de la région wallonne une description technique des CET wallons.

http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/00intro/00_4rc.htm

En Flandre, la décharge pour déchets dangereux d'INDAVER à Anvers a été étudiée.

Des mesures alpha total et beta résiduel ont été effectuées systématiquement sur chaque échantillon. En fonction des cas, une détermination de l'uranium, du radium-226, du radium-228 ou du Pb-210 ont aussi été effectuées.

Les conclusions des mesures effectuées sont les suivantes :

Eaux souterraines:

- Les valeurs **alpha totale** (maximum 0,15 Bq/l) sont toutes compatibles avec des valeurs « de fond ». La valeur **beta totale** ne dépasse 1 Bq/l que dans un seul cas mais s'explique par la concentration en potassium.
  Aucune présence significative de radionucléides naturels (autre que le potassium) dans les eaux souterraines n'est donc à signaler.

Lixiviat et rejet:

- En **alpha total**, toutes les valeurs mesurées sont inférieures à 1 Bq/l tant dans le lixiviat que dans l'eau de rejet. La valeur maximale mesurée dans le rejet est de 0,76 Bq/l (Cour-au-Bois) ;
- Les valeurs **beta totale** dans les lixiviats et les rejets sont systématiquement élevées mais s'expliquent essentiellement par le K-40 ;
- Les valeurs en alpha total et en beta total sont généralement du même ordre en amont en aval de la station d'épuration ;
- Les activités mesurées en uranium et en radium ne sont jamais significatives.

De façon générale, aucun dépassement des valeurs de référence n'a été constaté, ni dans les eaux souterraines, ni dans les percolâts.

En synthèse, l'impact radiologique **actuel** des industries NORM encore actives en Belgique est limité. Néanmoins, les niveaux d'activité des résidus mis en mono-décharge par *TESSENDERLO CHEMIE* nécessitent qu'un suivi radiologique de cette mono-décharge soit effectué. En particulier, dans le contexte de l'arrêt de la production de phosphates par Tessenderlo Chemie fin 2013, toute nouvelle affectation du site devra faire l'objet d'une étude d'impact radiologique.

Par ailleurs, un suivi des différents sites « NORM » **historiques** est également nécessaire: bien que leur impact environnemental **actuel** soit également limité, tout changement d'usage de ces

[4] Les CET de classe 5.1 sont des mono-décharges pour déchets dangereux.

terrains contaminés doit faire l'objet d'une analyse de risque. Ainsi, les taux d'exhalation en radon du phosphogypse sont importants et une reconversion éventuelle des anciens sites de décharges de phosphogypse en terrains à bâtir (qu'il s'agisse d'habitations ou de bâtiments de travail) pourrait conduire à une exposition significative si aucune mesure de précaution contre l'infiltration du radon n'est prise dans la construction de ces bâtiments. Ces sites sont d'ailleurs considérés par l'AFCN comme des zones à risque radon anthropogène.

8.2.3 Autres sites historiquement contaminés : sites liés aux anciennes activités d'extraction du radium à Olen

Entre 1922 et 1969, l'usine métallurgique de l'ex-Union Minière (maintenant UMICORE) située à Olen (province d'Anvers) a été active dans l'extraction de radium et d'uranium et la production de sources de radium. À côté de ses activités d'extraction de radium, cette firme a également été active dans la production d'autres métaux, notamment le cobalt. Une partie des résidus de production (tailings, aiguilles de radium,…) et des déchets de démantèlement ont été placés dans une installation d'entreposage autorisée : l'installation UMTRAP (*Uranium Mill Tailings Remedial Action Project*).

Entre 2006 et 2008, les rives de la rivière Bankloop qui avaient été contaminées en conséquence des activités de l'entreprise ont fait l'objet de travaux d'assainissement. Les matériaux résultant de ce projet d'assainissement ont été placés dans une autre installation d'entreposage autorisée.

Ces deux installations autorisées sont situées sur le site de l'entreprise et font l'objet d'un programme de surveillance radiologique, imposé par l'autorité de sûreté. Les concentrations en radon à l'air libre ainsi que les concentrations en radium dans les eaux de surface et les eaux souterraines sont mesurées autour de chaque installation.

