

La surveillance radiologique du territoire

Table des matières

1. Origine de la radioactivité mesurée en Belgique.....	2
2. Cadre légal et réglementaire	3
3. Philosophie de la surveillance radiologique du territoire belge	5
4. Le programme d'échantillonnage en pratique	6
1. Le territoire autour du site nucléaire de Tihange	8
2. Le territoire autour du site nucléaire de Fleurus	10
3. Le territoire belge autour du site nucléaire français de Chooz	11
4. Le territoire autour du site nucléaire de Mol-Dessel	12
5. Le territoire autour du site nucléaire de Doel	14
6. La région de Bruxelles-Capitale	15
7. Le littoral belge	16
8. La chaîne alimentaire : eaux de boisson, lait, denrées alimentaires et repas témoins .	18

1. Origine de la radioactivité mesurée en Belgique

La radioactivité a deux origines : une origine *naturelle* et une *artificielle*.

La radioactivité naturelle est constituée de 3 grands catégories d'éléments radioactifs :

- Les radionucléides à très longue durée de vie (égale ou supérieure au milliard d'années) et qui subsistent depuis la formation de la terre; ils ont été vraisemblablement synthétisés par des réactions nucléaires dans une explosion stellaire antérieure au système solaire. Cette catégorie comprend plusieurs dizaines de nucléides (potassium-40 (^{40}K), uranium-238 (^{238}U), thorium-232 (^{232}Th), uranium-235 (^{235}U), etc.). Ces éléments se retrouvent partout dans notre environnement, et particulièrement dans les sols et roches. On appelle ceci l'exposition terrestre ;
- Des radionucléides produits par la désintégration des précédents, et en particulier les longues chaînes de désintégration de ^{238}U , ^{232}Th et ^{235}U . On trouve ici certains nucléides radioactifs ayant un rôle particulier tels que les isotopes du thorium (^{230}Th et ^{228}Th) ou les isotopes du radon (^{222}Rn et ^{220}Rn) ;
- Des radionucléides produits par réaction nucléaire dans la haute atmosphère sous l'action des rayons cosmiques (carbone-14 (^{14}C), tritium (^3H), béryllium-10 (^{10}Be), etc.). Ces éléments diffusent dans l'atmosphère et peuvent se retrouver dans tous les matériaux organiques et inorganiques. On appelle ceci l'exposition cosmogénique.

La radioactivité artificielle (anthropique) est celle générée par les activités humaines militaires, industrielles, médicales et de recherche. Ces activités sont présentes en Belgique :

- L'industrie nucléaire représentée par les 4 réacteurs de centrale nucléaire de Doel sur l'Escaut et les 3 réacteurs de Tihange sur la Meuse, les installations de Belgoprocess 1 et 2 et de l'IRE. On inclut également l'industrie nucléaire localisée à l'étranger mais située près des frontières belge comme les centrales nucléaires de Gravelines, Chooz et Cattenom en France, Borssele aux Pays-Bas ;
- L'industrie NORM ;
- La recherche nucléaire au sein de laboratoires comme ceux du SCKCEN et d'universités ;
- Les services radiologiques et la médecine nucléaire dans les hôpitaux, responsables d'une part croissante de l'exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants. Les efforts d'optimisation de la dose aux patients et la modernisation progressive du parc radiologique permettent de limiter cette exposition moyenne (1,53 mSv/an en 2015).

L'ensemble de cette radioactivité est responsable de [l'exposition globale des personnes aux rayonnements ionisants](#) sur le territoire belge (~4,0 mSv/an). Cette exposition ou dose (exprimée en mSv) est essentiellement due à la radioactivité naturelle et aux expositions d'origine médicale (Figure 1). Chaque état doit contrôler les niveaux de radioactivité naturelle

et artificielle auxquels est potentiellement soumise sa population. Cette obligation est précisée dans des textes légaux qui définissent le cadre légal et réglementaire applicable en Belgique.

