

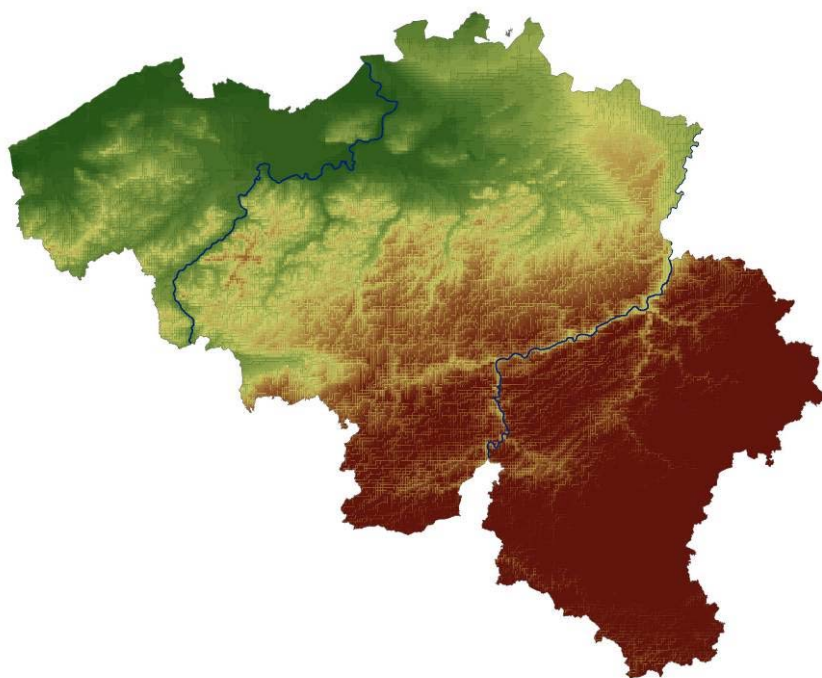


federaal agentschap voor nucleaire controle

**DIENST TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED &
NATUURLIJKE STRALING**

Radiologisch toezicht in België

Syntheseverslag 2018





Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle

Departement Gezondheid en Leefmilieu

Dienst Toezicht op het Grondgebied & Natuurlijke Straling

Cel Radiologisch Toezicht op het Grondgebied

Ravensteinstraat, 36 B-1000 Brussel - België

Website: <http://www.fanc.fgov.be>

E-mail: info@fanc.fgov.be

Auteurs:

Dr. Lionel SOMBRE, verantwoordelijke Radiologisch Toezicht op het Grondgebied

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

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

Jurgen CLAES, ir., deskundige radioactiviteit in het leefmilieu - Radiologisch Toezicht

Tel.: +32 2 289 20 91 – fax: +32 2 289 21 52

E-mail: jurgen.claes@fanc.fgov.be

Michelle BOUCHONVILLE, wetenschappelijk medewerkster.

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

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

Secretariaat van de dienst: **Tel.: +32 2 289 21 51 – fax: +32 2 289 21 52**

Hebben aan dit verslag meegewerkt:

- **François MENNESON, ing., verantwoordelijke voor het TELERAD-netwerk**
- **Geert BIERMANS, Dr., deskundige radioactiviteit in het leefmilieu – Natuurlijke Straling**
- **Boris DEHANDSCHUTTER, Dr., deskundige radioactiviteit in het leefmilieu – Natuurlijke Straling**
- **Stéphane PEPIN, Dr., deskundige radioactiviteit in het leefmilieu – Natuurlijke Straling**

Samenwerking met externe instellingen

De volgende instellingen en hun respectieve medewerkers hebben de basisgegevens verschaft voor de uitwerking van dit verslag:



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

Directeur : Erich Kollegger (Tel. : 32 71 82 95 78)

Verantwoordelijke afdeling metrologie en radioprotectie milieu: D. Braekers

Hoofd van het Radioactiviteit analyselaboratorium: D. Braekers

Supervisie van de metingen:

- Gammaspectrometrie: T. Dieudonné
- Alphaspectrometrie: S. Di Pasquale
- Vloeistofscintillatie: C. Doumont
- Proportioneel telling: D. Braekers

Laboranten: S. Carta, J.F. Darimont, A. Demoulin, B. Lison, D. Tomasevszky



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

Algemeen Directeur : Eric van Walle (Tel. : +32 14 33 25 90)

Projectleider van de expertise groep Lage Radioactiviteitsmetingen : L. Sneyers

Lage Radioactiviteitsmetingen :

Supervisie en verslaggeving: L. Sneyers

Monsterneming & conditionering van de monsters: H. Avci, B. Bouwens, W. Gijsbrechts, S. Goelen, K. Smits

Supervisie van de metingen: F. Verrezen en M. Bruggeman

Metingen: S. Cools, E. Dupuis, S. Goris, A. Hooyberghs, K. Jacobs, L. Jansen, H. Loots, E. Tessens, W. Van Baelen, M. Vanuytven, M. Verbist, L. Verheyen et D. Verstrepren



Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire
Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen



Food Safety Center, Kruidtuinlaan, 55 te 1000 Brussel

Gedelegeerd Bestuurder : Herman Diricks, ir (Tel. : +32 2 211 85 75)

Directie-Generaal Controlebeleid, secretariaat : Tel. : +32 2 211 85 81 – Fax : +32 2 211 86 30

Directeur-Generaal Controlebeleid : Dr. Jean-François Heymans (Tel. : +32 2 211 86 42)

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	1
BASISBEGRIPPEN OVER RADIOACTIVITEIT EN BLOOTSTELLING AAN STRALINGEN	3
INLEIDING	4
SAMENVATTING	8
1. HET CONTINU RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED : HET TELERAD-NETWERK	9
1.1 DOELSTELLINGEN VAN HET NETWERK	9
1.2 TELERAD: RADIOLOGISCH INSTRUMENT	9
1.3 TELERAD: METEOROLOGISCH INSTRUMENT	12
1.4 TELERAD: INSTRUMENT VOOR HET BEREKENEN VAN DE EXTERNE BLOOTSTELLINGSDOSES	13
2. HET RADIOLOGISCH TOEZICHTSPROGRAMMA VAN HET GRONDGEBIED BEGRIJPEN	14
2.1 OORSPRONG VAN DE IN BELGIË GEMETEN RADIOACTIVITEIT	14
2.2 WETTELIJK EN REGLEMENTAIR KADER	15
2.2.1 <i>Nationaal wettelijk kader</i>	15
2.2.2 <i>Internationaal wettelijk kader</i>	16
2.3 RADIOLOGISCH TOEZICHTSPROGRAMMA VOOR HET GRONDGEBIED	18
2.4 BESCHRIJVING VAN HET NETWERK VOOR RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED	20
2.4.1 <i>De grote pijlers van het netwerk</i>	20
2.4.2 <i>De overdrachtvectoren van de gecontroleerde radioactiviteit</i>	24
<i>Het bekken van Maas en Samber</i>	24
<i>Het bekken van Schelde en Nete</i>	25
<i>De maritieme zone: de Belgische kuststreek</i>	27
<i>De referentiezone : regio Brussel Hoofdstad</i>	28
<i>De voedselketen: drinkwater, melk en voedingsmiddelen</i>	28
<i>Opvolging van de lozingen van nucleaire sites</i>	29
<i>Opvolging van de lozingen van de NORM-industrie</i>	30
3. HET BEKKEN VAN DE MAAS EN DE SAMBER	31
3.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT	32
3.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	34
3.3 RADIOACTIVITEIT IN DE RIVIEREN	37
4. HET NETE- EN SCHELDEBEKKEN	41
4.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT	42
4.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	43
4.3 RADIOACTIVITEIT IN DE RIVIEREN	45
5. DE MARITIEME ZONE: DE BELGISCHE KUST	50
5.1 RADIOACTIVITEIT VAN DE ATMOSFEER	51
5.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	51
5.3 RADIOACTIVITEIT VAN HET MARITIEME MILIEU	53
6. DE REFERENTIEZONE : REGIO BRUSSEL HOOFDSTAD	56
6.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT	56
6.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	57
7. DE VOEDSELKETEN: DRINKWATER, MELK EN VOEDINGSPRODUCTEN	59
7.1 RADIOACTIVITEIT VAN HET DRINKWATER	60
7.1.1 <i>Radiologisch toezichtsprogramma</i>	61
7.1.2 <i>Radiologische toestand van het grondwater in België</i>	63
7.2 RADIOACTIVITEIT VAN MELK	66
7.3 RADIOACTIVITEIT VAN VOEDINGSMIDDELEN	68
7.4 RADIOACTIVITEIT VAN DE PROEFMAALTIJDEN	70
8. OPVOLGING VAN DE UITSTOOT VAN NUCLEAIRE SITES EN NORM INDUSTRIE	71
8.1 VLOEIBARE UITSTOOT	72
8.1.1 <i>Kerncentrales</i>	72
8.1.2 <i>Andere nucleaire sites</i>	73
8.1.3 <i>Gegevens van Electrabel in verband met de kerncentrales</i>	75
8.2 NORM-INDUSTRIE EN HISTORISCHE BESMETTE SITES	76
8.2.1 <i>Sites gelinkt aan de fosfaatindustrie</i>	76
8.2.1.1 <i>Sites gelinkt aan de activiteiten van TESSENDERLO CHEMIE nv</i>	76
8.2.1.2 <i>Sites gelinkt aan de activiteiten van PRAYON nv</i>	78
8.2.1.3 <i>De site van de onderneming ex-Rhodia Chemie te Gent</i>	78
8.2.2 <i>Andere NORM sites</i>	79
8.2.2.1 <i>Rivier sedimenten in Vlaanderen en Wallonië</i>	79
8.2.2.2 <i>Brownfields in Wallonië</i>	81
8.2.2.3 <i>Metingen van grondwater en percolaat van deponieën in exploitatie</i>	83
8.2.2.4 <i>Productie van titaniumdioxide: de site van Kronos Europe</i>	83
8.2.2.5 <i>Varia</i>	84
8.2.3 <i>Andere historisch vervuilde sites: sites gelinkt aan de vroegere activiteiten van radiumextractie te Olen</i>	84

9. NATUURLIJKE RADIOACTIVITEIT IN BOUWMATERIALEN	86
9.1 INLEIDING	86
9.2 UITGEVOERDE ANALYSES EN RESULTATEN	86
9.3 EVALUATIE VAN DE EXTERNE DOSIS	87
9.4 BESLUIT	90
10. ALGEMENE CONCLUSIES	91

VOORWOORD

Radioactiviteit. Een woord dat meestal ongerustheid oproept omwille van de risico's voor de gezondheid. Nochtans, zonder dat we het merken, zijn we omringd door radioactiviteit:

- *natuurlijke* radioactiviteit, afkomstig uit de kosmos en die ook aanwezig is in de aardkorst, in het water van de oceanen en zelfs in ons lichaam, en;
- *kunstmatige* radioactiviteit, dit wil zeggen radioactiviteit die voortvloeit uit menselijke activiteiten. Men kan een onderscheid maken tussen activiteiten die gepaard gaan met - zeer lage - radioactieve lozingen in het milieu, zoals de exploitatie van kernreactoren voor het opwekken van elektriciteit, de nucleaire geneeskunde door zijn radioactief afval en uitstoot van radioactieve stoffen door de patiënten, en de activiteiten die normaal geen uitstoot met zich meebrengen, zoals medische afbeeldingstechnieken en sterilisatie van chirurgisch materiaal of van sommige voedingsmiddelen. Natuurlijk worden het materiaal en de voedingsmiddelen niet besmet door het sterilisatieproces en het maakt ze ook niet radioactief.

Hoe verrassend het ook mag zijn, het is de natuurlijke radioactiviteit die – in normale omstandigheden en zonder rekening te houden met de geneeskundige toepassingen– de belangrijkste blootstellingbron vormt van ioniserende straling voor de bevolking. Dag na dag worden we blootgesteld aan radioactiviteit.

Zowel natuurlijke als kunstmatige radioactiviteit houden echter risico's in voor de mens en het milieu. Daarom zijn toepassingen die radioactieve stoffen aanwenden streng gereguleerd. In het bijzonder is de radioactieve uitstoot in het milieu zeer beperkt omdat ze aan strenge normen dient te beantwoorden.

De reglementering vermindert dan wel het risico maar doet het niet verdwijnen. Bijgevolg dient het niveau van de radioactiviteit in het milieu regelmatig te worden gecontroleerd om, indien nodig, adequaat te kunnen reageren. Bovendien kan de verplichte naleving van een strenge reglementering niet garanderen dat de bevolking vroeg of laat niet zal worden blootgesteld aan stralingsniveaus die aanzienlijk hoger zijn dan het niveau van de natuurlijke straling.

Men kan inderdaad niet het risico uitsluiten van een radioactieve uitstoot die niet-conform is aan de toegestane limiet, noch die van incidenten, zelfs ongevallen, die een verspreiding van radioactieve stoffen in het milieu tot gevolg hebben. Bovendien kent radioactiviteit vanzelfsprekend geen grenzen: een kernongeval in een ander, zelfs afgelegen, land, zou kunnen leiden tot een niet-verwaarloosbare besmetting van het Belgische grondgebied, zoals het geval was in sommige landen na de ramp in Tsjernobyl op 26 april 1986 of na het ongeval in Fukushima op 11 maart 2011.

In België werd de permanente controle van de radiologische situatie op het grondgebied vanaf 1957 door EURATOM opgelegd in een reglementering die de lidstaten verplichtte een continu radiologisch toezicht op hun bevolking te houden en de resultaten van deze controles mee te delen. Dit toezicht werd vervolgens in 1963 in de Belgische wetgeving opgenomen en vanaf het einde van de jaren zestig toegepast, m.a.w. kort vóór de indienststelling van de eerste industriële kernreactoren.

Momenteel wordt dit radiologisch toezicht op het grondgebied, dat vroeger ressorteerde onder de bevoegdheid van de Dienst voor Bescherming tegen Ioniserende Stralingen (DBIS) van het Ministerie van Sociale Zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu, uitgeoefend onder de verantwoordelijkheid van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, dat in het

bijzonder belast wordt met de *controle van de radioactiviteit van het gehele grondgebied en met het toezicht op de door de bevolking ontvangen doses ioniserende straling*, wat het in alle objectiviteit en transparantie uitvoert¹ en dit sinds 2001.

¹ artikels 70 en 71 van het Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen

BASISBEGRIPPEN OVER RADIOACTIVITEIT EN BLOOTSTELLING AAN STRALINGEN

De meeste atomen zijn stabiel: zonder actie van buitenaf blijven ze eeuwig voortbestaan. Andere atomen hebben een structuur of een teveel aan energie die hen instabiel maakt. Het zijn *radionucliden*, die van natuurlijke of kunstmatige oorsprong kunnen zijn. Hun kernen vormen zich spontaan om totdat ze een evenwichtige structuur hebben hervonden. Bij elke omvorming komen stralingen vrij (energie of partikel): ze zijn *radioactief*. Dit onzichtbare fenomeen is onomkeerbaar: na één of meerdere omvormingen, stabiliseert het radionuclide zich eens en voor altijd in een stabiel nuclide.

Soorten straling De drie belangrijkste door radionucliden uitgezonden stralingen zijn: *alfa*, *bèta* en *gamma*. Hun kenmerken zijn sterk verschillend: alfa- en bètastraling bestaan uit geladen deeltjes, terwijl gammastraling elektromagnetisch is (fotonen), zoals het licht, maar met meer energie.

Ioniserende stralingen Omwille van de energie die ze transporteren zijn de door de kern uitgezonden stralingen in staat de atomen van de materie waar ze doordringen te veranderen, door hen energie te doen absorberen en hierdoor een eenheid elektrische lading te doen verliezen, waardoor ze worden omgevormd tot ionen: deze stralen zijn *ioniserend*. Beroofd van één elektron laadt het atoom zich positief en wordt chemisch reactief, wat in menselijke cellen kan leiden tot letsels en schadelijke biologische effecten.

Eenheid van radioactiviteit De meeteenheid van *radioactiviteit* is de *Becquerel* (Bq), en komt overeen met één nucleaire desintegratie per seconde. Een radioactieve bron met een activiteit van 1 Bq komt overeen met een hoeveelheid radioactieve stof waarvan gemiddeld gezien één van de kernen zich elke seconde desintegreert. Het water van de oceanen bijvoorbeeld heeft een natuurlijke radioactiviteit van 12 Bq per liter, en het menselijke lichaam, dat ook radioactief is, heeft een natuurlijke radioactiviteit van ongeveer 120 Bq per kilo, hoofdzakelijk door het kalium 40 in de voeding (ongeveer 70 Bq per kilo). De radioactiviteit van radium, een metaal dat in 1898 ontdekt werd door Pierre en Marie Curie, bedraagt daarentegen 37 miljard Bq per gram. Radioactiviteit wordt gemeten met uiterst nauwkeurige fysische middelen waarmee waarden lager dan 1 Bq kunnen worden opgespoord.

Meeteenheid van het biologische effect De radioactiviteit kennen van een radioactieve bron stelt ons echter niet in staat de omvang van de effecten ervan te voorzien op een eraan blootgestelde persoon. Het biologische effect van ioniserende stralingen varieert in functie van de aard en van de energie van de stralingen, de duur van de blootstelling en het blootgestelde lichaamsdeel.

Voor de weefsels wordt dit effect bepaald aan de hand van de *equivalente dosis*, die overeenkomt met de *geabsorbeerde dosis* uitgedrukt in *Gray* (Gy) – dit wil zeggen de hoeveelheid energie door de straling afgezet per eenheid materiemassa (1 joule afgezet in een kilo materie) – vermenigvuldigd met een coëfficiënt die rekening houdt met de aard van de straling en die de biologische impact op het weefsel uitdrukt (1 voor fotonen – gamma- en X-stralen - en elektronen – bètastraling, 5 tot 20 voor neutronen, 5 voor protonen en 20 voor alfadeeltjes en zware ionen). Zo kunnen bij gelijke geabsorbeerde dosis de biologische effecten sterk verschillen volgens het type straling: een alfadeeltje zal een veel uitgesprokener effect hebben dan een bètadeeltje van dezelfde energie omdat het samengesteld is uit veel zwaardere deeltjes. Een α -deeltje is daarentegen minder doordringend.