Le tableau ci-dessous reproduit les valeurs minimum et maximum pour chaque grandeur mesurée en 2013. Les variations sont liées à l'emplacement des points de mesure et aux conditions atmosphériques.

	UMTRAP			**Installation d'entreposage « Bankloop »**		
	# points de mesure	Min	Max	# points de mesure	Min	Max
Concentration Rn-222, air libre (Bq/m^3)	3	31	174	6	10	194
Concentration[5] Ra-226, eaux de surface (mBq/l)	2	7,9	16,5	2	6,4	41
Concentration Ra-226, eaux souterraines (mBq/l)	4	5,5	17,8	4	10	41
Concentration Ra-226, percolât (mBq/l)	0	-	-	1	8,8	62,4

[5] Cependant, les mesures en alpha total augmentent depuis 2009 (3,19 Bq/l en alpha total en 2013): une mesure en spectrométrie alpha a également révélé la présence d'uranium.

Outre les matériaux stockés dans ces deux installations autorisées, on retrouve sur et autour du site de l'entreprise plusieurs terrains présentant une contamination au radium non négligeable et qui doivent encore faire l'objet d'un processus de remédiation.

En particulier, certains déchets de production et déchets de démantèlement de l'unité d'extraction de radium avaient également été mis en dépôt sur deux décharges, les décharges D1 et S1.

La décharge D1 montre les niveaux les plus importants de contamination: la concentration d'activité moyenne en Ra-226 sur l'ensemble du volume de la décharge (217 000 m^3) se situe entre 5 et 20 Bq/g mais la concentration maximale de certaines « *hot spots* » approche 1 kBq/g. Ces deux décharges ne sont cependant pas accessibles au public : l'impact radiologique **actuel** n'est donc pas significatif. Deux échantillons d'eaux souterraines autour de la décharge D1 ont été analysés en 2013: aucune valeur anormale n'a été relevée.

Des contaminations au radium se retrouvent également en-dehors de ces deux décharges, en particulier sur le terrain même de l'entreprise mais également dans certaines rues avoisinantes.

À l'initiative d'Umicore et dans le cadre du suivi des travaux d'assainissement du Bankloop, une caractérisation radiologique de certains terrains avoisinants (notamment un terrain de football et un terrain de jeu d'une école) avait été réalisée en 2012 et des travaux d'assainissement avaient été mis en œuvre. Des mesures de radon avaient été effectuées dans la cave et certaines classes de l'école concernées : des valeurs plus élevées que la moyenne régionale ont été mesurées dans la cave (190 Bq/m^3) et dans une classe (126 Bq/m^3) et des mesures de ventilation mises en place.

En synthèse, l'impact radiologique **actuel** des terrains contaminés par les anciennes activités d'extraction de radium ne nécessite pas d'actions urgentes. Il pourrait cependant devenir significatif en cas de changement d'affectation des terrains concernés. Le niveau des contaminations nécessite néanmoins une poursuite du monitoring.

9. 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 radionucléides 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 2013 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 ^{7}Be) 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 radionucléides sur l'environnement et dès lors sur l'homme : des « traces » de radioactivité artificielle, largement inférieures à la radioactivité naturelle, sont détectées en routine.

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 toujours l'attention de par sa charge plus élevée en radioactivité artificielle mais aussi en radioactivité naturelle (^{226}Ra) apportée par l'activité humaine : 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 NORM de production de phosphates alimentaires dans la région de Tessenderlo. Ainsi, les sédiments de la Molse Nete contiennent une teneur significative en produits de fission (^{137}Cs) et en radionucléides lourds artificiels, sous forme de traces de transuraniens ($^{239+240}$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.

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

L'Agence fédérale de Contrôle nucléaire a décidé d'implanter en 2012 de nouvelles stations de mesure automatique et en continu de la radioactivité gamma présente dans les eaux de surface. Les données en continu seront utilisées 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.