L'exposition moyenne aux rayonnements ionisants par habitant en Belgique est 4 mSv/an en 2015

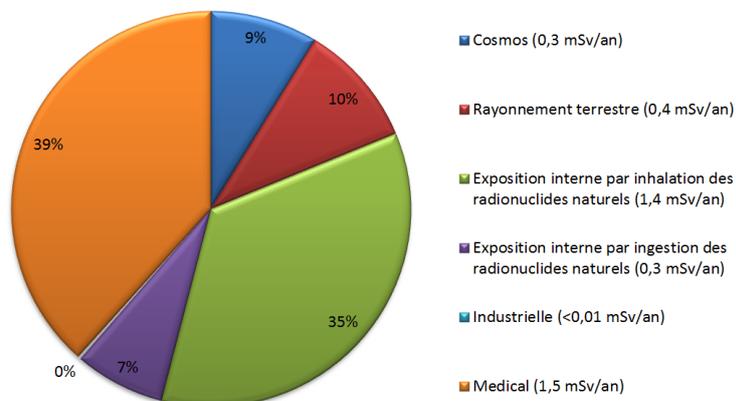


Figure 1. Origine des différentes formes d'exposition aux rayonnements ionisants en Belgique.

2. Cadre légal et réglementaire

Chaque Etat membre de l'Union européenne est tenu d'assurer une surveillance radiologique du territoire et des populations (articles 35 et 36 du traité [EURATOM](#) et directive européenne [2013/51/EURATOM](#)).

Cette obligation est traduite par les articles [21](#) et [22](#) de la loi du 15 avril 1994 et par les articles [70](#) et [71](#) du Règlement général. Ils prévoient que le contrôle de la radioactivité du territoire dans son ensemble et des doses reçues par la population sont de la compétence de l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN).

Dans le cadre de ses missions, l'AFCN initie donc des programmes de surveillance radiologique du territoire belge.

Attentes réglementaires internationales

Au niveau international, l'Agence contribue activement à l'élaboration et à l'application de différents règlements ou directives internationaux, par exemple :

- Les articles 35 et 36 du traité [EURATOM](#) qui prévoient l'établissement, dans chaque État membre, des installations de contrôle permanent de la radioactivité et le respect des normes de base ainsi que la communication des résultats de ces contrôles;
- L'article 37 d'[EURATOM](#) qui impose à chaque Etat membre de fournir les données de tout projet de rejets d'effluents radioactifs susceptibles d'entraîner une contamination dans un Etat voisin;

- La directive [2013/51/EURATOM](#) du Conseil de l'Union européenne du 22 octobre 2013 fixant les 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.
- Le règlement 1627/2000, qui modifie les règlements CE 1661/1999 du 27 juillet 99 et 737/90 du 22 mars 1990, relatif aux conditions d'importation de produits agricoles originaires des pays tiers à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl. Ce règlement prévoit un renforcement du contrôle de certains produits de la chaîne alimentaire;
- [La convention OSPAR](#), dont la déclaration des ministres de l'Environnement des Etats membres des conventions d'Oslo et de Paris (OSPAR) relative à la protection de la mer du Nord et signée à Sintra en juillet 1998, rend obligatoire le développement de programmes de contrôles et de recherches, notamment en matière d'impact des rejets radioactifs en milieu liquide sur les biotopes marins et fluviaux.
- [L'accord franco-belge sur la centrale nucléaire de Chooz](#), signé à Bruxelles en septembre 1998, prévoit des échanges réguliers d'informations concernant les mesures radiologiques réalisées en Belgique et en France, ainsi que des dispositions relatives aux situations de crises pouvant nécessiter le déclenchement du Plan d'Urgence Nucléaire.

Selon sa nature chimique, la 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 suivent leur analogue chimique – le calcium et s'accumulent dans les structures osseuses des êtres vivants. La Figure 3 illustre le cheminement que la radioactivité peut suivre pour la contamination de la chaîne alimentaire et celle de l'homme. La surveillance radiologique ciblera 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).