Voor het hele lichaam wordt het effect van de ioniserende stralingen bepaald aan de hand van de *effectieve dosis*. Deze wordt berekend door de equivalente dosis ontvangen ter hoogte van ieder orgaan te vermenigvuldigen met de risicocoëfficiënt van elk van deze organen en de som te maken van de verkregen partiële resultaten. Deze grootheid wordt vaak verkeerdelijk “dosis” genoemd. De eenheid van equivalente en effectieve dosis is de *Sievert* (Sv), in het algemeen uitgedrukt in een duizendste of miljoenste sievert (respectievelijk mSv of μ Sv).

Dosislimieten In België zijn de *reglementaire dosislimieten* van ioniserende stralingen gebaseerd op Europese richtlijnen die zelf gebaseerd zijn op de aanbevelingen van internationale instanties. Zo bedraagt de effectieve dosislimiet voor de bevolking 1 mSv per jaar. Ze houdt geen rekening met de natuurlijke stralingen noch met de medische blootstellingen. De Europese richtlijn van 1998 inzake drinkwater bepaalt daarenboven dat de totale jaarlijkse, via drinkwater ingenomen, dosis niet hoger mag zijn dan 0,1 mSv.

INLEIDING

Het radiologisch toezicht op het grondgebied is in zekere zin een soort “milieuopsporing”. Men hoopt niets, of beter, niets significant te meten. En meestal is dit ook het geval: de kunstmatige radioactiviteit is veel lager dan de natuurlijke radioactiviteit, de metingen en analyses tonen slechts uiterst lage niveaus – sporen – van radioactiviteit.

Jaar na jaar toont dit toezicht inderdaad dat de radiologische situatie op het Belgische grondgebied in het algemeen geen problemen stelt. Het geeft trouwens de inspanningen weer, geleverd door de uitbaters van installaties waar activiteiten plaatsvinden die een radiologische impact kunnen hebben op het leefmilieu. Zo zijn deze niet alleen verplicht al het mogelijke te doen om hun uitstoot onder de toegestane limieten te houden, maar tevens dienen zij hun uitstoot tot een minimum te beperken (ALARA-principe). Op deze manier slagen zij er in om geen radiologische hinder te veroorzaken voor de bevolking.

Het radiologisch toezicht op het grondgebied omvat twee complementaire luiken:

- Een *globaal toezicht op het grondgebied*, buiten de zones waar een significante nucleaire activiteit plaatsvindt. Dit geeft met name het niveau van de natuurlijke radioactiviteit aan waaraan de bevolking wordt blootgesteld. Het dekt in het bijzonder de zones verwijderd van nucleaire sites waaronder de kuststreek en de zogenoemde “referentiezones” zoals de Brusselse agglomeratie, de grootste Belgische agglomeratie, met 10% van de bevolking. Bijzondere aandacht wordt gegeven aan het toezicht van niet-nucleaire industriële sites en van bepaalde stortplaatsen;
- *Nabij toezicht rondom de nucleaire sites* waar activiteiten plaatsvinden die een radiologische impact kunnen hebben op het leefmilieu. Het betreft voornamelijk de volgende sites:
 1. de sites van de kerncentrales van Doel en Tihange,
 2. de omgeving, op Belgisch grondgebied, van de Franse kerncentrale van Chooz,
 3. de site van het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK•CEN), in Mol,
 4. de sites van Belgoprocess, Belgonucleaire en FBFC International (Franco-Belge de Fabrication de Combustibles International), in Mol en Dessel,
 5. de sites van het Nationaal Instituut voor Radio-elementen (IRE), van MDS-Nordion, van Sterigenics en van Ion Beam Applications S.A. (IBA) in Fleurus (industriële zone).

De doeleinden van dit toezicht in de omgeving van deze kerninstallaties en nucleaire sites zijn veelvoudig:

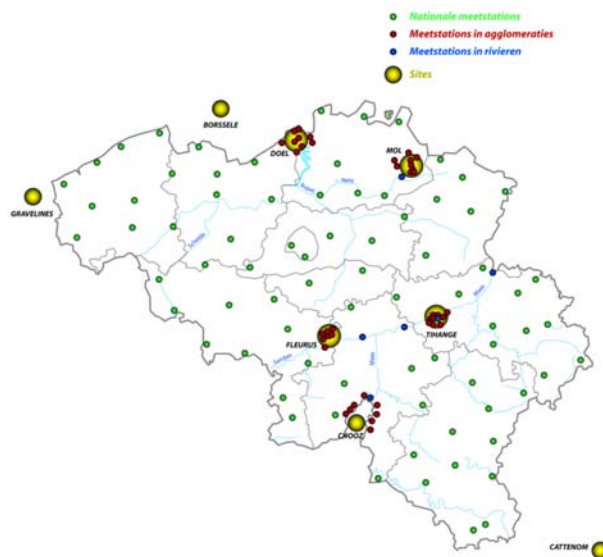
1. borg staan voor de naleving van de wettelijke en reglementaire voorschriften inzake de besmetting van het leefmilieu,
2. via de controle van de uitstoot in het leefmilieu nagaan of dit laatste gebeurt conform de toegestane normen en limieten,
3. desgevallend de doses evalueren waaraan bepaalde bevolkingsgroepen mogelijkwerwijs werden blootgesteld,
4. het publiek op een objectieve wijze informeren.

Het nabije toezicht richt zich ook op de installaties waar radionucliden worden gebruikt zoals ziekenhuizen, universiteiten of bepaalde niet-nucleaire industrieën (NORM-industrie). Ook stortplaatsen, voornamelijk van fosforgips, worden gecontroleerd.

In de praktijk wordt het radiologisch toezicht op het grondgebied, zowel wat betreft kunstmatige als natuurlijke radioactiviteit, op twee manieren uitgeoefend:

- Op *continue* wijze door het automatische TELERAD-netwerk voor het meten van de lokale omgevingsradioactiviteit;
- Op *discontinue* wijze door middel van periodieke metingen in situ en het nemen van monsters die vervolgens worden geanalyseerd.

Het TELERAD-netwerk is vóór alles een *meet- en alarmnetwerk*. De 245 meetstations meten voortdurend de totale radioactiviteit in de lucht, de atmosferische stofdeeltjes en het water van de rivieren (Maas, Samber, Schelde en Molse Nete). Deze meetstations zijn verbonden met een centraal systeem dat automatisch wordt gealarmeerd als abnormale verhogingen van de radioactiviteit worden gedetecteerd. Het TELERAD-netwerk wordt verder aangevuld met 13 meteomasten (9 van 10 meter en 4 van 30 meter) die de windsnelheid en -richting meten en 24 mobiele meetstations die waar dan ook op het grondgebied kunnen worden opgesteld.



In geval van een nucleair ongeval, zou de uitstoot van radioactieve stoffen in het leefmilieu kunnen leiden tot het in werking stellen van een door de overheden voorzien nucleair noodplan. Het TELERAD-netwerk speelt in dat geval een primordiale rol in de evaluatie van de ernst van het ongeval, bij het nemen van beslissingen, het optimaliseren van de interventies en het treffen van maatregelen ter preventie van de effecten van het ongeval en, later, om ze te verhelpen, alsook in de continue informatieverstrekking aan de bevolking.

In normale omstandigheden meet het TELERAD-netwerk het gammadosis-tempo in de omgeving. Dit dosistempo houdt verband met het niveau van de natuurlijke radioactiviteit of achtergrondstraling.

De monsternamercampagnes en in situ metingen vormen de *echte hoeksteen* van het radiologisch toezicht op het grondgebied. Ze maken het mogelijk het radiologische profiel van het Belgische grondgebied te verfijnen en moeten het mogelijk maken heel precies de natuurlijke- en kunstmatige radioactiviteitsniveaus in het leefmilieu te evalueren evenals de stralingsdoses waaraan de bevolking wordt blootgesteld. Ze richten zich derhalve systematisch op de belangrijkste compartimenten van het leefmilieu en de belangrijkste componenten van de voedselketen die kunnen worden besmet en waaraan de bevolking kan worden blootgesteld: de lucht, atmosferische stofdeeltjes, regenwater, water van de rivieren, zee- en drinkwater, de bodem, rivier- en zeesedimenten, de fauna en flora van de rivieren en de zee, melk, vlees, vis, groenten, enz.

De monsters worden in opdracht van het Agentschap genomen door gespecialiseerde teams van het SCK•CEN en het IRE-Elit. De frequentie van de monsterneming werd zodanig bepaald dat men over zo nuttig mogelijke informatie kan beschikken, rekening houdend met de technische en materiële mogelijkheden. De monsters worden vervolgens geanalyseerd in de laboratoria van deze instellingen teneinde heel nauwkeurig de aard en het niveau van de radioactiviteit te bepalen die ze bevatten.

Deze analyses meten de radionucliden met alfa-, bèta- of gammastraling, hetzij globaal, hetzij op een specifieke manier. In dit laatste geval, leggen ze zich in het bijzonder toe op de meting van de natuurlijke radionucliden (zoals beryllium-7 en kalium-40) die dienst doen als referentiepunten, en radionucliden kenmerkend voor specifieke menselijke activiteiten (zoals de radionucliden die verband houden met de productie van splijtstof voor kernreactoren, radioactieve tracers gebruikt in de nucleaire geneeskunde, en radium 226, het natuurlijk radionuclide dat vaak geconcentreerd voorkomt in de vloeibare lozingen van het productieprocédé van voedingsfosfaten). De verkregen resultaten worden vervolgens gecentraliseerd, geanalyseerd en geïnterpreteerd door het Agentschap.

Het Agentschap past indien nodig zijn programma voor monsterneming en metingen aan om het volledig af te stemmen op de internationale eisen. De Europese richtlijn 98/83/CE van 1998 vervangen door de richtlijn 2013/51/EURATOM inzake drinkwater legt namelijk intensievere controles op: nieuwe eisen in termen van controle en rapportering van gegevens van radiologisch toezicht aan de Europese Commissie, voortvloeiend uit de toepassing van artikel 36 van het EURATOM-verdrag. Tot slot verplicht het OSPAR-Verdrag (Verdrag van Oslo-Parijs, 1998 – geratificeerd door België) inzake de bescherming van het mariene milieu van de Noordzee en het noordoostelijke deel van de Atlantische Oceaan, de ontwikkeling van controle- en onderzoeksprogramma's over de impact van radioactieve lozingen op het mariene milieu.

Het programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied berust momenteel op meer dan 4330 jaarlijkse monsternemingen, die het voorwerp zijn van bijna 19200 analyses van alfa-, bèta-, en gammaradioactiviteit. In verhouding tot de bevolking en het Belgische nucleaire park, situeert de omvang van dit programma zich in de buurt van het gemiddelde van de programma's van andere landen met kerncentrales, zoals Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk.

Het radiologisch toezicht op het grondgebied, dat het mogelijk maakt de radioactiviteit in het leefmilieu en de risico's voor de bevolking in kaart te brengen, brengt geen bijzonder probleem aan het licht. Meestal is de kunstmatige radioactiviteit veel lager dan de natuurlijke radioactiviteit, als ze zelfs meetbaar is in de monsters. In het bijzonder de kerncentrales hebben een verwaarloosbare, zelfs niet-detecteerbare radiologische impact op het leefmilieu. Natuurlijk wordt elke afwijking gedetecteerd door of ter kennis gebracht van het Agentschap onderzocht en op de gepaste manier behandeld.

Dit verslag is een samenvatting van de resultaten van het toezichtsprogramma verkregen voor het jaar 2017. Na een korte inleiding over het TELERAD-netwerk en sleutelbegrippen van het radiologisch toezichtsprogramma, volgt een synthese van de activiteitsmetingen (lees: radioactiviteit) genomen in:

- Het bekken van Samber en Maas;
- Het bekken van Schelde en Nete;
- De maritieme zone;
- De referentiezone (Brussels Hoofdstedelijk Gewest);
- De voedselketen;
- Het toezicht van NORM-sites (impact ten gevolge van historische activiteiten en van installaties nog in bedrijf die een toevoer van natuurlijke radioactiviteit in het milieu genereren) ;

voor de grote compartimenten van de biosfeer (lucht, bodem, water en biocenose) evenals in de belangrijkste constituenten van de voedselketen en vult ze aan met onafhankelijke controles van de vloeibare lozingen van de belangrijkste nucleaire sites. De onbewerkte resultaten zijn verkrijgbaar op verzoek.

SAMENVATTING

Het programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied baseert zich op een geharmoniseerde bibliotheek van radionucliden gemeten voor het gehele grondgebied en houdt rekening met de eisen van de internationale instanties (Europese Commissie, OSPAR ten opzichte van de akkoorden van Sintra in het kader van het beleid inzake bescherming van de Noordzee en de Atlantische Oceaan).

Dit programma – gebaseerd op meer dan 4330 monsters die het voorwerp zijn van zo wat 19200 radioactiviteitsmetingen – maakt het mogelijk de verschillende regio's van het land beter te controleren rekening houdend met hun specificiteit. Vergelijkingen tussen de compartimenten van elk gewest en tussen de gewesten onderling worden daardoor eenvoudiger.

De radiologische situatie is over het geheel genomen uitstekend:

Het radiologisch toezicht op het grondgebied, dat het mogelijk maakt de radioactiviteit in het leefmilieu in België en de risico's voor de bevolking in kaart te brengen, brengt geen bijzondere problemen aan het licht. Meestal is de kunstmatige radioactiviteit veel lager dan de natuurlijke radioactiviteit, waardoor ze eenvoudigweg soms niet meetbaar is in de monsters.

Het radiologisch toezicht op het grondgebied toont ook duidelijk dat het dosisdebiet (radioactiviteit in de omgeving), in normale omstandigheden en buiten medische blootstelling, vóór alles afhangt van de aard van de bodem: de rotsbodems in het zuiden van het land wasemen meer radon (natuurlijk radioactief gas) uit dan die in het noorden van het land (zandige grond). Zo komt het bijvoorbeeld dat het dosisdebiet gemeten in Wallonië hoger is dan dat gemeten in de nabijheid van de kerncentrale van Doel, waarvan de impact op het leefmilieu verwaarloosbaar is.

In het bijzonder de kerncentrales hebben een verwaarloosbare, zelfs niet detecteerbare radiologische impact op het leefmilieu. Natuurlijk wordt elke afwijking gedetecteerd door of ter kennis gebracht van het Agentschap onderzocht en op de gepaste manier behandeld.

Bijzondere aandacht is vereist:

Ook al is de radiologische toestand op het Belgisch grondgebied volkomen bevredigend, er is toch één bekken dat de aandacht weerhoudt vanwege zijn abnormaal hoge belasting aan kunstmatige radioactiviteit, maar ook historisch aan natuurlijke radioactiviteit (^{226}Ra): het betreft hier het hydrografisch netwerk van Laak-Winterbeek-Nete-Schelde.

Sommige nucleaire installaties in de regio Mol-Dessel hebben inderdaad een meetbare, zij het zwakke, radiologische impact op het leefmilieu. Hetzelfde geldt voor de niet-nucleaire voedingsfosfatenindustrie in de regio van Tessenderlo die ^{226}Ra uitstootte. De fosfaat-eenheid van deze industrie wordt nu ontmanteld, wat de lozing van radium sterk reduceert. De meetbare radiologische impact van deze installaties in het noordoosten van het land daalt de jongste jaren echter duidelijk.

1. HET CONTINU RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED: HET TELERAD- NETWERK

Het TELERAD-netwerk is het automatische telemetingnetwerk voor radioactiviteit op het Belgische grondgebied. Het bestaat uit 245 meetstations die voortdurend de radioactiviteit in de lucht en het water van de rivieren meten.

De meetpunten zijn verdeeld over het volledige nationale grondgebied, rondom de nucleaire installaties van Tihange, Doel, Mol-Dessel en Fleurus, evenals in de agglomeraties in de nabijheid van deze installaties en nabij Chooz in Frankrijk. Deze meetpunten zijn verbonden met een centraal systeem dat automatisch wordt gealarmeerd als abnormale verhogingen van de radioactiviteit worden gedetecteerd.

1.1 DOELSTELLINGEN VAN HET NETWERK

Het TELERAD-netwerk is een *meet- en alarmnetwerk* en beantwoordt in dat opzicht aan de volgende belangrijke doelstellingen:

- Het continu registreren van metingen om de nodige statistische informatie te verschaffen over de in het land opgemeten stralingsniveaus;
- Het in werking stellen van een alarm om onmiddellijk de overschrijding van een waarschuwingsdrempel te signaleren.

TELERAD is dus een alarmnetwerk dat onmiddellijk abnormale situaties kan detecteren die omwille van de ernst kunnen leiden tot het in werking stellen van het Noodplan voor Nucleaire Risico's.

In geval van een nucleair ongeval zal TELERAD een belangrijke rol spelen in de beslissingname, de optimalisering van de interventies en de tegenmaatregelen toegepast door de bevoegde instanties evenals het continu informeren van de burgers.

1.2 TELERAD: RADIOLOGISCH INSTRUMENT

Het TELERAD-netwerk beschikt over vier types meetpunten voor de radioactiviteit in de lucht:

159 dosimetriemeetstations (detector van het Geiger Müller type) voor de meting van de gammaraadioactiviteit in de omgeving bevinden zich op het grondgebied (met inbegrip van deze in de buurt van de laars van Givet voor het toezicht op de nucleaire site van Chooz). Dit jaar werden meerdere stations op het grondgebied geplaatst om het radiologisch toezicht te versterken.

Elk meetstation is uitgerust met een regendetector die informatie verstrekt over de aanwezigheid en de duur van een regenperiode. De foto's onderaan tonen een dergelijk meetstation in zijn meetomgeving en geven eveneens een zicht op de aanwezige elektronica.



De 67 **spectrometrische meetstations** (NaI detector) voor de meting van de gammaradioactiviteit in de omgeving en de meting van een aantal radionucliden (10 pre-gedefinieerde nucliden) zijn verspreid langs de omheining rond de nucleaire sites van het SCK•CEN en BELGOPROCESS, de kerncentrales Tihange en Doel alsook het IRE. De foto's illustreren dit type station in zijn meetomgeving.



In 2018 zijn drie spectrometrische stations rond de site van Belgoprocess toegevoegd. Deze stations hebben als bijzonderheid dat ze worden aangedreven door zonnepanelen en kunnen worden verplaatst met behulp van een aanhangwagen.



7 **aërosolmeetstations** (ZnS detector) voor de meting van de radioactiviteit in stofdeeltjes in de lucht (aërosolen en fijne deeltjes) bepalen de totale alfa- en bètaradioactiviteit.



De foto links toont een alfa/bèta meeteenheid met zicht op de afrolbare meetband die de stofdeeltjes en partikels van de lucht opvangt.

Deze meetstations worden aangevuld met een meetpunt voor radioactief jodium in aërosolen en deeltjes in de lucht wanneer een vooraf bepaalde bèta radioactiviteitsdrempel (7 eenheden in totaal gekoppeld aan de alfa/bèta-meting) wordt

overschreden. De foto rechts toont de detector in zijn



afscherming (cilinder) en de parallellepipedum buis met de patronen radioactieve koolstof (rechts).

Wanneer de waarschuwingsdrempels worden overschreden, worden patronen met actieve koolstof, die tot doel hebben het radioactief jodium op te vangen, automatisch gemeten na pompen van de buitenlucht om het radioactiviteitsniveau te meten.

TELERAD beschikt ook over 8 **meetstations langs rivieren** die voortdurend de gammaraadioactiviteit van het rivierwater meten. Er zijn twee soorten stations :

Retrofit : deze stations (6 in totaal) bevinden zich langs 3 rivieren die de lozingen van nucleaire sites en afvalwater van grote stadscentra (onderzoekscentra, universiteiten, ziekenhuiscentra) opvangen: de Maas, de Samber en de Nete.

Deze stations zijn grote containers waaruit twee leidingen vertrekken en waarin twee leidingen toekomen om het water van de rivieren naar de detector en na meting van de radioactiviteit opnieuw naar de rivier te pompen – foto rechts.



Uiterst links op de foto bevindt zich een automatische, programmeerbare monsternemer (Buhler type PP MOS) waarmee het water in flacons kan worden gepompt voor de gamma-, alfa-, en bèta-analyses in laboratoria (gebruikt voor het radiologisch toezichtsprogramma van het grondgebied)

De foto hiernaast toont de binnenkant van de PP MOS met in het bovenste gedeelte de pompinstrumenten en onderaan de flacons van 2,9 liter (12 in totaal).

Met deze volledig programmeerbare eenheid kunnen vooraf bepaalde watervolumes over vastgestelde tijdspannen en frequentie worden verzameld.



Boven de PP MOS bevinden zich de teleenheid en de hoogspanningsvoeding van de detector van het riviermeetpunt.

In het station bevindt zich een gammaspectrometrie-eenheid (LaBr₃ kristal gekoppeld aan een multikanaal-analysator) in een reservoir dat zelf omgeven is door een sterke, loden afscherming dat op zijn beurt beschermd is door een omhulsel in roestvrijstaal waarin het rivierwater naar binnen en naar buiten stroomt – foto links. Een tiental radionucliden zijn gedefinieerd in de herkenningsoftware.

Links van de gammaspectrometrie-eenheid bevindt zich een monsternemer in een groot watervat (type Swedmeter) waarmee automatisch monsters van het rivierwater kunnen worden genomen zodra een alarmniveau wordt overschreden. Dit water wordt opgeslagen in een flacon van 25 liter voor latere gamma- en bètaspectrometrieanalyses in laboratoria.

BCI : bij deze stations zijn hun sonde direct ondergedompeld in het rivier water. In totaal zijn er twee in de Schelde gesitueerd waarbij één stroomafwaarts en één stroomopwaarts van de kerncentrale Doel.

TELERAD beschikt ook over 4 **meetstations (BCI) in de lozingskanalen van de kerncentrales** die continu de gammaradioactiviteit van de lozingen meten: één station in het lozingskanaal van de kerncentrale van Doel en drie stations in de 3 lozingskanalen van de kerncentrale van Tihange. Deze stations laten toe om de vloeibare lozingen van de elektriciteitsproducenten van kortbij op te volgen.



Ze bezitten ook een LaBr_3 detector die aan een multikanaal detector is gekoppeld. Een tiental radionucliden zijn gedefinieerd in de herkenningsoftware.

1.3 TELERAD: METEOROLOGISCH INSTRUMENT



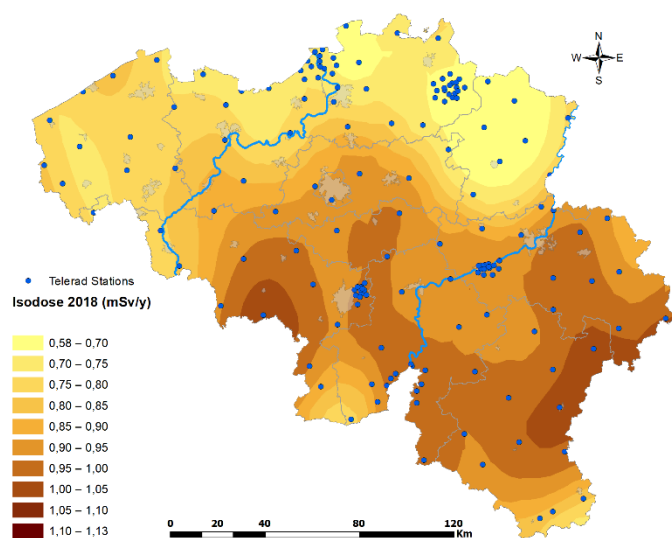
TELERAD beschikt langs de grenzen en in de buurt van de nucleaire sites over meteorologische meetinstrumenten (windrichting en -snelheid) gemonteerd op 9 masten van elk 10 meter hoog. Nabij de nucleaire sites zijn ook vier 30 meter hoge weermasten opgesteld (windsnelheid en windrichting, pluviometrie, uren zonneshijn) – foto links.

Deze gegevens zijn onmisbaar om snel mogelijke vreemde radioactiviteitbronnen op te sporen en afhankelijk van de richting en de snelheid van de winden te kunnen voorzien wanneer een radioactieve wolk over welke regio's zou kunnen overtrekken.

Tot slot wordt het TELERAD-netwerk aangevuld met 24 mobiele meetstations om de gammaradioactiviteit in de omgeving te meten. Deze meetstations kunnen op het hele Belgische grondgebied worden ingezet, afhankelijk van de meetbehoeften.



1.4 TELERAD: INSTRUMENT VOOR HET BEREKENEN VAN DE EXTERNE BLOOTSTELLINGS-DOSES



Het TELERAD-netwerk meet continu een dosistempo ($\mu\text{Sv/u}$). Hierdoor kan meetpunt per meetpunt de jaarlijkse blootstelling aan gammastraling worden berekend. Met behulp van een mathematische interpolatie kan een familie van waarden - die slechts lichtjes verschillend zijn - onder dezelfde kleur worden ingedeeld om al zo een kaart op te bouwen.

De figuur links toont het resultaat van een dergelijke behandeling die leidt tot het opstellen van een illustratieve kaart (want vervaardigd op basis van

een relatief beperkt aantal detectoren) van de gamma-achtergrondstraling. Deze achtergrondstraling is de jaarlijkse blootstelling op het grondgebied uitgedrukt in mSv (externe blootstelling gammastralings-dosis).

De analyse van deze blootstellingkaart toont dat de gemiddelde blootstellingdosis aan gammastraling in België 1 mSv/jaar bedraagt, ze stijgt van 0,6 à 0,7 mSv/jaar in het Noorden tot ongeveer 0,8 tot 0,9 mSv/jaar in Vlaanderen globaal en tot gemiddeld 1,0 à 1,1 mSv/jaar in Wallonië, meer bepaald in de Ardennen.

De blootstelling varieert volgens de aard van de bodem. De doses op oude rotsgronden zijn in het algemeen hoger (zoals kalk- en leisteen, psammiet en gemengde zanden met kalk enz.) dewelke voorkomen in België in de Ardennen en het Condroz gebied – zie de geologische kaart hiernaast. In Vlaanderen, waar de bodem hoofdzakelijk bestaat uit sedimentaire grond (zand, leem en klei) zijn de doses lager. In het zuiden van het land, een streek met mergel en kleigrond met zand-leemlagen op een kalksubstraat, daalt de dosis tot waarden die vergelijkbaar zijn met die in het noorden van het land.



De dosislimiet van ioniserende straling waaraan de bevolking mag worden blootgesteld, vastgesteld op 1 mSv/jaar, houdt geen rekening met de natuurlijke straling ten gevolge van de kosmische straling, de radioactiviteit van de bodem, de ondergrond en de stralingen gebruikt voor medische doeleinden. Derhalve is ze hier niet van toepassing (natuurlijke achtergrondstraling in de omgeving).

2. HET RADIOLOGISCH TOEZICHTSPROGRAMMA VAN HET GRONDGEBIED BEGRIJPEN

2.1 OORSPRONG VAN DE IN BELGIË GEMETEN RADIOACTIVITEIT

De radioactiviteit die in België en overal in de wereld kan worden gemeten is van tweeërlei oorsprong: van *natuurlijke* en van *kunstmatige* oorsprong.

De natuurlijke radioactiviteit is gedeeltelijk toe te schrijven aan de *kosmische straling* die zelf twee componenten omvat: één relatief constante component, de primaire galactische straling samengesteld uit zeer energierijke deeltjes – 85% protonen, 12,5% helium; 1% zwaardere atomen zoals ijzer en nikkel, 1,5% elektronen en een variabele component, de zonnestraling of zonnwind die een cyclus van elf jaar volgt en ook willekeurig fluctueert bij grote zonne-uitbarstingen waarbij een belangrijke stroom met minder energierijke deeltjes vrijkomt die ook de aarde kunnen bereiken.

Al deze deeltjes dringen door de hoogste lagen van de atmosfeer die ze gedeeltelijk “filteren” om de grond en de levende organismen te bereiken en een familie radioactieve, zogenoemde “kosmogene” nucliden te vormen zoals $^7,^{10}\text{Be}$, $^{32,^{33}\text{P}}$, ^{22}Na , ^{35}S , ^{39}Cl , ^{26}Al , ^{14}C en ^3H .

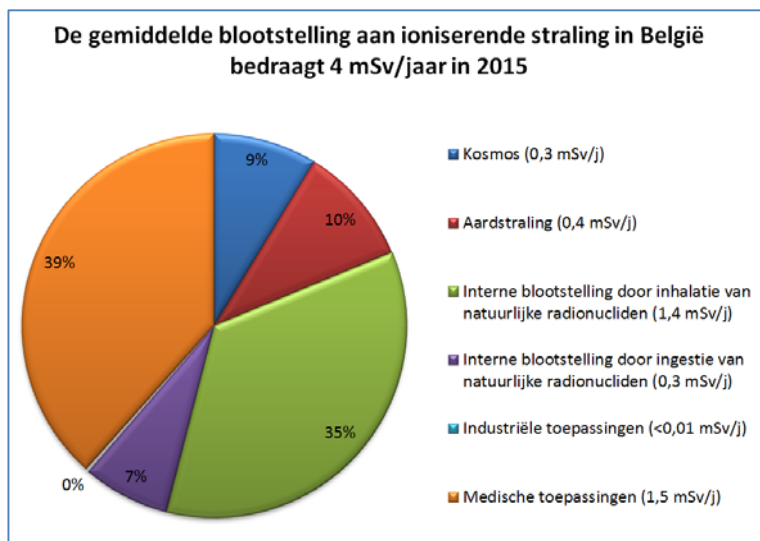
De natuurlijke radioactiviteit heeft ook een aardcomponent: de *aardstraling* die wordt gegenereerd door de natuurlijke radionucliden in de bodem en het ondergrondse water zoals:

- De primaire samenstellende nucliden van het zonnesysteem, met name radionucliden met zeer lange fysische halfwaardetijd (tijd nodig tot de helft van de radioactiviteit verdwijnt) zoals $^{235,^{238}\text{U}}$, ^{40}K , ^{232}Th , ^{187}Re , ^{138}La , ^{147}Sm , ^{190}Pt ;
- De nucliden rechtstreeks of onrechtstreeks geïnduceerd door nucleaire reacties ten gevolge van incidentele kosmische straling zoals ^{239}Pu , ^{237}Np , ^{30}Cl , ^{90}Sr en andere splijtingsproducten gegenereerd door neutronen (en de reeds vermelde “kosmogene” nucliden gegenereerd door de kosmische straling zelf).

Bovenop deze natuurlijke radioactiviteit komt ook een antropogene radioactiviteit, gegenereerd door menselijke militaire, industriële, onderzoek- en medische activiteiten. Een aantal van deze activiteiten zijn in België aanwezig:

- De nucleaire industrie (met inbegrip van die in het buitenland maar gelegen in de nabijheid van onze grenzen zoals de kerncentrales van Gravelines, Chooz en Cattenom in Frankrijk, Borssele in Nederland) wordt vertegenwoordigd door de kerncentrales van Doel op de Schelde (4 kernreactoren) en van Tihange op de Maas (3 kernreactoren), de installaties van Belgoprocess 1 en 2, van Belgonucleaire, FBFC International en van het IRE;
- De NORM-industrie;
- Nucleair onderzoek in laboratoria zoals die van het SCK•CEN en de universiteiten;
 - Voornamelijk de radiologische diensten (en in mindere mate de nucleaire geneeskunde) in de ziekenhuizen zijn de voorbije jaren verantwoordelijk voor een stijging van de gemiddelde blootstelling van de bevolking, namelijk van de oudste bevolkingslagen in België, die van 25-30 % in de jaren 1995 steeg tot meer dan 45 % vanaf 2006 (2,1 mSv/j in 2006, 2,3 mSv/j in 2010). Inspanningen om de dosis voor patiënten te optimaliseren

en de geleidelijke modernisering van het radiologische park hebben deze toename gestopt en zelfs verlaagd tot 38,4 % in 2015 (1,53 mSv/j), zoals hieronder weergegeven in figuur 1 (gemiddelde blootstelling in 2015).



De totaliteit van deze ioniserende straling (~ 4,0 mSv/j) is verantwoordelijk voor de globale blootstelling van de personen wonend op het Belgische grondgebied. Deze blootstelling of dosis – uitgedrukt in mSv – is hoofdzakelijk toe te schrijven aan de natuurlijke radioactiviteit en aan blootstellingen van medische oorsprong. Iedere staat is verplicht de niveaus van natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit te controleren waaraan zijn bevolking potentieel

wordt blootgesteld. Deze verplichting is duidelijk gepreciseerd in de wettelijke teksten die het in België geldend wettelijk en reglementair kader definiëren.

2.2 WETTELIJK EN REGLEMENTAIR KADER

Het in België geldend wettelijk en reglementaire kader inzake het radiologisch toezicht op het grondgebied omvat twee luiken: het nationaal wettelijk kader en het Europees reglementair kader. De verplichtingen verbonden aan deze kaders hebben een rechtstreekse impact op het radiologisch toezichtsprogramma voor het grondgebied evenals op zijn omvang. In beide gevallen is het FANC als federale autoriteit belast met het aanwenden van de nodige middelen om aan de reglementaire eisen te voldoen.

2.2.1 Nationaal wettelijk kader

Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) is een openbare instelling met rechtspersoonlijkheid (instelling van openbaar nut categorie C), opgericht door de wet van 15 april 1994 *betreffende de bescherming van de bevolking en het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle* (artikel 21 en 22). Dit statuut verleent het Agentschap een grote zelfstandigheid, onmisbaar voor de onpartijdige uitoefening van zijn verantwoordelijkheden tegenover de maatschappij.

Het FANC is volledig operationeel sinds 1 september 2001. Op deze datum werd namelijk het koninklijk besluit van 20 juli 2001 van kracht houdende *algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (ARBIS)*. Dit besluit geeft kracht van uitvoering aan de wet van 15 april 1994 en preciseert de essentiële uitvoeringsvoorwaarden en -modaliteiten van de opdrachten van het Agentschap. Het omvat het grootste gedeelte van de Belgische reglementering inzake de bescherming van de bevolking en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende stralingen.

Het Agentschap is in het bijzonder belast met *de controle van de radioactiviteit op het grondgebied en op de door de bevolking ontvangen doses* (artikel 70) evenals met de organisatie van het toezicht op de bevolking in zijn geheel (artikel 71).

Men dient ook het Frans-Belgische samenwerkingsakkoord van 8 september 1998, inzake de kerncentrale van Chooz op de Maas in Frankrijk dichtbij de grens met België te vermelden. Het voorziet in de uitvoering van een volledige controle, op het Belgische grondgebied van de overdrachtswegen van de radioactiviteit in de nabijheid van de nucleaire site evenals een regelmatige uitwisseling van de resultaten tussen beide staten.

De artikelen 4 en 9 van het ARBIS definiëren het reglementair kader voor “*beroepsactiviteiten waar natuurlijke stralingsbronnen aangewend worden*” (NORM-industrie). Op basis van deze artikelen kan het FANC een opvolging van de effecten op het leefmilieu van bepaalde NORM-industrieën vorderen.

Het artikel 72bis van het ARBIS aangaande “*interventies bij langdurige blootstelling*” legt het reglementair kader betreffende sites historisch gecontamineerd met radioactieve stoffen vast. Dit artikel legt aan het FANC o.a. de taak op om toe te zien op de eventuele implementatie van een geschikte opvolging van de blootstellingen in dit kader.