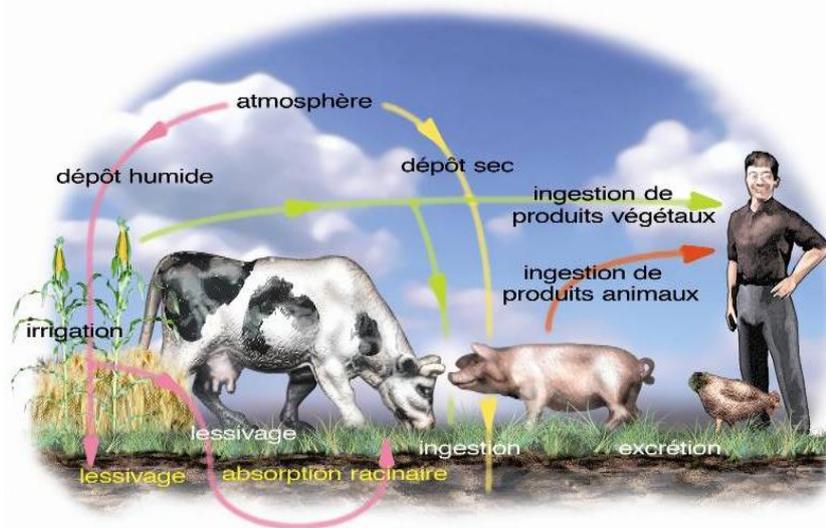


Figure 3. Cheminement de la radioactivité qui finira par contaminer la chaîne alimentaire et l'homme.

Pour répondre à sa mission première de contrôle et de protection de la population et l'environnement, l'AFCN a développé son programme de surveillance du territoire qui tient compte des sites nucléaires belges et ceux des pays voisins, mais également des demandes et exigences des institutions et conventions internationales auxquelles la Belgique adhère.

4. Le programme d'échantillonnage en pratique

Pour répondre de manière optimale à ces missions, le programme d'échantillonnage s'adapte aux spécificités locales du territoire belge. Ainsi, le réseau de surveillance est constitué d'un ensemble de zones, de localisations dans lesquelles sont prélevés des échantillons périodiquement pour en mesurer la radioactivité. Pour chacune de ces zones, la liste de radionucléides recherchés, les fréquences et localisations des prélèvements sont ajustées pour s'adapter aux types d'installations présentes sur les sites nucléaires, aux types de pratiques ou encore au caractère plus spécifique de certaines d'entre elles. Ces zones sont les suivantes :

- Le territoire autour du site nucléaire de Tihange (centrale nucléaire de Tihange ; site de classe 1) ;
- Le territoire autour du site nucléaire de Fleurus (IRE ; site de classe 1) ;
- Le territoire belge autour du site nucléaire français de Chooz (centrale nucléaire de Chooz ; site de classe 1) ;
- Le territoire autour du site nucléaire de Mol-Dessel (SCKCEN, Belgoprocess 1 et 2 ; sites de classe 1) ;
- Le territoire autour du site nucléaire de Doel (centrale nucléaire de Doel ; site de classe 1) ;
- La région de Bruxelles-Capitale (zone de référence) ;
- Le littoral belge.

Dans ces zones, le programme d'échantillonnage analyse particulièrement :

- l'atmosphère par le biais d'échantillonnages de poussières de l'air et/ou et de dépôts surfaciques (bacs de dépôts de surface connue contenant une fine couche d'eau pour piéger les particules fines (dépôt sec) ou lessivées par la pluie (dépôt humide).
- les sols de prairies permanentes et/ou sols agricoles et la production végétale agricole (autour de Chooz). La radiocontamination des sols est principalement due aux retombées de matières radioactives présentes dans l'atmosphère (souvent associées à des particules très fines ou à des aérosols) par dépôts secs ou humides (lessivage de l'atmosphère par les pluies).
- les eaux, sédiments de rivière ou du milieu marin ainsi que la faune d'eau douce et marine (bivalves, crevettes et poissons) et la flore aquatique (plantes et mousses d'eau douce, algues marines) qui sont des bioindicateurs de la présence de radioactivité.
- le lait issu des laiteries/fermes locales. 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.
- les denrées alimentaires : poissons, viandes, fruits et légumes par le biais d'un échantillonnage ponctuel mais varié de produits destinés à la consommation achetés dans les commerces, marché, abattoirs et poissonneries (prélèvements issus d'un ensemble de marchés et de détaillants de Wallonie, de Flandre et de la région Bruxelles-Capitale). Des analyses radiologiques sont également réalisées par l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire (AFSCA) qui 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, etc. Tous ces points de contrôles sont accessibles à l'agence dans le cadre de ses missions.
- des repas contrôles/régimes mixtes (prélèvements récoltés dans des cantines et restaurants localisés en Wallonie, en Flandre et dans la région Bruxelles-Capitale).
- les eaux de boisson (analysées dans chaque province et à Bruxelles).