2.2.2 Internationaal wettelijk kader

Europese Commissie:

België is, zoals alle lidstaten van de Europese Unie, verplicht te voldoen aan de eisen van de Europese Commissie (EC) in het kader van artikel 36 van het EURATOM-verdrag inzake de mededeling van controlegegevens over radioactiviteit in het leefmilieu (radioactiviteit van de lucht, stofdeeltjes in de lucht, oppervlaktewater en drinkwater, melk en levensmiddelen).

Dit omvat de nieuwe voorschriften betreffende de opvolging van de voedselketen volgend uit de beschermingsmaatregelen na de ramp in Tsjernobyl en Fukushima evenals de aanbeveling 2000/473/EURATOM² betreffende artikel 36 van het EURATOM-verdrag, dat in punt 4 voorziet dat de lidstaten de Commissie alle nodige gegevens dienen mee te delen ter controle van de radioactiviteit in het “gemengd regime” teneinde globale informatie te verkrijgen over de opname van radioactiviteit door de mens, via de voedselketen en dus over de vrijgekomen doses.

Sinds 2017 voldoet België aan zijn verplichting om een groot aantal waterwinningsgebieden, bronnen en dergelijke - bestemd voor de productie van drinkwater – te controleren en dit voornamelijk in Wallonië. De EC heeft besloten om de aspecten «radioactiviteit» van de drinkwaterproblematiek in het kader van het EURATOM-verdrag te behandelen en dit via de – specifieke - nieuwe Richtlijn 2013/51/EURATOM van de Raad gepubliceerd op 22 oktober 2013. De technische bijlagen die de radioactiviteit behandelen en die reeds vele jaren klaar zijn, worden direct in deze nieuwe Richtlijn geïntegreerd. Ook de problematiek van radon en vervalproducten met lange halfwaardetijd (²¹⁰Po et ²¹⁰Pb) werden geïntegreerd. Natuurlijk water, gebotteld bronwater en deze verspreid in grote verpakkingen (fonteinen, containers, ...) worden ook opgenomen in de Richtlijn. Water bestemd voor de voedingsindustrie wordt eveneens in beschouwing genomen. De voormalige Richtlijn 98/83/CE van de Raad van 3 november 1998 zal worden verlengd, maar zal zich alleen bezighouden met de biologische en chemische aspecten van het drinkwater.

België heeft deze richtlijn omgezet in nationale regelgeving op 31 mei 2016 (koninklijk besluit betreffende de bescherming van de volksgezondheid ten aanzien van radioactieve stoffen in water bestemd voor menselijke consumptie). Dit koninklijk besluit wordt aangevuld door het

² Aanbeveling van de Commissie over de toepassing van artikel 36 van het EURATOM-verdrag betreffende de controle van de radioactiviteitsniveaus met tot doel de blootstelling van de bevolking in haar geheel te evalueren.

FANC Besluit van 24 november 2016 (Besluit met de uitvoeringsregels van de controle van radioactieve stoffen in water bestemd voor menselijke consumptie).

OSPAR-verdrag (oslo-PARIS):

Het Verdrag inzake de Bescherming van het Mariene Milieu van het noordoostelijk Deel van de Atlantische Oceaan – OSPAR-verdrag – kreeg een formele aanvang bij de ondertekening tijdens de ministeriële bijeenkomst van de Commissies van Oslo (opgesteld in 1972) inzake de lozing in zee en deze van Parijs (opgesteld in 1974) inzake de mariene verontreiniging afkomstig van het land, op 22 september 1992 in Parijs.

Het Verdrag werd ondertekend en geratificeerd door alle oorspronkelijke contracterende partijen op de Conventie van Oslo en de Conventie van Parijs (België, de Commissie van de Europese Gemeenschappen, Denemarken, Finland, Frankrijk, IJsland, Ierland, Nederland, Noorwegen, Portugal, Spanje, Zweden, het Verenigd Koninkrijk en Noord-Ierland) en door Luxemburg en Zwitserland. Het OSPAR-VERDRAG VAN 1992 is de huidige leidraad voor de internationale samenwerking betreffende de bescherming van het mariene milieu van het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan.

Het OSPAR-verdrag trad in werking op 25 maart 1998. Het vervangt de Verdragen van Oslo en Parijs, maar de besluiten, aanbevelingen en andere akkoorden van deze vroegere verdragen blijven van toepassing en behouden hetzelfde juridische karakter, tenzij ze herroepen worden door nieuwe maatregelen aangenomen krachtens het OSPAR-verdrag van 1992.

De eerste ministeriële bijeenkomst van de OSPAR-commissie in Sintra, Portugal, in 1998, heeft bijlage V van het Verdrag goedgekeurd, teneinde de samenwerking van de contracterende partijen uit te breiden, en elke menselijke activiteit te dekken die schade zou kunnen toebrengen aan het mariene milieu van het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan. Niettemin kunnen programma's en maatregelen inzake het visserijbeheer niet worden goedgekeurd in de context van het Verdrag.

De OSPAR-verklaring, ondertekend in Sintra op 23 juli 1998, betreffende de bescherming van de Noordzee en het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan, voorziet een drastische vermindering van de lozing van radioactieve afvalstoffen in het mariene milieu tot “bijna” nulwaarden voor kunstmatige radioactiviteit en “bij benadering” van de achtergrondstraling voor de natuurlijke radioactiviteit toegevoegd omwille van de menselijke industriële activiteit.

Men dient er ook rekening mee te houden dat de Europese Commissie steeds meer de OSPAR-strategie steunt in de mate dat ze de lidstaten onder andere aanzet te investeren in fundamentele onderzoeksprogramma's naar de impact van de radioactiviteit op het mariene milieu (flora/fauna en mens) en dat ze onlangs het idee van een globale mariene strategie heeft goedgekeurd (betreft alle Europese zeeën), met name inzake de radioactiviteit, die in deze gevallen de doelstellingen van OSPAR integraal overneemt.

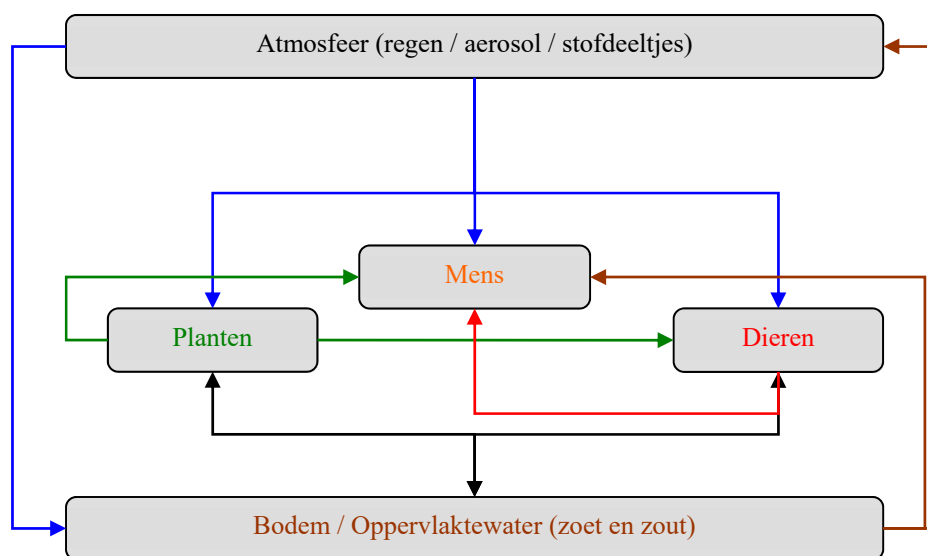
Het Internationaal Agentschap voor Atoomenergie (IAEA) is in lijn met de hierboven geschetste trends..

2.3 RADIOLOGISCH TOEZICHTSPROGRAMMA VOOR HET GRONDGEBIED

De evolutie van de eerder beschreven wetgevende benadering leidt tot een uitbreiding van het begrip radiologisch toezicht op het leefmilieu naar de bescherming van mensen en leefmilieu, met inbegrip van al zijn componenten (het mariene milieu in het bijzonder). Hiervoor neemt men steeds meer afstand van de notie dosis, waarmee rekening wordt gehouden bij de bescherming tegen radioactiviteit, om ze te vervangen door de concentratie aan radionucliden die bepaald wordt via een groot aantal metingen op een zeer uitgebreide monsterneming van de milieucomponenten (lucht, water, bodem, voedselketen).

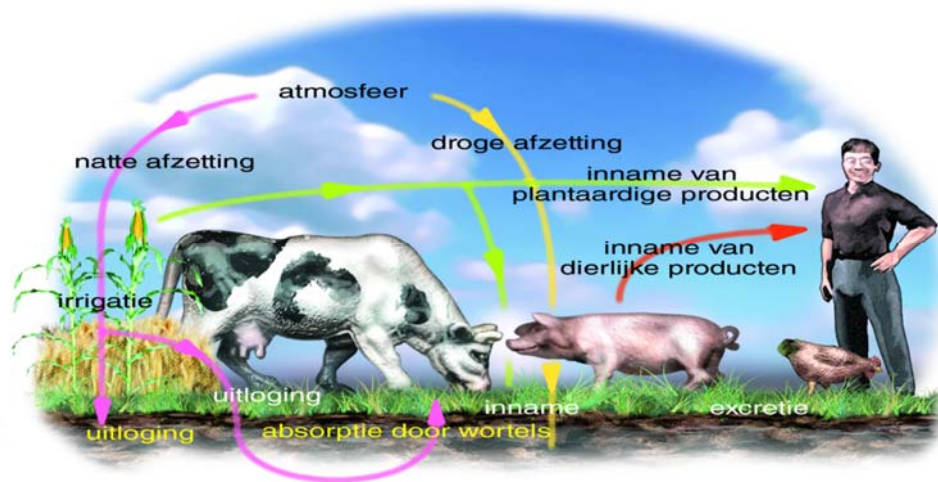
Zoals reeds aangegeven, gebeurt het radiologisch toezicht op het grondgebied enerzijds via een radiologisch toezichtsprogramma, steunend op monsternemingen en analyses (metingen van radioactiviteit), en anderzijds via het automatische TELERAD-netwerk, dat hoofdzakelijk dosistempometingen uitvoert op vaste punten. Deze grote toezichtsassen worden dusdanig georganiseerd dat ze het volledige grondgebied dekken en dat de blootstelling van de bevolking kan worden gevolgd volgens de verschillende mogelijke blootstellingswegen.

Zoals het vereenvoudigde schema hierna toont, kunnen natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit in het leefmilieu circuleren van het ene compartiment naar het andere om uiteindelijk de mens te bereiken via inhalatie, opname of besmetting door droge of vochtige afzetting (regen, aerosol, stofdeeltjes).



Volgens haar chemische aard, zal deze radioactiviteit min of meer geconcentreerd zijn in bepaalde compartimenten, zoals bvb. in klei (bodembestanddelen, sedimenten) voor cesium, dat de bewegingen van kalium “volgt” (“chemisch analoog”). Bij dieren heeft radiocesium de neiging zich in de spieren te concentreren (vlees). Radiostrontium volgt calcium – zijn chemisch analoog – en accumuleert in de botstructuren van levende wezens.

Het volgende schema toont de weg die de radioactiviteit kan volgen voor de besmetting van de voedselketen en deze van de mens.



Om de controle van het leefmilieu correct te kunnen uitvoeren heeft het FANC zijn toezichtsprogramma voor het grondgebied volgens meerdere assen uitgewerkt:

- beantwoorden aan de primaire controle- en beschermingsopdracht voor het leefmilieu en de bevolking rekening houdend met de nucleaire sites in België en in de buurlanden;
- beantwoorden aan de eisen van de internationale instellingen waarbij België is aangesloten: de EC en het OSPAR-verdrag.

In de praktijk werden de bibliotheken van de te meten radionucliden aangepast om op een optimale manier te beantwoorden aan deze opdrachten en eisen. Volgens de aard van de installaties aanwezig op de nucleaire sites, volgens het type toepassingen en volgens de meer specifieke aard van sommige toepassingen, werden bepaalde radionucliden systematisch toegevoegd aan de lijsten op te sporen radionucliden, bijvoorbeeld:

- in de omgeving van het IRE: jodium (^{131}I) omdat het door deze site wordt geproduceerd en kan worden uitgestoten;
- in het water van Samber, Maas en Schelde: jodium (^{131}I) want ze ontvangen het afvalwater van de ziekenhuiscentra in de grote aangrenzende agglomeraties;
- in de Molse Nete: $^{234,235,238}\text{U}$ en de transuranen – $^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , naast de gebruikelijke gammastralers (splijtings- en activeringsproducten waaronder radiocesium) want deze waterloop ontvangt vloeibare lozingen van de nucleaire installaties van de sites van Mol-Dessel via de behandelingsinstallaties voor vloeibare afvalstoffen van Belgoprocess 2;
- in het Nete- en Demerbekken: ^{226}Ra want deze rivieren krijgen het water te verwerken van respectievelijk de Grote Laak en de Winterbeek waar de productiefabriek van voedingsfosfaten van Tessenderlo (NORM- industrie) haar behandelingswater, verrijkt met radium, loosde;
- in melk en drinkwater: ^{90}Sr (splijtingsproduct afkomstig van de kernreactoren en fabrieken voor de opwerking van splijtstof) om te beantwoorden aan de eisen van artikel 36 van het EURATOM-verdrag;
- in de proefmaaltijden: ^{14}C geproduceerd in kernreactoren wordt altijd opgespoord in het kader van de gegevensrapportering aan de EC “artikel 36” van het EURATOM-verdrag;

- in de monsters van zeefauna en -flora (garnalen, mosselen, algen): $^{234,235,238}\text{U}$ en de transuranen – $^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , naast de gebruikelijke reeks gammastralers (waaronder radiocesium), organisch ^{90}Sr , ^{99}Tc en ^3H als markers van de activiteit van de kernindustrie – kern- en opwerkingscentrales - La Hague (Frankrijk) en Sellafield (Verenigd Koninkrijk);
- in het kader van artikel 36 van het EURATOM-verdrag: de “controle” radionucliden van natuurlijke oorsprong, zoals ^7Be (kosmogeen) - gevraagd door de EC - en ^{40}K - overal in het milieu en het menselijke lichaam aanwezig (op basis van 60 tot 70 Bq/kg).

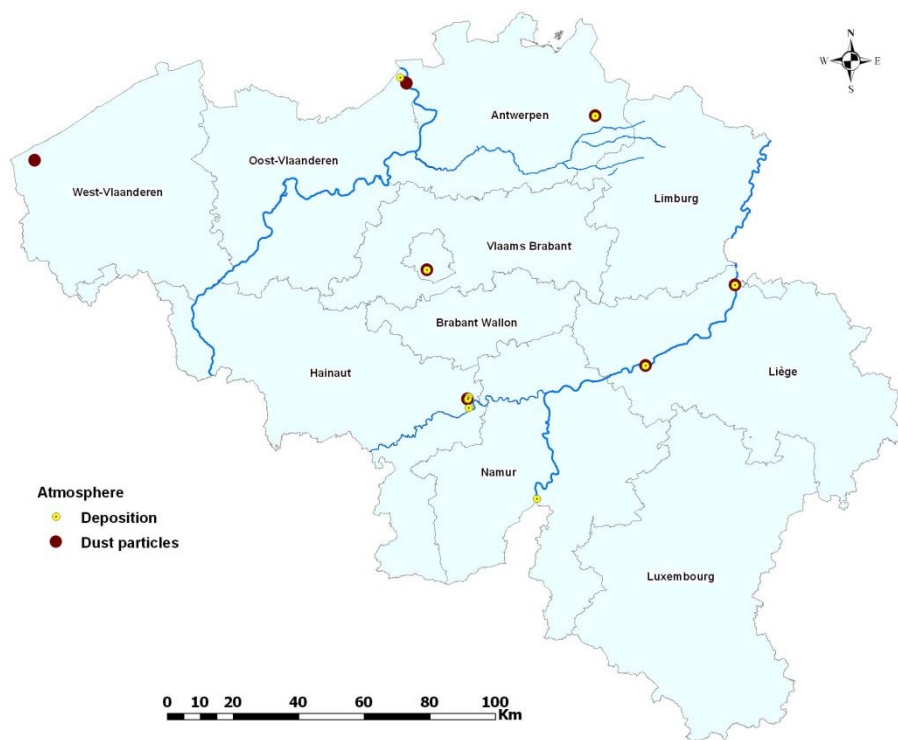
2.4 BESCHRIJVING VAN HET NETWERK VOOR RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED

Het toezichtsnetwerk bestaat uit een geheel van zones en locaties waar monsters worden genomen, die vervolgens naar het laboratorium worden gebracht waar ze worden geconditioneerd en vervolgens gemeten om het niveau van radioactiviteit te bepalen. Ieder jaar worden ongeveer 4330 monsters genomen waarop meer dan 19200 radioactiviteitanalyses worden uitgevoerd.

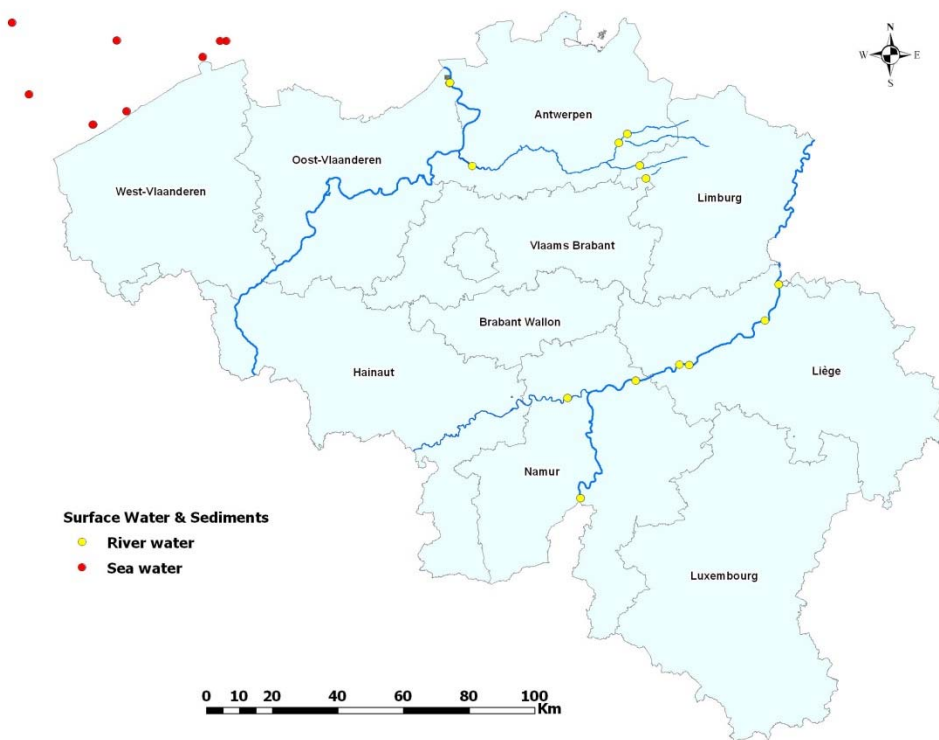
2.4.1 De grote pijlers van het netwerk

De twee grote pijlers van het netwerk voor radiologisch toezicht zijn:

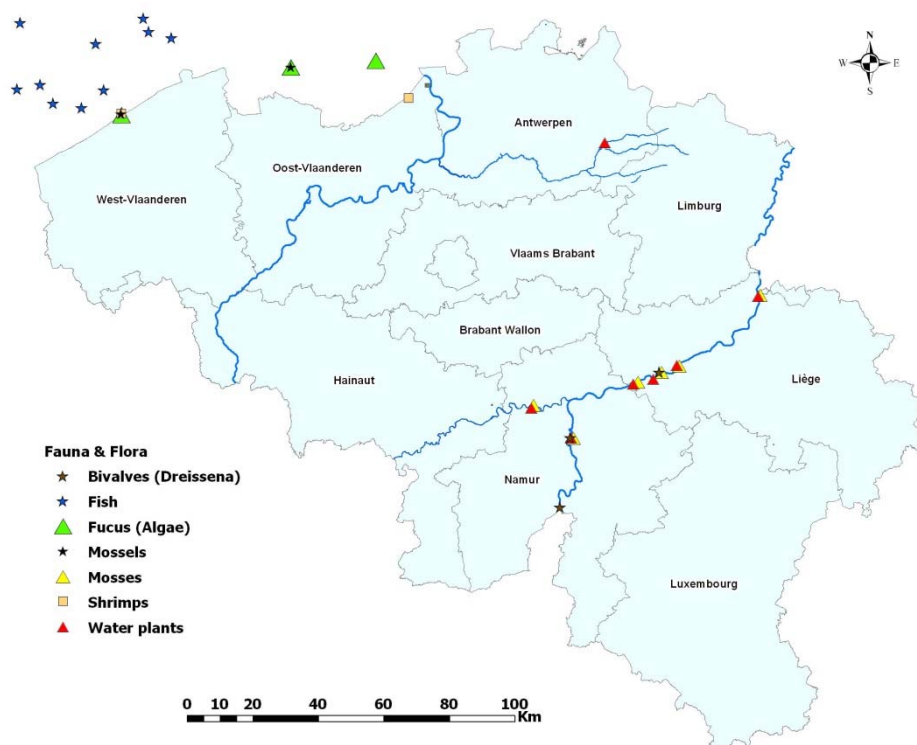
- Het toezicht op de atmosfeer dichtbij nucleaire sites, in de referentiezone (Brussel Hoofdstad), in Koksijde (bij de Noordzee en West-kust van West-Vlaanderen) en in Lixhe aan de Maas (dichtbij de Nederlandse grens) door middel van monsternemingen van stofdeeltjes in de lucht (bruine punten) en oppervlakteafzetting door middel van droge afzetting van deeltjes en/of natte afzetting door regen in opvangbakken met gekend oppervlak en dat een dunne waterfilm bevat om alzo de kleine deeltjes te vangen (gele punten);



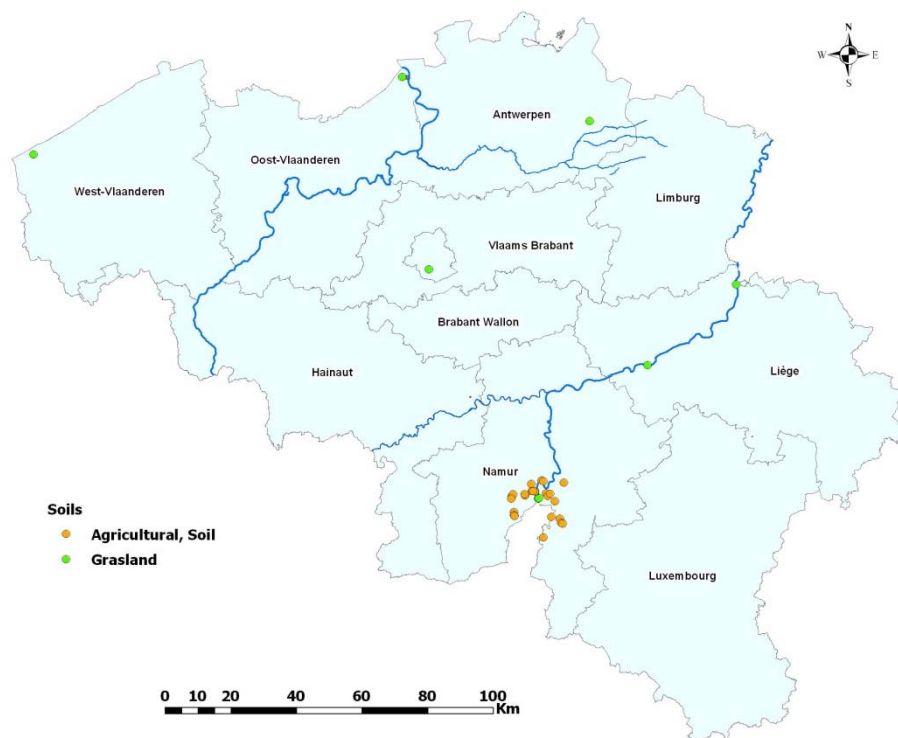
- Toezicht op de oppervlaktewaters en de sedimenten van de rivieren (Samber, Maas, Grote Laak, Winterbeek, Grote Nete, Molse Nete en Schelde) en van het mariene milieu (de Noordzee);



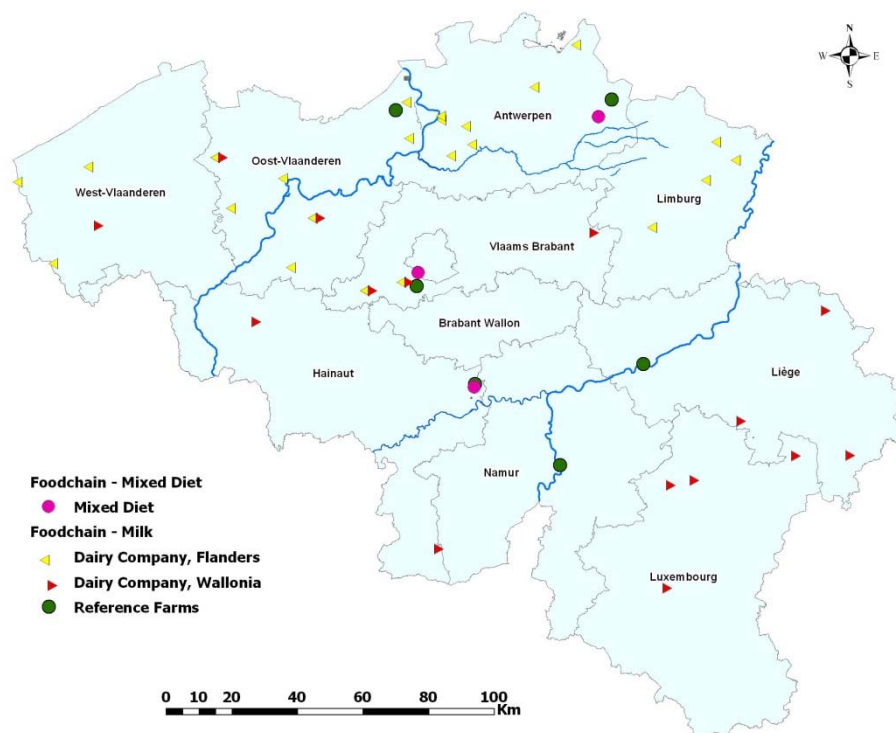
- Toezicht op het levend milieu met het opsporen van radioactiviteit in de fauna van zoet- en zeewater (tweeschaligen uit zoet- en zeewater, garnalen en vissen) en van de flora van zoetwater (waterplanten en mossen) en zeewater (algen) welke bio-indicatoren voor de aanwezigheid van radioactiviteit zijn;



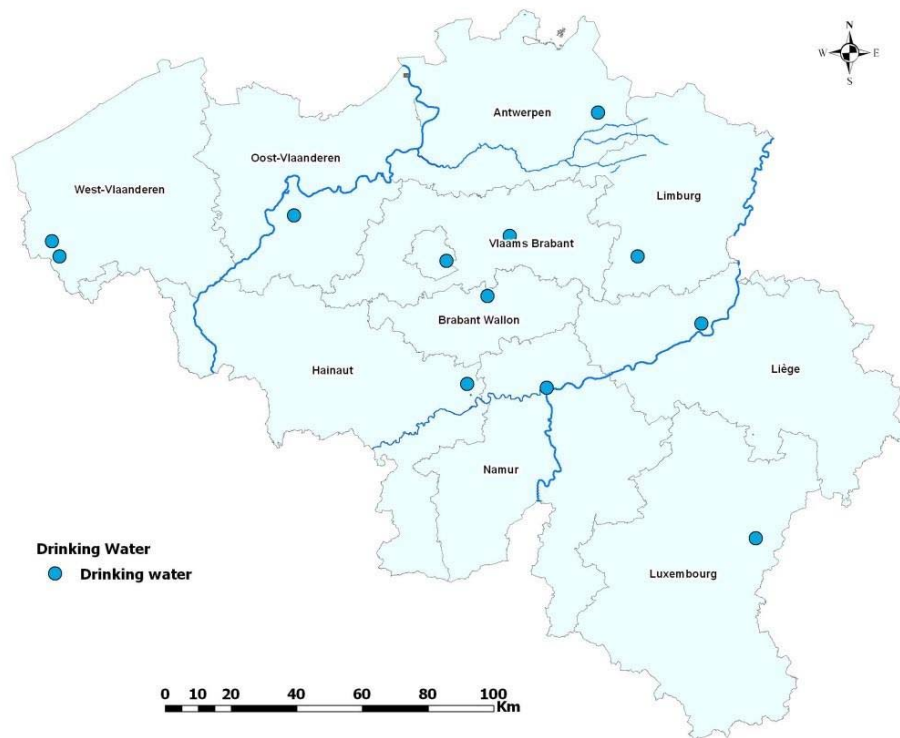
- Toezicht op landzones, bodembemonstering in de onmiddellijke omgeving van nucleaire sites in bepaalde proefregio's (Noordzeekust, regio van Brussel-Hoofdstad) in het groen alsook in de landbouwzones rond de laars van Chooz in oranje ;



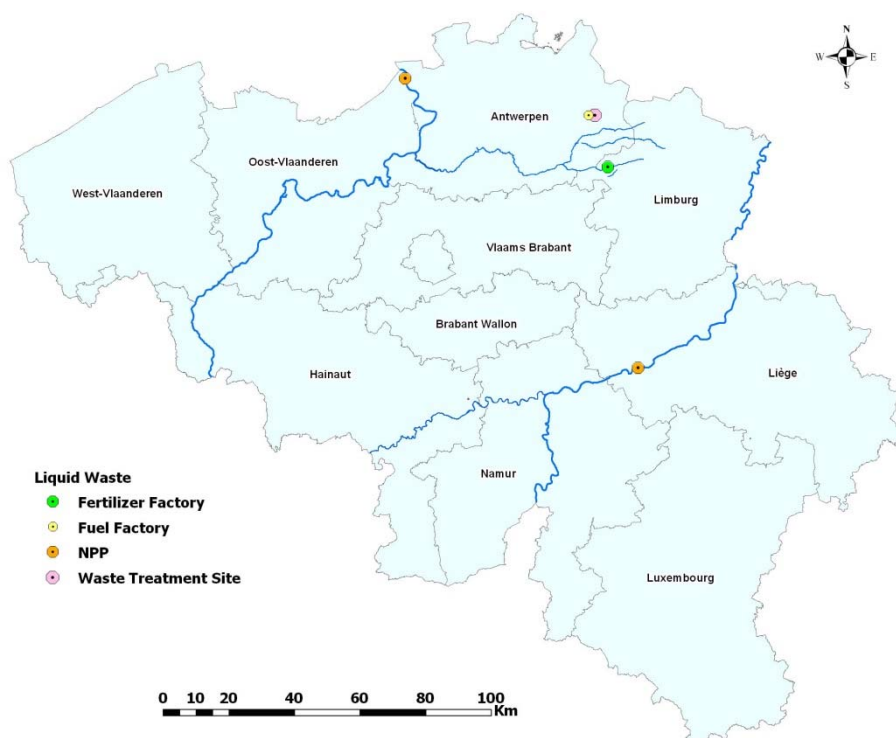
- Het toezicht op de voedselketen met de controle van melk (van supermarkten en zuivelbedrijven die melk ophalen bij vele boerderijen – meerdere duizenden in Vlaanderen en Wallonië) alsook op maaltijden typerend voor een gemiddelde Belg;



- Van drinkwater en van levensmiddelen afgenomen op markten en in de kleinhandel;



- De opvolging van vloeibare lozingen van de nucleaire installaties (kerncentrales, site van Mol-Dessel) en de NORM-industrie (de historische ^{226}Ra -lozingen te Tessenderlo);



Het toezichtsprogramma voor het Belgische grondgebied heeft de voorrang gegeven aan de opvolging van de mogelijke grote besmettingswegen van het leefmilieu (rivierbekkens en maritieme zone) evenals die van rechtstreekse besmetting van de mens (voedselketen). Afhankelijk van de regio en de aanwezigheid van nucleaire of niet-nucleaire industrie, worden alle of een aantal van de eerder beschreven punten gecontroleerd.

2.4.2 De overdrachtvectoren van de gecontroleerde radioactiviteit

Het radiologisch toezichtsprogramma controleert een geheel van compartimenten waarbinnen monsternemingen worden uitgevoerd met het oog op radioactiviteitanalyses.

De onderstaande tabellen geven een samenvatting. De kaarten voorgesteld onder punt 2.4.1 lokaliseren de bemonsteringspunten beschreven in de tabellen.

Het bekken van Maas en Samber

Dit bekken ontvangt de vloeibare lozingen van meerdere nucleaire en niet-nucleaire sites:

- *Nucleaire sites:*
 - ◇ de kerncentrale van Tihange (3 reactoren) gelegen langs de Maas tussen Hoei en Ampsin,
 - ◇ site van het IRE in Fleurus langs de Samber,
- *Niet-nucleaire sites*
 - ◇ ziekenhuiscentra van grote agglomeraties zoals Namen en Luik.

In het volledige bekken worden meer dan 1100 monsters genomen waarop ongeveer 6280 radioactiviteits-metingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de Samber – en Maasbekkens

Compartiment	Bekken en plaats van de bemonsteringspunten		Type meting	Frequentie monsterneming	
	Samber	Maas			
Atmosfeer	stofdeeltjes	In de omgeving van de site van het IRE (Fleurus)	In de omgeving van de site van Tihange	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , (^{131}I dichtbij het IRE)	om de 4 weken
			Lixhe	β spectrometrie totaal: op papierfilters, na 5 dagen verval	dagelijks
	oppervlakte afzetting (bakken)	In de omgeving van de site van het IRE (Fleurus)	Heer-Agimont	γ spectrometrie (onbehandeld water): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	om de 4 weken
			In de omgeving van de site van Tihange	β spectrometrie totaal, α totaal, ^3H , ^{90}Sr (gefilterd water)	om de 4 weken
			Lixhe	β spectrometrie totaal, α totaal (filterneerslag)	om de 4 weken
				^{131}I (filterneerslag) in de omgeving van het IRE	om de 4 weken

Radiologisch toezichtsprogramma van de Samber – en Maasbekkens (vervolg)

Compartiment	Bekken en plaats van de bemonsteringspunten		Type meting	Frequentie monsterneming
	Samber	Maas		
Bodem	blijvende weide (colluvium – 0,125 m ² op ~ 15 cm diepte + kortgeknipt gras)	In de omgeving van de site van het IRE (Fleurus)	In de omgeving van de site van Chooz	γ spectrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th
		In de omgeving van de site van Tihange		¹³¹ I in de omgeving van het IRE
	landbouwgronden			
		Lixhe		
	landbouwgronden		in de omgeving van de laars van Chooz (24 punten)	γ spectrometrie α, ⁹⁰ Sr, ²²⁶ Ra
	Plant aardige landbouwproducten			γ spectrometrie, ⁹⁰ Sr, ³ H, ¹⁴ C
Rivier	water		Heer-Agimont, Andenne, Hoei, Ampsin, , Lixhe	γ spectrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ¹⁴¹⁻¹⁴⁴ Ce, ¹⁰³⁻¹⁰⁶ Ru, ⁹⁵ Zr, ⁹⁵ Nb, ²²⁶ Ra
				β spectrometrie totaal, α totaal, ³ H, ⁴⁰ K, ⁹⁰ Sr (¹³¹ I nabij het IRE)
	sedimenten		Heer-Agimont, Andenne, Ampsin, Lixhe	γ spectrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th, (¹³¹ I in de omgeving van het IRE)
	waterplanten, mos, mosselachtigen	Floriffoux of Mornimont	Heer-Agimont/ Rivière/Hastière/ Waulsort, Andenne/Gives, Hoei, Ampsin/Amay, Lixhe	γ spectrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th
				organisch ³ H

Het Schelde- en Netebekken

Dit bekken ontvangt de vloeibare lozingen van meerdere nucleaire en niet-nucleaire sites:

- *Nucleaire sites:*
 - ◇ de kerncentrale van Doel (4 reactoren) gelegen langs de Schelde in de omgeving van Doel,
 - ◇ de site van het SCK•CEN in Mol,
 - ◇ de sites van Belgoprocess, Belgonucleaire en FBFC International (Franco-Belge de Fabrication de Combustibles International), in Mol en Dessel,
- *Niet-nucleaire sites*
 - ◇ ziekenhuiscentra van grote agglomeraties, zoals Antwerpen,
 - ◇ voormalige fabriek van voedingsfosfaten in de omgeving van Tessenderlo.