Le programme d'échantillonnage mesure également les effluents liquides radioactifs qui sont rejetés dans l'environnement par les installations nucléaires. Ces prélèvements sont effectués par l'opérateur du site nucléaire ainsi que par les laboratoires réalisant les analyses pour ce programme. Ainsi, les effluents des centrales nucléaires de Doel et Tihange ainsi que ceux du site de Mol-Dessel (comprenant Belgoprocess 2 – installation de traitement des déchets radioactifs liquides – et FBFC en cours de démantèlement) sont analysés.

Des tables récapitulatives reprenant la liste des radionucléides recherchés, la localisation et la fréquence des prélèvements sont disponibles ci-dessous pour chaque zone. Une plus ample explication concernant les analyses de la chaîne alimentaire est également apportée.

1. Le territoire autour du site nucléaire de Tihange

Le programme surveille ainsi les rejets émis par les 3 réacteurs de la centrale nucléaire de Tihange située le long de la Meuse entre Huy et Ampsin, ainsi que par plusieurs grandes agglomérations (Namur, Liège) comprenant de nombreux centres hospitaliers ou de recherche (Table 1). La Meuse reçoit également les contaminations de son affluent, la Sambre.

Table 1. Programme de surveillance radiologique du territoire autour du site nucléaire de Tihange.

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence
Atmosphère	poussières	près du site de Tihange Lixhe (frontière BE-NL)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	toutes les 4 semaines journalière
	dépôts surfaciques (bacs)	près du site de Tihange Lixhe (frontière BE-NL)	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées) Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente	près du site de Tihange Lixhe (frontière BE-NL)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	annuelle
Rivière (Meuse)	eaux	Andenne (aval Sambre + amont centrale)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra , ^{131}I Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{40}K , ^{90}Sr	toutes les 2 semaines
	sédiments	Huy (amont centrale)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	toutes les 4 semaines
	plantes aquatiques, mousses, bivalves	Ampsin (aval centrale) Lixhe (frontière BE-NL)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^3H organique	trimestrielle
Effluents (rejets liquides) du site nucléaire		centrale de Tihange	Spectrométrie γ : ^7Be , ^{51}Cr , ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{95}Nb , ^{95}Zr , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{103-106}\text{Ru}$, $^{141-144}\text{Ce}$, ^{131}I , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{113}Sn , $^{123\text{m}}\text{Te}$, $^{124-125}\text{Sb}$, Spectrométrie β : ^3H	toutes les 2 semaines (26 échantillons)

Certains radionucléides sont ajoutés dans les listes de radionucléides à rechercher. Par exemple, l'iode (^{131}I) est aussi analysé dans les eaux de la Meuse car il peut provenir des eaux usées des centres hospitaliers situés dans les grosses agglomérations bordant ce fleuve. De plus, des radionucléides naturels « témoins » sont analysés comme le ^7Be (cosmogénique) ou le ^{40}K , qui est présent partout dans l'environnement et dans le corps humain (à raison d'environ 60 à 70 Bq/kg).

2. Le territoire autour du site nucléaire de Fleurus

Le programme surveille ainsi les rejets émis par le site nucléaire de Fleurus (IRE) ainsi que par plusieurs grandes agglomérations comme Charleroi, traversée par la Sambre, qui comprend de nombreux centres hospitaliers ou de recherche (Table 2).

Table 2. Programme de surveillance radiologique du territoire autour du site nucléaire de Fleurus.

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence
Atmosphère	poussières	près du site de l'IRE	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	toutes les 4 semaines journalière
	dépôts surfaciques (bacs)	près du site de l'IRE	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées) Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres) ^{131}I (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines toutes les 4 semaines toutes les 4 semaines toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente	près du site de l'IRE	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^{131}I	annuelle
Rivière (Sambre)	eaux	Floriffoux ou Mornimont (aval IRE)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{40}K , ^{90}Sr , ^{131}I	toutes les 2 semaines
	sédiments		Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th , ^{131}I	toutes les 4 semaines
	plantes aquatiques, mousses, bivalves		Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^3H organique	trimestrielle

Le programme surveille spécifiquement l'iode (^{131}I) dans toute cette zone correspondant aux environs de l'IRE car il est produit par ce site et pourrait être rejeté. L'iode est aussi analysé dans tout ce qui concerne la Sambre car il pourrait provenir des eaux usées des centres hospitaliers situés à Charleroi. Des radionucléides naturels « témoins » comme le ^7Be ou encore le ^{40}K sont également recherchés.