In het volledige bekken worden meer dan 1230 monsters genomen waarop meer dan 3730 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van het Schelde- en Netebekken

Compartiment	Bekken en plaats van de bemonsteringspunten		Type meting	Frequentie monsterneming
	Schelde	Nete		
Atmosfeer	stofdeeltjes	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb α spectrometrie totaal in de omgeving van Mol β spectrometrie totaal: op papierfilters, na 5 dagen verval	om de 4 weken dagelijks dagelijks
	oppervlakte afzetting (bakken)	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol γ spectrometrie (onbehandeld water): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I β spectrometrie totaal, α totaal, ^3H , ^{90}Sr (gefilterd water) β spectrometrie totaal, α totaal (filterneerslag)	om de 4 weken om de 4 weken om de 4 weken
	blijvende weide (colluvium – 0,125 m ² op ~ 15 cm diepte + kortgeknipt gras)	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol γ spectrometrie: ^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 α spectrometrie: $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am in de omgeving van Mol	jaarlijks
	water	In de omgeving van Doel	Molse Nete γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra Spectrometrie β totaal, α totaal, ^3H , ^{40}K	om de 2 weken
	sedimenten	In de omgeving van Doel	Molse Nete γ spectrometrie: ^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	om de 4 weken
r	waterplanten		Molse Nete γ spectrometrie: ^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 , organisch ^3H , ^{99}Tc	driemaandelijks
	garnalen	estuarium stroomafwaarts van Doel (Kieldrecht)	γ spectrometrie: ^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 , organisch ^3H , (^{99}Tc voor de algen)	driemaandelijks
	mosselachtigen, algen	estuarium/ Noordzee (Hoofdplaat & Kloosterzande)		

De maritieme zone: de Belgische kuststreek

De kuststreek ontvangt de vloeibare lozingen van meerdere nucleaire en niet-nucleaire sites:

- *Nucleaire sites:*
 - ◊ de kerncentrale van Gravelines in Frankrijk, dicht bij de zee tussen Calais en Duinkerke,
 - ◊ de opwerkingsfabriek van La Hague,
- *Niet-nucleaire sites*
 - ◊ ziekenhuiscentra van agglomeraties zoals Oostende.

In de volledige maritieme zone worden meer dan 250 monsters genomen waarop bijna 1500 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de maritieme zone

Compartiment	Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming
Atmosfeer	stofdeeltjes	Koksijde	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb om de 4 weken
			β spectrometrie totaal : op papierfilters, na 5 dagen verval dagelijks
Bodem	blijvende weide (colluvium – 0,125 m ² op ~ 15 cm diepte + kortgeknapt gras)	Koksijde	γ spectrometrie: ^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 jaarlijks
	water	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	γ spectrometrie: $^{134-137}\text{Cs}$, $^{57-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn ^{40}K β spectrometrie totaal en α totaal α spectrometrie: $^{238-(239+240)}\text{Pu}$ driemaandelijks
Noordzee	sedimenten	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	γ spectrometrie: ^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 driemaandelijks
	algen	Oostende – Belgische kust	α spectrometrie: $^{238-(239+240)}\text{Pu}$ γ spectrometrie: ^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 driemaandelijks
	Mossels & garnalen	Oostende – Belgische kust	^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , organisch ^3H , ^{99}Tc γ spectrometrie: ^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 driemaandelijks
	vis	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , organisch ^3H γ spectrometrie: ^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 driemaandelijks
			^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , organisch ^3H , ^{99}Tc

De referentiezone : regio Brussel Hoofdstad

De keuze van de referentiezone wordt bepaald door de beslissing bemonsteringsstations te plaatsen op het Belgische grondgebied die, vanwege met hun geografische ligging, beschut zijn tegen mogelijke uitstoten van kunstmatige en/of natuurlijke radioactiviteit tengevolge van menselijke activiteiten. Anderzijds, is een criterium zoals de bevolkingsdichtheid ook belangrijk.

In dit kader werd de Brusselse agglomeratie, die met meer dan een miljoen inwoners (1/10 van de totale bevolking van België) een belangrijk gedeelte van de bevolking omvat, in aanmerking genomen als representatieve zone.

Er worden ongeveer 380 monsters genomen waarop bijna 710 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de referentiezone Brussel Hoofdstad

Compartiment	Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming
Atmosfeer	stofdeeltjes	Brussel γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb	om de 4 weken
		β spectrometrie totaal: op papierfilters, na 5 dagen verval	dagelijks
	oppervlakte afzetting (bakken)	Brussel γ spectrometrie (onbehandeld water): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	om de 4 weken
		β - en α spectrometrie totaal, ^3H , ^{90}Sr (gefilterd water)	om de 4 weken
		Spectrometrie β totaal, α totaal (filterneerslag)	om de 4 weken
Bodem	blijvende weide (colluvium – 0,125 m² op ~ 15 cm diepte + kortgeknipt gras)	Brussel γ spectrometrie: ^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	jaarlijks

De voedselketen: drinkwater, melk en voedingsproducten

De controle van de voedselketen probeert op een zo ruim mogelijke manier alle toegangswegen van radioactiviteit naar de mens te evalueren. Deze controle richt zich op:

- De radiologische toestand van drinkwater (nationale en Europese verplichtingen – EC Richtlijn) die een prioritaire plaats inneemt;
- Die van de melk vormt ook een mogelijk gevoelige vector in geval van radioactieve besmetting voornamelijk bij aanwezigheid van ^{131}I , dat snel via het gras in de koeien en vervolgens in de melk terecht komt – een belangrijk voedingsmiddel voor kleine kinderen. Gezien de snelheid van de melkdistributie, zou jodium snel door de bevolking worden opgenomen met risico's van schildklierbestraling;
- Die van voedingsmiddelen door een stipte maar gevarieerde monsterneming van producten bestemd voor consumptie (plantaardige, dierlijke etc. voedingsmiddelen).

Het nationale grondgebied kan worden besmet door de eerder vermelde nucleaire en niet-nucleaire sites alsook door ongeoorloofde import van voedingsmiddelen afkomstig uit landen die getroffen zijn door incidenten of accidenten zoals het Tsjernobyl en Fukushima accident.

Bijna 480 monsters worden genomen waarop ongeveer 3050 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd. Aan deze monsters dienen nog deze te worden toegevoegd dewelke door het FAVV worden genomen in het kader van de samenwerking tussen beide agentschappen: 194 stalen, waarop 605 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de voedselketen

Compartiment	Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming
verdeling (kraan)	Brussel (Brussel Hoofdstad)	α totaal & β totaal spectrometrie: ^3H , ^{40}K	driemaandelijks
Drinkwater	Waver (Waals-Brabant)	In geval van overschrijding van de 0,1 Bq/L alfa totaal en 1 Bq/L bèta totaal "screening"-waarden, volledige spectrometrie-analyses (γ , α , β)	
	Luik (Luik)		
	Namen (Namen)		
	Fleurus (Henegouwen)		
	Florenville (Luxemburg)		
	Gent (Oost-Vlaanderen)		
	Leuven (Vlaams-Brabant)		
	Poperinge en Reningelst (West-Vlaanderen)		
Melk	Mol (Antwerpen)		
	Hasselt (Limburg)		
	Regio Brussel (Brabant) 1 boerderij	γ spectrometrie: waaronder $^{134-137}\text{Cs}$, ^{131}I , ^{40}K	wekelijks
	regio van Fleurus 75 zuivelbedrijven	^{90}Sr	om de 4 weken
	regio van Tihange 118 zuivelbedrijven		
	regio van Doel 1 zuivelbedrijf		
Voedingsmiddelen	regio van Dessel 1 zuivelbedrijf		
	regio van Chooz 42 zuivelbedrijven		
	groenten vlees vis diversen (champignons, meel etc.)	γ spectrometrie: waaronder $^{134-137}\text{Cs}$, ^{40}K	maandelijks 4 monsters van vlees, vis, groenten
		^{90}Sr	jaarlijks 4 monsters van vlees, vis, groenten
	proefmaaltijden	bedrijfsrestaurants: Mol (SCK•CEN), Fleurus & Brussel (CARREFOUR)	maandelijks
		^{90}Sr en ^{14}C	driemaandelijks

Opvolging van de lozingen van nucleaire sites

Het toezichtsprogramma stelt ook een netwerk op voor de meting van lozingen afkomstig van de behandelingsinstallaties voor vloeibare afvalstoffen uitgestoten in het leefmilieu. Deze monsternemingen worden uitgevoerd door de operator evenals door een instituut, belast door het Agentschap, voor de meting van de radioactiviteit.

De kernenergiesites (Doel en Tihange) en de sites van Mol-Dessel (Belgoproces 2 – behandelingsinstallaties voor vloeibare afvalstoffen van het SCK•CEN, van Belgoproces 1, van Belgonucleaire – en FBFC) traden toe tot dit opvolgingsprogramma.

De site van het IRE die geen radioactieve vloeibare afvalstoffen in het leefmilieu loost, werd historisch niet in deze opvolging opgenomen.

110 monsters werden genomen waarop ongeveer 2500 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma voor de opvolging van de lozingen van de nucleaire sites

Betrokken nucleaire site	Type meting	Frequentie van de monster-nemingen
centrale van Tihange centrale van Doel	γ spectrometrie: ^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 , $^{123\text{m}}\text{Te}$, $^{124-125}\text{Sb}$, β spectrometrie: ^3H	om de 2 weken (26 monsters)
site van FBFC	β totaal & α totaal spectrometrie ^{226}Ra , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	om de 4 weken (13 monsters)
site van Mol-Dessel (Belgoprocess 2)	γ spectrometrie: $^{134-137}\text{Cs}$, ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{131}I β totaal & α totaal spectrometrie	wekelijks
	^3H , ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{99}Tc	

Opvolging van de lozingen van de NORM-industrie

Vele sites worden gecontroleerd, zowel hun lozingen als het grondwater rond deze sites: de lozingen in verband met de ontmanteling van de fosfaat-eenheid van de Tessenderlo Chemie site (vroegere producent van voedingsfosfaten) en het grondwater in het kader van verschillende saneringsprojecten, Kronos nv (Gent), Prayon (Puurs en Engis), fosfogipsstort te Zelzate (Gent), het oude stort D1 van Umicore (Olen), verschillende stortplaatsen en braakliggende industrieterreinen in Wallonië en de geregistreerde stortplaatsen voor de acceptatie van NORM afval. Een onderzoek naar de sedimenten van verschillende rivieren in Vlaanderen en Wallonië wordt eveneens uitgevoerd om een globaal zicht te hebben op de natuurlijke radioactiviteit in de Belgische riviersedimenten.

Meer dan 520 monsters werden genomen waarop 824 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Volgens de site en zijn specificiteit worden de volgende analyses uitgevoerd: spectrometrie β en α ($^{226,228}\text{Ra}$, ^{210}Po , ^{210}Pb), α totaal, determinatie van ^{40}K en van ponderaal U.

In het algemeen werden de analyses uitgevoerd op jaarlijkse of op ad hoc genomen monsters.

3. HET MAAS- EN SAMBERBEKKEN

De Maas en de Samber ontvangen de radioactieve lozingen van verschillende nucleaire (3 kernreactoren in Tihange, IRE in Fleurus en de nucleaire site Chooz in Frankrijk) en niet-nucleaire sites (ziekenhuizen van grote agglomeraties zoals Namen en Luik).

Zoals wij al in hoofdstuk 2, punt 2.4 vermeldden, werden er een hele reeks monsters genomen in dit gebied:

- Compartiment lucht: monsternamen van stofdeeltjes in de lucht (aerosols en afgezette deeltjes op filters) nabij de sites van het IRE, in Tihange en Lixhe, verzamelen van afzettingen (droge en natte depositie) op dezelfde plaatsen als het stof uit de lucht maar ook nabij de Franse nucleaire site van Chooz (te Heer-Agimont op de Frans-Belgische grens) ;
- Compartiment bodem: staalnamen nabij de nucleaire sites van Tihange en het IRE en in de Belgische landbouwzones (staalnamen van plantaardige landbouwproducten inclusief) rond de laars van Givet (nucleaire site van Chooz);
- Compartiment rivier: water, sedimenten en stalen van de fauna en flora van de Samber en de Maas.

Algemeen:

De verkregen resultaten tonen aan dat, behalve voor tritium, dat regelmatig in het Maaswater wordt aangetroffen, de radiologische situatie van het bekken geen specifieke verklaring vraagt.

Meer specifiek:

- De lucht, en meer bepaald in de omgeving van de nucleaire installaties, vormt geen enkel radiologisch probleem. De gemeten concentraties liggen allemaal onder of in de buurt van de – zeer lage – detectiedrempels van de meetapparatuur;
- De metingen van de radioactiviteit van de deposities tonen aan dat het mogelijk is zeer geringe hoeveelheden radioactiviteit waar te nemen (voornamelijk toe te schrijven aan de natuurlijke radioactiviteit), en dit dankzij de zeer lage detectiedrempels die de meetapparaten halen;
- De radiologische impact van de nucleaire installaties op het rivierwater is verwaarloosbaar en zonder gevolgen voor de menselijke gezondheid;
- Enkel tritium wordt regelmatig gedetecteerd in het Maaswater (enkele tientallen Bq/L), en wat de andere kunstmatige radionucliden betreft, zijn meestal, de gemelde concentraties nauwelijks hoger dan de detectiedrempels van de meetapparaten.

3.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT

De analyse van de stofdeeltjes in de lucht is een doeltreffende methode om de uitstoot van radioactieve stoffen in de atmosfeer op te sporen. Aerosols (deeltjes $> 0,5 \mu\text{m}$) zijn inderdaad een vorm van atmosferische uitstoot afkomstig van nucleaire installaties; ze bevatten voornamelijk op een partikelkern neergeslagen splijttingsproducten (β - γ -stralers).

Deze techniek voor het opsporen van radioactiviteit werd vooral toegepast om de gevolgen van atmosferische kernproeven ("fall-out") ervan na te gaan en voor de opvolging van de overtrekkende radioactieve wolk na de ramp in Tsjernobyl.

Deze stofdeeltjes kunnen rechtstreeks neerslaan op de bodem (droge afzetting) of worden uitgelooft door de regen (natte afzetting).



Het opvangen van de stofdeeltjes in de lucht gebeurt door aanzuiging via pompen, waarbij de lucht een filter passeert die de stofdeeltjes vasthoudt (foto links – automatisch).

De stofdeeltjes worden eveneens vergaard in een bezinkbak waarbij zij via een fijne waterfilm - verdeeld over een gekende oppervlakte - opgevangen worden (foto rechts).



Het geheel van deze meetinstrumenten aanvullende elementen bij een

vormen belangrijke en radiologisch controlenetwerk.

Het regenwater dat de lucht uitlooft, is controlemiddel voor de luchtkwaliteit vervuiling van de lucht.

namelijk eveneens een goed en de eventuele radioactieve

De volgende tabel geeft een overzicht van alle resultaten die verkregen werden voor de onderzochte luchtcompartimenten in de nabijheid van :

- de nucleaire sites van het IRE, Tihange en een "controle" site – Lixhe – ver gelegen van elke nucleaire installatie en nabij de Nederlandse grens : de stofdeeltjes in de lucht en de regen opgevangen in bezinkbakken ;
- de nucleaire site van Chooz (Heer-Agimont in België) : metingen op opgevangen stofdeeltjes via bezinkbakken.

Deze controles, uitgevoerd nabij de nucleaire installaties van het IRE, Tihange en Chooz (Heer-Agimont op de Frans-Belgische grens aan de Maas), tonen aan dat de radiologische situatie van de lucht uitstekend is in de buurt van deze sites.