3. Le territoire belge autour du site nucléaire français de Chooz

Le programme surveille ainsi les rejets émis par la centrale nucléaire française de Chooz et son impact potentiel sur le territoire belge (Table 3). Autour de la botte de Givet, en territoire belge, un contrôle poussé des sols vise également 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 nucléaire de Chooz et les échanges d'informations en cas d'incident ou d'accident.

Table 3. Programme de surveillance radiologique du territoire autour du site nucléaire français de Chooz.

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence
Atmosphère	dépôts surfaciques (bacs)	Heer-Agimont (frontière BE-FR)	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées)	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente	en Belgique près du site de Chooz	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	annuelle
	sols agricoles production végétale agricole	24 points autour de la botte de Chooz	Spectrométrie γ , α , ^{90}Sr , ^{226}Ra Spectrométrie γ , ^{90}Sr , ^3H , ^{14}C	annuelle
Rivière (Meuse)	eaux	Heer-Agimont/ Rivière (frontière BE-FR)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra	toutes les 2 semaines
	sédiments		Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{40}K , ^{90}Sr Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	toutes les 4 semaines
	plantes aquatiques, mousses, bivalves		Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^3H organique	trimestrielle

Comme pour les autres zones, des radionucléides naturels « témoins » comme le ^7Be ou le ^{40}K sont également analysés.

4. Le territoire autour du site nucléaire de Mol-Dessel

Le programme surveille ainsi les rejets émis par le site nucléaire de Mol-Dessel qui contient le centre de recherche SCKCEN ainsi que Belgoprocess, responsable du traitement et de l'entreposage des déchets radioactifs issus des centrales nucléaires, du secteur industriel, des hôpitaux, des laboratoires et des opérations de démantèlement (Table 4).

Table 4. Programme de surveillance radiologique du territoire autour du site nucléaire de Mol-Dessel.

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence
Atmosphère	poussières	près du site de Mol	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb Spectrométrie α total près de Mol Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	toutes les 4 semaines journalière journalière
	dépôts surfaciques (bacs)	près du site de Mol	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées) Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente	près du site de Mol	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th Spectrométrie α : $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am près de Mol	annuelle
Rivière (Molse Nete)	eaux	Molse Nete	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{40}K	toutes les 2 semaines
	sédiments		Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	toutes les 4 semaines
	plantes aquatiques		Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H organique, ^{99}Tc	trimestrielle
Effluents (rejets liquides) du site nucléaire		site de FBFC	Spectrométrie β total, α total ^{226}Ra , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	toutes les 4 semaines (13 échantillons)
		site de Belgoprocess 2	Spectrométrie γ : $^{134-137}\text{Cs}$, ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{131}I Spectrométrie β total, α total ^3H , ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{99}Tc	hebdomadaire

Des radionucléides supplémentaires sont également recherchés. Dans la Molsse Nete : les $^{234,235,238}\text{U}$ et les transuraniens ($^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am) en plus de la panoplie habituelle d'émetteurs gamma (produits de fission et d'activation dont les radiocésiums) car ce cours d'eau reçoit les rejets liquides des installations nucléaires du site de Mol-Dessel via les installations de traitement des déchets liquides de Belgoprocess 2. Dans le bassin de la Nete et du Demer: le ^{226}Ra car ces rivières drainent les eaux du Grote Laak et du Winterbeek où l'usine de fabrication de phosphates alimentaires de Tessenderlo (industrie NORM) rejetait dans le passé ses eaux de traitement enrichies en ^{226}Ra . Des radionucléides naturels « témoins » comme le ^7Be ou le ^{40}K sont également analysés.