Metingen van de radioactiviteit in de atmosfeer (lucht en regen) van het Maas-Samberbekken

		Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m ³)		Bezinkbakken (Bq/m ²)	
		meting	DL	meting	DL
γ	NM				< 4 (filtraat)
					< 3 (afzetting filter)
			$\sim 10^{-5}$		1,4 tot 1,6 (filtraat) $\rightarrow$ ^{134,137} Cs
		$\sim 2,5 \cdot 10^{-5} \rightarrow$ ^{134,137} Cs	NM	0,5 tot 0,6 (afzetting filter) $\rightarrow$ ^{134,137} Cs	
		$\sim 2,2 \cdot 10^{-4} \rightarrow$ ¹⁰⁶ Ru		~ 14 (filtraat) $\rightarrow$ ¹⁰⁶ Ru	
				5,1 tot 5,8 (afzetting filter) $\rightarrow$ ¹⁰⁶ Ru	
⁷ Be	(1,4 tot 5,5) 10 ⁻³			sporen tot 77 (filtraat)	16 tot 18 (filtraat)
				sporen tot 57 (afzetting filter)	5,3 tot 7,2 (afzetting filter)
β totaal	(1,3 tot 9,4) 10 ⁻⁴	(0,6 tot 1,8) 10 ⁻⁴		0,6 tot 3,0 (filtraat) Fleurus	$\sim 0,3$
				0,7 tot 7,7 (afzetting filter) Fleurus	$\sim 0,1$
				0,5 tot 4,7 (filtraat) Tihange, Heer- Agimont, Lixhe	$\sim 0,3$
				1,0 tot 7,0 (afzetting filter) Tihange, Heer-Agimont, Lixhe	$\sim 0,1$
¹³¹ I	NM	(8,0 tot 11,4) 10 ⁻⁴	NM	10,0 tot 11,0 (filtraat) 4,3 tot 6,2 (afzetting filter)	
³ H	-	-	sporen	distillat : 150 tot 220	
α totaal	-	-		sporen (filtraat) 0,06 tot 0,60	$\sim 0,07$
				sporen (afzetting filter)	
				0,13 tot 7,3 Fleurus, Tihange, Heer-Agimont, Lixhe	$\sim 0,03$

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Meer gedetailleerd:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het – zeer lage – niveau van de radioactieve verontreiniging van de atmosfeer. We meten namelijk zeer goed ⁷Be (natuurlijk kosmogeen radioactief nuclide), dat onderzocht wordt op vraag van de EC – art. 36 van het EURATOM-verdrag. De gemeten waarden zijn van dezelfde ordegrrootte als welke in andere Europese landen werden waargenomen (Zweden, Luxemburg, Frankrijk, Duitsland, Oostenrijk, Italië, enz.), waar ze over het algemeen schommelen tussen 1 en 30.10⁻³ Bq/m³;

- Behoudens enig ongevalsscenario, is de radiologische impact van de nucleaire installaties op de atmosfeer en indirect op de omgeving altijd verwaarloosbaar of zelfs onmeetbaar: enkel sporen bètastralers (gemeten in β totaal) – voornamelijk van natuurlijke oorsprong – zijn waarneembaar.;
- Nabij het IRE te Fleurus, wordt op de waterstalen - die genomen worden in de bezinkbak geïnstalleerd op een boerderij op enkele kilometer van de site - geen aanwezigheid van radioactief jodium gedetecteerd (de detectielimiet voor filterafzetting bedraagt ongeveer 4,3 tot 6,2 Bq/m²);
- Dit aspect van de controle van de atmosferische radioactiviteit wordt gestaafd door de gegevens van de continue metingen die worden uitgevoerd door alle "luchtmeetstations" die over het grondgebied verspreid zijn in het kader van het automatisch meetnet TELERAD.

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactiviteit in de lucht;
- De kerncentrale van Tihange en de nucleaire installaties van de site van het IRE hebben, bij routinematige operaties, geen meetbare radiologische impact op hun omgeving;
- De radiologische impact van de nucleaire site van Chooz is niet meetbaar en kan bijgevolg als nihil worden beschouwd.

3.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM

De radioactieve vervuiling van de bodem is hoofdzakelijk toe te schrijven aan de neerslag van radioactieve stoffen uit de atmosfeer (meestal zeer fijne deeltjes of aerosols) door droge of natte afzetting (uitloging van de atmosfeer door regen).

De bodemmonsters worden eenmaal per jaar genomen nabij de nucleaire sites van het IRE te Fleurus, Tihange en rond de laars van Givet in België (Franse nucleaire site van Chooz) alsook dichtbij de Nederlandse grens in Lixhe. Per locatie wordt de eventuele radioactieve afzetting onderzocht via staalname van grassen (oppervlakteafzetting).

Rond de laars van Givet, op Belgisch grondgebied, wordt met een grondigere controle de goede radiologische toestand nagegaan van de landbouwzones en hun plantaardige productie. Deze controle kadert in het Frans-Belgische akkoord over de kerncentrale van Chooz en de informatie-uitwisseling in geval van een incident of ongeval. Dit akkoord voorziet bepalingen betreffende crisissituaties waarbij het Nucleaire Noodplan in werking moet treden en betreffende een regelmatige informatie-uitwisseling over onder andere radiologische metingen uitgevoerd in België en Frankrijk.

De analyses hebben betrekking op de detectie van gamma-, bèta- en alfastralers. De detectielimieten kunnen verschillen naar gelang de hoeveelheid en de dichtheid van de genomen bodemmonsters, de gebruikte geometrie voor de metingen en het globale activiteitsniveau van het monster.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten voor de bodemstalen.

Metingen van de radioactiviteit in de bodem (weilanden/bodemoppervlak) van het Maas-Samberbekken en van de landbouwproductie rond de laars van Givet

	Nabij de nucleaire sites en te Lixhe		Rond de laars van Givet (Chooz)			
	Weilanden (Bq/m ²)		Landbouwzones * (Bq/kg droog)		Landbouwproductie (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	23 tot 83	NM	1,0 tot 3,7	NM	2,3 tot 9,5
¹³⁷ Cs	NM tot 370	30	3,6 tot 8,1	1,1 tot 1,7	NM	2,1 tot 5,3
⁹⁰ Sr			NM	0,5 tot 3,6	NM tot 1,7	0,03 tot 0,6
¹⁴ C					0,21 tot 0,27 (Bq/g C)	~ 0,12
³ H org.					NM tot 32	13 tot 14
⁴⁰ K	(0,8 tot 1,1) 10 ⁴		480 tot 930		240 tot 830	
²²⁶ Ra	(1,0 tot 1,3) 10 ³		33 tot 47		NM	4 tot 10
²²⁸ Ra	(0,7 tot 0,9) 10 ³		41 tot 55		NM	9 tot 23
²²⁸ Th	(0,8 tot 1,0) 10 ³		44 tot 61		NM	3 tot 10
²³⁵ U			0,6 tot 1,2	~ 0,3		
²³⁸ U			18 tot 21	~ 4		
²³⁴ U			18 tot 19			
²³⁸ Pu			NM	0,3 tot 0,6		
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu			sporen (NM tot 0,2)	~ 0,3		
²⁴¹ Am			NM	0,6 tot 1,6		

NM: niet meetbaar, meting lager of gelijk aan de detectielimieten (DL)

* de densiteit van de bodem varieert van 1,6 tot 1,8 kg/liter, diepte van de monsterneming: 20 cm

Meer gedetailleerd:

- De resultaten wijzen in de eerste plaats op het ruime overwicht van de natuurlijke radioactiviteit, afgegeven door kalium-40 van de bodem dat het stabiele kalium volgt (⁴⁰K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers (^{226,228}Ra, ^{234,235,238}U, ²²⁸Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden rond de laars van Givet sporen van ¹³⁷Cs gemeten die zijn toe te schrijven aan de neerslag van de ramp in Tsjernobyl en aan de veel oudere fall-out van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960). Dit wordt verklaard door de blijvende aanwezigheid van radioactief cesium in de omgeving door zijn lange fysische halveringstijd van ~ 30 jaar (halveringstijd = tijd die nodig is om 50% van de radioactiviteit te laten verdwijnen);

Een ander kunstmatig radionuclide dat onder vorm van sporen wordt aangetroffen, is ⁹⁰Sr. Deze bètastraler (halveringstijd van ~ 29 jaar) is nog altijd aanwezig in de biosfeer als gevolg van de proefnemingen met kernwapens in de atmosfeer. De kunstmatige transuranen (alfastralers Pu en Am) van hun kant zijn niet meetbaar.

Volgende samenvattende tabel geeft de evolutie weer van de behaalde resultaten van ^3H in de planten sinds 2001:

In 2016 zijn de metingen van de 24 genomen monsters kleiner dan de detectielimiet die een factor twee hoger is ten opzichte van 2015. De detectie van ^3H vanaf 2005 kan het gevolg zijn van de lagere detectielimieten DL (Bq/kg droge stof) die van 50-90 (in de periode 2002 tot 2004) gedaald zijn naar ongeveer 20 tot 40 Bq/kg de laatste jaren en tot een zeer lage waarde van ongeveer 5 Bq/kg in 2015 en 11 à 14 Bq/kg vanaf 2016.

Campagne	Gevalen van ^3H detectie in de planten	Detectie limiet in geval van afwezigheid van detectie (Bq/kg DS)	Gemiddelde concentraties geobserveerd in geval van detectie (Bq/kg DS)
2001	0 / 30	25	/
2002	0 / 30	54 tot 75	/
2003	0 / 30	58 tot 68	/
2004	0 / 24	60 tot 95	/
2005	5 / 24	40 tot 58	63
2006	18 / 24	23 tot 26	54
2007	18 / 25	23 tot 25	34
2008	5 / 24	23 tot 29	56
2009	2 / 25	23 tot 38	49
2010	2 / 24	4 tot 19	10
2011	2 / 25	21 tot 23	23
2012	0 / 24	23 tot 25	/
2013	15 / 24	22 tot 39	31
2014	5 / 24	24 tot 34	26
2015	9 / 24	4,9 tot 5,7	7,5
2016	0 / 24	11,3 tot 12,2	/
2017	3 / 12	11,1 tot 13,5	19,6
2018	0 / 12	13,4 tot 13,9	/

In 2001, bedroeg de concentratie ^3H , als het in de planten aanwezig was, minder dan 25 Bq/kg droge stof. Van 2002 tot 2004 was het onmogelijk om een eventuele evolutie vast te stellen door de hogere detectielimieten.

Sinds 2005 is gebleken dat er wel degelijk ^3H in de planten aanwezig is, wat misschien al het geval was van 2001 tot 2004, maar toen niet gecontroleerd kon worden. Doordat de detectiegrens sinds 2006 teruggebracht werd tot ongeveer 25 - 30 Bq/kg droge stof en rond de 4 tot 19 Bq/kg in 2010, kan het tritiumgehalte met voldoende nauwkeurigheid worden bepaald.

Sinds 2011 zijn de detectielimieten vergelijkbaar met deze van de periode 2006-2009.

Tot 2012 lijkt het erop dat minder ^3H in de vegetatie waargenomen wordt ten opzichte van 2006-2007 waarbij de detectielimieten op een zelfde niveau gebleven zijn. Men kan dus stellen dat dit aantoont dat er minder tritium aanwezig is in het leefmilieu. In 2013 is de detectie van ^3H significant hoger hoewel de gedetecteerde waarden zelf nauwelijks significant zijn. Dit kan

door een kwaliteitsverbetering van alle conditionering en/of meetprocessen van radioactiviteit het gevolg zijn.. Sinds 2014, wordt ^3H opnieuw minder vaak waargenomen. Men dient op te merken dat de gedetecteerde hoeveelheden van deze jongste jaren en met name in 2015, waarbij de detectielimieten sterk verbeterd zijn, nauwelijks hoger zijn dan de detectielimiet.

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactieve vervuiling van de bodem;
- Noch de kerncentrale van Tihange, noch de kerninstallaties van de site van het IRE, noch de site van Chooz hebben een significante meetbare radiologische impact op de bodem in hun omgeving.

3.3 RADIOACTIVITEIT IN DE RIVIEREN

Het betreft hier twee rivieren: de Maas en de Samber. De Maas ontvangt de radioactieve lozingen van de Franse nucleaire site van Chooz, die van Tihange en van het IRE via haar zijrivier de Samber. Deze twee rivieren ontvangen eveneens de radioactieve uitstoot van de ziekenhuizen en laboratoria van de grote agglomeraties zoals Namen, Hoei, Luik, Charleroi, enz.

De Maas is, na behandeling, een bron van drinkwater voor een groot deel van de Belgische en Nederlandse bevolking. Met het oog daarop wordt er gezocht naar de totale alfa- en bètaradioactiviteit. Er worden eveneens gammaspectrometrische metingen verricht.

Deze controles zijn vooral van belang vanwege de invoering van de 2013/51/EURATOM Richtlijn van de Raad van de EC betreffende de kwaliteit van water bestemd voor menselijke consumptie omgezet in Belgische regelgeving (Koninklijk besluit van 31 mei 2016).



De waterstalen worden automatisch genomen door middel van onafhankelijke collectoren (PP MOS) die geïnstalleerd zijn in de kasten van de riviermeetstations van TELERAD (foto hiernaast).

Om het voor de radioactiviteit fixerend vermogen van de zwevende deeltjes en de fijne sedimentdeeltjes te bepalen, die een belangrijk compartiment vormen voor de fixering van radionucliden, worden analyses uitgevoerd op de sedimenten die maandelijks worden opgevangen in bezinkbakken (foto hiernaast).

Deze bakken recupereren continu partikels in suspensie in het water via een bypass op het water-



pomp-circuit van de TELERAD meetpunten die continu de gammaradioactiviteit van de rivieren meten.

De staalnamen bekijken ook de waterorganismen: mossen (*Cinclidotus danubicus*), waterplanten (indien aanwezig, van het type *Salix sp.*) en tweeschaligen (*Dreissena polymorpha*) die goede biologische indicatoren, of "bio-indicatoren", zijn voor de aanwezigheid van radioactiviteit. De watermossen en -planten zijn op korte en

middellange termijn bijzonder gevoelig voor vloeibare lozingen, omdat deze organismen een groot vermogen tot concentratie van zowel de stabiele als de radioactieve chemische nucliden vertonen. De *Dreissena*, net als alle filterende tweeschalige weekdieren, nemen radioactiviteit zeer goed op over middellange tijdsperiodes (in de orde van één maand).

De staalname- en controlepunten voor de radioactiviteit in het water, de sedimenten en de waterorganismen, zijn zodanig gekozen dat de radiologische impact van de nucleaire installaties langs de loop van de Maas en de Samber kan worden nagegaan:

- De sites van Floriffoux (*Flo*), van Mornimont (*Mor*) of van Sambreville (*Sam*) integreren de uitstoot van Fleurus (IRE) en van Charleroi in de Samber;
- De sites van Heer-Agimont (*H-Ag*), Hastière (*Has*), Waulsort (*Wau*) Rivière (*Riv*) of Godinne (*God*) voor de Maasfauna en -flora integreren de uitstoot van de Franse kerncentrale van Chooz en die van de ziekenhuizen in het Maasbekken aan de Franse zijde van de grens;
- De sites van Andenne (*And*), Lives-sur-Meuse (*Lsm*) of Givès (*Giv*) integreren de aanvoer van de Samber en de lozingen van de ziekenhuizen van de agglomeraties van Namen en Charleroi;
- De site van Hoei (*Huy*) geeft een radiologisch beeld van de rivier stroomopwaarts van de centrale van Tihange;
- De sites van Ampsin (*Amp*) of Amay (*Ama*) en Flémalle (*Flé*) voor wat betreft de Maasflora, die net stroomafwaarts van de kerncentrale van Tihange gelegen zijn, maakt het door een vergelijking met de gegevens van Hoei mogelijk om de radiologische impact van de vloeibare lozingen van Tihange op de Maas te controleren;
- De site van Lixhe (*Lix*) integreert de volledige Belgische inbreng aan de Nederlandse grens.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Metingen van de radioactiviteit van de rivieren van het Maas-Samberbekken

	Water (Bq/L)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (<i>D. polymorpha</i>) (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
	meting	LD	meting	LD	meting	LD	meting	LD
γ	NM	≤ 1	NM	< 10	-	< 40	Mossen NM 4 tot 16 (^{60}Co - Amp)	< 15 < 5
^{137}Cs	NM	0,15 tot 0,19	3,7 tot 21,7 (H-Ag) 3,9 tot 10,4 (And) 5,6 tot 23,8 (Amp) NM tot 13,5 (Lix)	4 tot 14	NM (And, Giv, Amp, Lix)	5 tot 37	Mossen sporen (Mor, Sam, Amp, Lix) NM (Riv, God, Giv, Lsm, Huy)	3,7 tot 7,9 3,5 tot 14,0

Metingen van de radioactiviteit van de rivieren van het Maas-Samberbekken (vervolg)

		Water (Bq/L)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (<i>D. polymorpha</i>) (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
		meting	LD	meting	LD	meting	LD	meting	LD
¹³¹ I	NM	0,5 tot 0,6		NM (H-Ag, And, Amp) sporen (Lix)	53 tot 63 ~ 170	NM (And, Giv, Amp, Lix)	67 tot 310	Mossen NM (Mor, Sam, Riv, God, Lsm, And, Giv, Huy, Amp, Lix)	12 tot 52
³ H	7,0 tot 41,6 (H-Ag) 2,8 tot 30,6 (And, Huy) 7,8 tot 70,0 (Amp) 4,6 tot 46,3 (Lix)	~ 2,7				NM (And, Giv, Amp) NM tot 26 (Lix)	13 tot 14	Mossen NM à sporen (Mor, Sam, Riv, God, Lsm, And, Giv, Huy, Amp) NM tot 21 (Lix)	13 tot 14 ~ 13
α totaal	NM tot 0,029 (H-Ag, And, Huy, Amp, Lix)	0,019 tot 0,022							
²²⁶ Ra				8 tot 87 (Maas)	~ 50	NM (And, Giv, Amp) NM à 21 (Lix)	6 tot 74	Mossen 35 tot 43 (Mor, Sam) 17 tot 42 (Riv, God, Lsm, And, Giv, Huy, Amp, Lix)	~ 15 tot 20
²²⁸ Ra				NM tot 72	50 tot 70	NM (And, Giv, Amp, Lix)	22 tot 160	Mossen 19 tot 34 (Mor, Sam) NM tot 32 (Riv, God, Lsm, And, Giv, Huy, Amp, Lix)	24 tot 64
²²⁸ Th				12 tot 79	30 tot 60	NM (And, Giv, Amp, Lix)	8 tot 50	Mossen 11 tot 28 (Mor, sam) NM tot 36 (Riv, God, Lsm, And, Giv, Huy, Amp, Lix)	7 tot 23

Metingen van de radioactiviteit van de rivieren van het Maas-Samberbekken (vervolg)

	Water (Bq/L)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (<i>D. polymorpha</i>) (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
	meting	LD	meting	LD	meting	LD	meting	LD
β totaal (residu)	0,07 tot 0,31 (H- Ag, And, Huy, Amp, Mon, Lix)	~ 0,06						
^{40}K	0,049 tot 0,188		120 tot 670		NM (And, Giv, Amp, Lix)	100 tot 720	Mossen 125 tot 610 (Mor, Sam, Riv, God, Lsm, And, Giv, Huy, Amp, Lix)	~ 175

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)
 β totaal residu: β totaal buiten ^{40}K

Meer gedetailleerd:

- De verkregen resultaten tonen aan dat regelmatig de aanwezigheid van natuurlijke radioactiviteit en, wat kunstmatige radioactiviteit betreft, voornamelijk ^3H wordt gedetecteerd in het water: er worden ^3H -concentraties gemeten die, stroomafwaarts van de kerncentrales, kunnen oplopen tot 70 Bq/L;
- In de sedimenten: ^{40}K schommelt van 120 tot 670 Bq/kg droog, ^{226}Ra van 8 tot 87 Bq/kg droog in de Maas en ^{228}Ra van "niet meetbaar" tot 72 Bq/kg droog. ^{228}Th van 12 tot 79 Bq/kg droog;
- ^{131}I wordt niet in zwevende deeltjes - stroomafwaarts van grote agglomeraties bemonsterd – aangetroffen;
- In de flora : bij mossen wordt ^{40}K gemeten in concentraties van 125 tot 610 Bq/kg droog;

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K , en in mindere mate ^{226}Ra en ^{228}Th) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactieve vervuiling van de verschillende compartimenten van de rivieren;
- De kerncentrale van Tihange, die van Chooz in Frankrijk en de nucleaire installaties van de site van het IRE hebben geen significante radiologische impact op de rivieren;
- Enkel ^3H wordt regelmatig gemeten in het Maaswater, maar de concentraties blijven beneden de parameterwaarde van 100 Bq/L die is vastgelegd in de Europese Richtlijn 2013/51/EURATOM van de Raad van 22 oktober 2013 tot vaststelling van voorschriften voor de bescherming van de gezondheid van de bevolking met betrekking tot radioactieve stoffen in water bestemd voor menselijke consumptie.