5. Le territoire autour du site nucléaire de Doel

Le programme surveille ainsi les rejets émis par les 4 réacteurs du site nucléaire de Doel, situé le long de l'Escaut, près d'Anvers, ainsi que des rejets émis par les grandes agglomérations telles qu'Anvers qui comprend de nombreux centres hospitaliers et de recherche (Table 5).

Table 5. Programme de surveillance radiologique du territoire autour du site nucléaire de Doel.

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence
Atmosphère	poussières	près du site de Doel	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb Spectrométrie β total : sur filtres papier, après décroissance 5 jours	toutes les 4 semaines journalière
	dépôts surfaciques (bacs)	près du site de Doel	Spectrométrie γ (eaux brutes) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées) Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente	près du site de Doel	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th Spectrométrie α : $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$,	annuelle
Rivière (Escaut)	eaux	près de Doel	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{40}K	toutes les 2 semaines
	sédiments	près de Doel	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	toutes les 4 semaines
	crevettes bivalves, algues	estuaire en aval de Doel (Kieldrecht) estuaire/mer du Nord (Hoofdplaat & Kloosterzande)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th ^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H organique, (^{99}Tc pour les algues)	trimestrielle
Effluents (rejets liquides) du site nucléaire		centrale de Doel	Spectrométrie γ : ^7Be , ^{51}Cr , ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{95}Nb , ^{95}Zr , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{103-106}\text{Ru}$, $^{141-144}\text{Ce}$, ^{131}I , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{113}Sn , $^{123\text{m}}\text{Te}$, $^{124-125}\text{Sb}$, Spectrométrie β : ^3H	toutes les 2 semaines (26 échantillons)

Des radionucléides supplémentaires sont également recherchés. L'iode (^{131}I) est analysé dans les eaux de l'Escaut car il peut provenir des eaux usées des centres hospitaliers situés dans les

agglomérations comme Anvers. Dans les échantillons de la faune et flore aquatique (crevettes, moules, algues) : les $^{234,235,238}\text{U}$ et les transuraniens ($^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am) en plus de la panoplie d'émetteurs gamma (dont les radiocésiums), les ^{90}Sr , ^{99}Tc et ^3H organique comme marqueurs de l'activité de l'industrie nucléaire (centrales nucléaires et de retraitement de La Hague (France) et Sellafield (Royaume Uni)). Des radionucléides naturels « témoins » comme le ^7Be ou le ^{40}K sont également analysés.

6. La région de Bruxelles-Capitale

Le programme surveille la région de Bruxelles-Capitale comme zone de référence pour le territoire belge. En effet, le but est de prélever périodiquement des échantillons qui ne sont pas influencés par des rejets potentiels de radioactivité artificielle et/ou naturelle opérés par l'homme dans ses activités sur tout le territoire. De plus, la grande densité de population (1/10 de la population totale de la Belgique) en fait également une zone représentative intéressante (Table 6).

Table 6. Programme de surveillance radiologique de la zone de référence Bruxelles Capitale.

Compartiment		Localisation des points de prélèvements	Type de mesure	Fréquence
Atmosphère	poussières	Bruxelles	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{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) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total, ^3H , ^{90}Sr (eaux filtrées)	toutes les 4 semaines
			Spectrométrie β total, α total (dépôts filtres)	toutes les 4 semaines
Sol	prairie permanente	Bruxelles	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	annuelle

7. Le littoral belge

Le programme surveille la mer du Nord qui reçoit des rejets liquides de plusieurs sites nucléaires (centrales nucléaires françaises de Gravelines, située près de la mer entre Calais et Dunkerque, Paluel et Flamanville, centrales nucléaires anglaises de Dungeness, Bradwell et Sizewell, usine de retraitement de La Hague (France) et Sellafield (Royaume Uni)) et non-nucléaires (centres hospitaliers et centres de recherche de grandes agglomérations). La mer du Nord est également l'aboutissement de plusieurs fleuves recevant eux-mêmes des effluents radioactifs provenant des sites nucléaires (Chooz, Tihange, Doel, Fleurus et Mol-Dessel) comme la Meuse ou l'Escaut. C'est la raison pour laquelle elle est étroitement surveillée par les pays riverains (Table 7).

Table 7. Programme de surveillance radiologique de la zone maritime.

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

Certains radionucléides sont ajoutés dans les listes de radionucléides à rechercher. Dans les échantillons de la faune et de la flore marines (crevettes, moules, algues) : les $^{234,235,238}\text{U}$ et les transuraniens ($^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am) en plus de la panoplie habituelle d'émetteurs gamma (dont les radiocésiums), les ^{90}Sr , ^{99}Tc et ^3H organique comme marqueurs de l'activité de l'industrie nucléaire de puissance (centrales nucléaires et de retraitement de La Hague (France) et Sellafield (Royaume Uni)). Des radionucléides naturels « témoins » comme le ^7Be ou le ^{40}K sont également analysés.

8. La chaîne alimentaire : eaux de boisson, lait, denrées alimentaires et repas témoins

Le programme surveille les produits de la chaîne alimentaire sur tout le territoire belge pour évaluer de manière aussi large que possible toutes les voies d'entrée de la radioactivité chez l'homme (Table 8). La chaîne alimentaire peut potentiellement être contaminée sur le territoire belge par l'ensemble des sites nucléaires et non-nucléaires mentionnés ainsi que par l'importation de denrées en provenance de pays touchés par des incidents ou accidents tels que l'accident de Tchernobyl et Fukushima. Sont analysés :

- Les eaux de boisson ;
- Le lait car il constitue un vecteur sensible en cas de contamination radioactive telle que l'iode ^{131}I qui passe rapidement de l'herbe vers les vaches et se retrouve dans le lait. 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 ;
- Les denrées alimentaires ;
- Les repas témoins.

Table 8. Programme de surveillance radiologique de la chaîne alimentaire sur tout le territoire belge.

Compartiment		Localisation des points de prélèvement	Type de mesure	Fréquence
Eaux de boisson	eau du robinet	Bruxelles Wavre (Brabant wallon) Liège (Liège) Namur (Namur) Fleurus (Hainaut) Florenville (Luxembourg) Gand (Flandre orientale) Louvain (Brabant flamand) Poperinge et Reningelst (Flandre occidentale) Mol (Anvers) Hasselt (Limbourg)	Spectrométrie α total & β total, ^3H , ^{40}K , ^{222}Rn , ^{226}Ra Si dépassement des valeurs « screening » (0,1 Bq/L en α total et 0,2 Bq/L en β résiduel = β total - ^{40}K) : analyses spectrométriques complètes (γ , α , β)	trimestrielle
Lait	laiteries/ fermes	région de Bruxelles région de Fleurus région de Tihange région de Doel région de Mol-Dessel région de Chooz	Spectrométrie γ dont $^{134}\text{-}^{137}\text{Cs}$, ^{131}I , ^{40}K ^{90}Sr	hebdomadaire toutes les 4 semaines
Denrées alimentaires	légumes viandes poissons divers	petite et grande distributions en Wallonie, Flandre, région de Bruxelles-Capitale	Spectrométrie γ dont $^{134}\text{-}^{137}\text{Cs}$, ^{40}K ^{90}Sr	4 échantillons mensuels de viandes, poissons, légumes 4 échantillons annuels de viandes, poissons, légumes
Régime mixte	repas témoins	restaurant d'entreprise : Mol (SCKCEN), Fleurus & Bruxelles (Carrefour®)	Spectrométrie γ : dont $^{134}\text{-}^{137}\text{Cs}$, ^{40}K ^{90}Sr et ^{14}C	mensuelle trimestrielle

Les radionucléides principalement recherchés dans le lait, les denrées alimentaires et les repas contrôlés sont le ^{40}K (pour la radioactivité naturelle) et les ^{90}Sr , $^{134,137}\text{Cs}$ et ^{131}I (pour la radioactivité artificielle). Le carbone ^{14}C (produit dans les réacteurs nucléaires mais aussi naturellement présent bien qu'en très faible abondance) est également analysé dans les repas témoins.

La directive 2013/51/EURATOM fixe les 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 a été transposée en législation fédérale par l'Arrêté royal du 31/05/2016 complété par l'Arrêté AFCN technique du 24/11/2016.

Pour appliquer et respecter cette réglementation, la Belgique, qui compte des centaines de points de captage d'eau, a mis en place un programme de surveillance à large échelle dans lequel tout fournisseur d'eau destinée à la consommation humaine (producteur d'eau de boisson et/ou producteur de denrées alimentaires) doit soumettre un programme annuel d'autocontrôle à l'AFCN et réaliser à sa charge des analyses périodiques de radioactivité. Pour ce faire, [une plateforme Web d'échange de données](#) regroupe les fournisseurs d'eau destinée à la consommation humaine, les laboratoires en charge de ces analyses et l'AFCN. Le programme d'autocontrôle est propre à chaque fournisseur et tient compte des volumes d'eau prélevés par jour, de l'origine de l'eau (eau de surface, nappes aquifères,..) et de l'utilisation finale de l'eau (incorporation dans un aliment (ingestion), nettoyage d'appareils (eaux de contact),...)

Les analyses de radioactivité dans les eaux de boisson sont faites pour répondre aux exigences de la directive qui fixe 3 niveaux de référence à respecter :

- $^3\text{H} < 100 \text{ Bq/L}$;
- $^{222}\text{Rn} < 100 \text{ Bq/L}$;
- Dose Indicative Totale (DIT) $< 0,1 \text{ mSv/an}$.

La DIT ne tient pas compte dans son calcul de la contribution du ^3H , ^{40}K , ^{222}Rn et ses produits de filiation à demi-vie courte. Cette 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 et peut être déterminée en se servant des facteurs de conversion disponibles dans la directive 96/29/EURATOM.

En pratique, pour vérifier que l'eau ne dépasse pas le niveau de référence de la DIT de 0,1 mSv/an, on applique une approche « globale » qui stipule que si α total est inférieur à 0,1 Bq/L et β résiduel (= β total - ^{40}K) est inférieur à 0,2 Bq/L, on peut garantir que la DIT est aussi inférieure à 0,1 mSv/an.

En cas de dépassement de la valeur de référence en ^3H (100 Bq/L), des analyses spectrométriques complètes des radioéléments artificiels (α , β , γ) sont effectuées.

En cas de dépassement d'au moins une valeur « screening » (0,1 Bq/L en α total et 0,2 Bq/L en β résiduel) et/ou de dépassement de la valeur de référence en ^{222}Rn (100 Bq/L), des analyses spectrométriques complètes des radioéléments naturels sont effectuées et si celles-ci n'expliquent pas les dépassements des valeurs « screening », des analyses spectrométriques complètes des vecteurs artificiels (α , β , γ) sont effectuées.

En cas de dépassement de la valeur de référence en ^3H (100 Bq/L) et de dépassement d'au moins une valeur « screening » et/ou de dépassement de la valeur de référence en ^{222}Rn (100 Bq/L), des analyses spectrométriques complètes des radioéléments naturels et artificiels (α , β , γ) sont effectuées.

Légende :

^3H = tritium; ^7Be = béryllium-7; ^{14}C = carbone-14; ^{40}K = potassium-40; ^{51}Cr = chrome-51; ^{54}Mn = manganèse-54; $^{(57)-58-60}\text{Co}$ = cobalt-57(-58,-60); ^{59}Fe = fer-59; ^{65}Zn = zinc-65; ^{90}Sr = strontium-90; ^{95}Nb = niobium-95; ^{95}Zr = zirconium-95; ^{99}Tc = technécium-99; $^{134-137}\text{Cs}$ = césium-134(-137); $^{103-106}\text{Ru}$ = ruthénium-103(-106); $^{141-144}\text{Ce}$ = cérium-141(-144); ^{131}I = iode-131; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ = argent-110 métastable; ^{113}Sn = étain-113; $^{123\text{m}}\text{Te}$ = tellure-123 métastable; $^{124-125}\text{Sb}$ = antimoine-124(-125); $^{226-228}\text{Ra}$ = radium-226(-228); ^{228}Th = thorium-228; $^{234-235-238}\text{U}$ = uranium-234(-235,-238); $^{238-(239+240)}\text{Pu}$ = plutonium-238(-239+240); ^{241}Am = américium-241.

Pour en savoir plus sur les effluents radioactifs :

Site web de l'AFCN (rejets radioactifs) : [Rejets radioactifs | AFCN - Agence fédérale de Contrôle nucléaire \(fgov.be\)](https://www.fgov.be/fr/themes/energie-et-climat/autorites-de-regulation/afcn)