4. HET NETE- EN SCHELDEBEKKEN

De Schelde ontvangt de radioactieve lozingen van verschillende nucleaire (4 kernreactoren in Doel, het SCK•CEN in Mol, de sites van Belgoprocess, Belgonucleaire en FBFC International in Mol en Dessel) en niet-nucleaire sites (ziekenhuizen van grote agglomeraties zoals Antwerpen, voormalige voedingsfosfatenfabriek nabij Tessenderlo).

Er werden een hele reeks stalen genomen in deze regio nabij de nucleaire sites van Doel op de Schelde, Mol-Dessel nabij de Molse Nete en de voormalige niet-nucleaire site Tessenderlo nabij de Grote Laak (beide zijrivieren van de Grote Nete, zelf een zijrivier van de Ruppel die vervolgens uitmondt in de Schelde) en de Winterbeek (zijrivier van de Demer).

- Compartment lucht: staalnamen van stofdeeltjes in de lucht (filters) en droge of natte afzetting nabij de sites van Mol-Dessel en Doel;
- Compartment bodem: staalnamen nabij de nucleaire sites van Mol-Dessel en Doel;
- Compartment rivier: water, sedimenten en monsters van de fauna en flora van de Molse Nete en de Schelde nabij Doel.

Algemeen:

- De lucht in de omgeving van de nucleaire installaties vormt geen enkel radiologisch probleem. De gemeten concentraties liggen allemaal onder of in de buurt van de – zeer lage – detectielimieten van de meetapparatuur;
- De metingen van de radioactiviteit van de regen tonen aan dat het mogelijk is zeer geringe hoeveelheden radioactiviteit waar te nemen (voornamelijk toe te schrijven aan de natuurlijke radioactiviteit) en dit dankzij de lage detectielimieten die de meetapparaten halen;
- De radiologische toestand van de Schelde is goed;
- De radiologische impact van de nucleaire installaties op het rivierwater van het Scheldebekken is verwaarloosbaar en zonder gevolgen voor de gezondheid van de mens. Niettemin moet het water van het Netebekken (Molse Nete) aan strengere controles worden onderworpen vanwege de vloeibare lozingen van kunstmatige radioactiviteit door de site van Mol-Dessel en die van radium, historische lozingen door de installaties van Tessenderlo (Grote Laak, Winterbeek).

Meer precies:

- De radioactiviteit van bepaalde radionucliden (zoals ^3H) in het water van de Molse Nete is abnormaal hoog, hoewel de nucleaire industriële activiteiten in de regio Mol-Dessel de vastgestelde lozingslimieten respecteren;
- De natuurlijke radioactiviteit door ^{226}Ra (uitermate radiotoxisch met een zeer lange fysische halveringstijd – 1620 jaar, met als dochterproducten gasvormig ^{222}Rn , ^{210}Pb – 22 jaar halveringstijd) in de Grote Laak en de Winterbeek is niet te verwaarlozen. De radiologische situatie van het hydrografische net van de Nete moet dan ook nauwgezet worden gecontroleerd. Sinds 2016 werden door het FANC een aantal acties geïnitieerd met als doel de situatie in en op de oevers van de Grote Nete – stroomafwaarts van de Grote Laak – beter te karakteriseren (zie 4.4)

4.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT

De volgende tabel vat alle resultaten samen die werden verkregen voor de onderzochte compartimenten van de atmosfeer: stofdeeltjes in de lucht, droge afzetting en regen opgevangen in bezinkbakken.

Deze controles werden uitgevoerd nabij de nucleaire installaties van Doel en Mol-Dessel en brachten geen enkel radiologisch probleem aan het licht.

Meer gedetailleerd:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het – zeer lage – niveau van de radioactieve verontreiniging van de atmosfeer. We volgen namelijk zeer goed ^7Be (natuurlijk kosmogeen radioactief nuclide);
- De radiologische impact van de nucleaire installaties op de atmosfeer en indirect op de omgeving is verwaarloosbaar of zelfs onmeetbaar: enkel sporen van alfa- en bètastralers (gemeten in α en β totaal) – voornamelijk van natuurlijke oorsprong – zijn waarneembaar nabij de nucleaire sites van Doel en Mol-Dessel;
- Dit aspect van de controle van de atmosferische radioactiviteit wordt gestaafd door de gegevens van de continue metingen die worden uitgevoerd door alle "luchtmeetstations" die over het grondgebied verspreid zijn in het kader van het automatisch meetnet TELERAD.

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactiviteit in de lucht;
- De kerncentrale van Doel en de nucleaire installaties van de site van Mol-Dessel hebben geen meetbare radiologische impact op de atmosfeer;

Metingen van de radioactiviteit in de atmosfeer (lucht en regen) van het Nete-Scheldebekken

	Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m ³)		Depositiebakken (Bq/m ²)	
	meting	DL	meting	DL
γ	NM	$\sim 10^{-5}$	NM	1,4 tot 15 (filtraat) 0,4 tot 4,3 (afzetting filter) → γ 1,4 tot 1,7 (filtraat) 0,4 tot 0,5 (afzetting filter) → $^{134,137}\text{Cs}$
^7Be	(0,9 tot 3,6) 10^{-3}		sporen tot 42 (filtraat) sporen tot 58 (afzetting filter)	~ 20 5 tot 10
β totaal	(0,1 tot 2,2) 10^{-3}	$\sim 0,02 \cdot 10^{-3}$	Filtraat 0,9 tot 34,7 Mol 1,1 tot 32,2 Doel Afzetting filter 0,8 tot 4,2 Mol 1,1 tot 4,5 Doel	$\sim 0,02$
^3H			NM	770 tot 930 (filtraat)
α totaal	(8 tot 24) 10^{-6} Mol-Dessel	$\sim 5 \cdot 10^{-6}$	Filtraat NM tot 0,8 Afzetting filter 0,23 tot 2,48	$\sim 0,50$

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

4.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM

De bodemmonsters worden eenmaal per jaar genomen in de weilanden nabij de nucleaire sites van Doel en Mol-Dessel. De eventuele radioactieve afzetting wordt onderzocht via staalnamen van grassen en het bodemoppervlak (oppervlakteafzetting).

De analyses hebben betrekking op de detectie van gamma-, bèta- en alfastralers. De detectielimieten kunnen verschillen naar gelang de hoeveelheid en de dichtheid van de genomen bodemmonsters, de gebruikte geometrie voor de metingen en het globale activiteitsniveau van de monsters.

Meer gedetailleerd:

- De resultaten wijzen in de eerste plaats op het ruime overwicht van de natuurlijke radioactiviteit, afgegeven door kalium-40 van de bodem dat het stabiele kalium volgt (^{40}K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers ($^{226,228}\text{Ra}$, $^{234,235,238}\text{U}$, ^{228}Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden sporen van ^{137}Cs gemeten die zijn toe te schrijven aan de neerslag van de ramp in Tsjernobyl en aan de veel oudere fallout van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960);
De transuranen (kunstmatige alfastralers Pu en Am) van hun kant zijn niet meetbaar.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten voor de bodemstalen (weilanden/bodemoppervlak).

Metingen van de radioactiviteit van de bodem (weilanden/bodemoppervlak) van het Nete-Scheldebekken

	Site van Doel (Bq/m ²)	Site van Mol-Dessel (Bq/m ²)	
	meting	meting	DL
γ	NM	NM	4 tot 13
¹³⁷ Cs	41 tot 53	60 tot 83	~ 5
⁴⁰ K	(4,5 tot 5,5) 10 ³	(0,54 tot 0,70) 10 ³	
²²⁶ Ra ²²⁸ Ra	420 tot 600	59 tot 71	
²²⁸ Th	450 tot 890	39 tot 55	
²³⁵ U ²³⁸ U		(0,016 tot 0,096) 10 ³ (0,79 tot 1,14) 10 ³	
²³⁸ , (²³⁹ + ²⁴⁰)Pu		NM	32 tot 48
²⁴¹ Am		NM	~ 40

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (K, Ra, U, Th) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van radioactiviteit van de bodem;
- In de regio Mol-Dessel is enkel natuurlijke radioactiviteit (uranium en thorium) waarneembaar. We treffen in de bodem geen waarneembare hoeveelheden zware nucliden aan die tot de groep van americium en plutonium behoren, die afkomstig zouden kunnen zijn van de uitstoot van de installaties van de site waaronder deze van Belgoprocess 1 (Cilva – verbrandingsoven voor vaste afvalstoffen, Pamela – verglazingsfabriek voor hoograadioactief afval), deze van Belgoprocess 2 (oude verwerkingsinstallatie voor het vloeibaar afval van het SCK•CEN) en deze van de voormalige activiteiten van Belgonucleaire waarop de uitstoot van alfastralers en Pu betrekking heeft. Opgemerkt dient te worden dat FBFC International – fabriek voor de productie van met ²³⁵U verrijkte nucleaire splijtstof en momenteel van MOX – hier buiten beschouwing wordt gelaten, omdat zijn atmosferische uitstoot in termen van activiteit verwaarloosbaar is;
- De kerncentrale van Doel en de nucleaire installaties van de site van Mol-Dessel hebben geen meetbare radiologische impact op hun omgeving via hun atmosferische lozingen.

4.3 RADIOACTIVITEIT IN DE RIVIEREN

Het gaat hier om verschillende rivieren: de Molse Nete is een waterloop die de lozingen van Belgoprocess 2 ontvangt, de verwerkingsinstallatie voor de vloeibare radioactieve effluenten van de site van Mol-Dessel; de Grote Laak en de Winterbeek die de lozingen hebben ontvangen van de productievestiging van voedingsfosfaten van Kwaadmechelen en Tessenderlo (lozingen van ^{226}Ra); de Grote Nete, waarin de waterlopen Molse Nete en Grote Laak uitmonden; de Rupel, waarin de Grote Nete uitmondt en ook het water van de Winterbeek ontvangt (via de Demer die uitmondt in de Dijle die dan eindigt in de Rupel), en tot slot de Schelde, die het hele Netebekken afwatert. Deze ontvangt eveneens de lozingen van de kerncentrale van Doel en eveneens de radioactieve lozingen van de ziekenhuizen en laboratoria van Antwerpen. De Schelde eindigt in een estuarium (zeewater) alvorens in de Noordzee uit te monden.

Belgoprocess 2 (voormalige verwerkingsinstallatie voor de vloeibare lozingen van het SCK•CEN) ontvangt ter verwerking vóór lozing alle vloeibare radioactieve afvalstoffen van de andere installaties van de site van Mol-Dessel (SCK•CEN, Belgoprocess, Belgonucleaire, FBFC). De lozingen in de Molse Nete mogen niet hoger zijn dan 25 GBq/maand aan alfa-, bèta- en gammaradioactiviteit, volgende de volgende formule:

$$2,5 [\alpha \text{ totaal}] + 0,4 [^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}] + 2,5 \cdot 10^{-5} [^3\text{H}] + [^{60}\text{Co}] + 1,5 [^{134}\text{Cs}] + 1,5 [^{137}\text{Cs}] + 0,1 [\beta] \leq 25 \text{ GBq/maand}$$

(150 GBq/jaar maximum met een concentratie limiet van 15 MBq/m³) in de rivier de Molse Nete.

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

Men onderzoekt in dit water de totale alfa- en de totale bètaradioactiviteit. Er worden gammaspectrometrische analyses en specifieke radiummetingen uitgevoerd. Ook de pas afgezette sedimenten op de rivierbeddingen en nabij de oevers (bezinkbakken) worden onderzocht.

De steekproeven bekijken ook de waterorganismen: zoetwatermosses (*Cinclidotus danubicus*), -planten en -algen (indien aanwezig), maar ook zeemosselen (*Mytilus edulis*) of wilde oesters, garnalen (*Crangon sp.*) indien beschikbaar – voor wat betreft het Schelde-estuarium – zijn goede biologische indicatoren (of "bio-indicatoren") voor de aanwezigheid van radioactiviteit.

De staalname- en controlepunten voor de radioactiviteit in het water, de sedimenten en de waterorganismen, zijn zodanig gekozen dat de radiologische impact van de nucleaire installaties langs de eerder genoemde waterlopen kan worden nagegaan:

- Op de Molse Nete (*MNe*) nabij het lozingspunt van het afvoerkanaal van Belgoprocess 2 van de site van Mol-Dessel;
- Op de Schelde (*Sch*) nabij Doel;
- Verderop in het estuarium voor de fauna (garnalen en zee-oesters) en de flora (algen *Fucus vesiculosus*): regio Kieldrecht nabij Doel (garnalen), Kloosterzande of Hoofdplaat (oesters en algen), gelegen op het estuariene gedeelte van de Schelde ten noorden van de Belgisch-Nederlandse grens (*Estu*).

De verkregen resultaten tonen aan dat regelmatig de aanwezigheid van natuurlijke radioactiviteit wordt gedetecteerd (^{226}Ra in de Grote Laak en de Winterbeek) en, wat kunstmatige radioactiviteit betreft, voornamelijk ^3H in de Molse Nete.

Meer gedetailleerd:

- In het water van de Molse Nete is de kunstmatige radioactiviteit toe te schrijven aan de aanwezigheid van ^3H , dat schommelt van 7 tot 113 Bq/L. We detecteren alleen maar sporen van transurane nucliden (^{241}Am , $^{238,239}\text{Pu}$) met een maximum van respectievelijk $1,8 \cdot 10^{-3}$ Bq/L en $2,1 \cdot 10^{-4}$ Bq/L en met detectielimieten van ~ 1 tot $2 \cdot 10^{-4}$ Bq/L. De natuurlijke radioactiviteit is toe te schrijven aan ^{40}K (enkele Bq/L) en aan $^{234,238}\text{U}$ in concentraties van 0,0016 tot 0,0057 Bq/L (^{235}U is in het algemeen niet meetbaar of wordt gedetecteerd als sporen met een detectielimiet van $\sim 0,00015$ Bq/L);
- In de sedimenten is de radioactiviteit hoofdzakelijk van natuurlijke oorsprong (K en Ra). Radium is gemakkelijk waarneembaar in de Molse Nete met waarden van 19 tot 114 Bq/kg droog. De concentraties nemen af naarmate men zich in het bekken verder naar de Schelde begeeft. De recente sedimenten van de Molse Nete vertonen sporen van kunstmatige radioactiviteit (voornamelijk ^{137}Cs met 38 tot 434 Bq/kg, transurane nucliden – Pu en Am – met respectievelijk gehalten van 2 tot 31 Bq/kg en van 10,5 tot 61 Bq/kg, ^{99}Tc wordt soms onder de vorm van sporen gedetecteerd en tot 150 Bq/kg), aangevoerd door de vloeibare lozingen van Belgoprocess 2 (lozingen binnen de toegestane limieten) en eventueel door resuspensie van oudere afzettingen. Deze radioactiviteit wordt al snel zeer moeilijk waarneembaar naarmate men zich verder van het lozingspunt verwijderd;
- In de fauna en flora is ^{40}K de belangrijkste bron van radioactiviteit. Men meet in de Molse Nete (mossen en waterplanten) ^{137}Cs met gehalten gaande tot 8 Bq/kg (detectielimiet ~ 6 Bq/kg), te wijten aan de lozingen met kunstmatige radioactiviteit van de site van Mol-Dessel (lozingen door de installatie van Belgoprocess 2). In het estuarien milieu (Schelde) worden soms sporen van ^{226}Ra waargenomen in de zeefauna en -flora.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Metingen van de radioactiviteit in de rivieren van het Nete-Scheldebekken

	Water (Bq/L)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	≤ 2	NM	1 tot 27	NM (Estu)	< 3	NM (MNe) NM (Estu)	< 10 < 5
^{60}Co			NM tot 11,3 (MNe)	$\sim 3,1$	NM (Estu)	$\sim 1,1$	NM tot 9 (MNe)	$\sim 3,4$
			NM (Sch)	$\sim 1,8$			NM (Estu)	$\sim 1,5$
^{137}Cs	NM	0,18 tot 0,23	38 tot 434 (MNe)	1,5 tot 2,5	NM (Estu)	$\sim 1,0$	NM tot 8,1 (MNe)	~ 6
			3,3 tot 7,1 (Sch)				NM (Estu)	$\sim 1,3$

Metingen van de radioactiviteit in de rivieren van het Nete-Scheldebekken (vervolg)

	Water (Bq/L)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
¹³¹ I	NM	~ 0,68	NM (MNe)	~ 250	NM (Estu)	~ 20	NM (MNe)	~ 40
			NM (Sch)	~ 30			NM (Estu)	~ 21
α totaal	NM tot 0,076 (MNe)	~ 0,014						
	NM tot 0,28 (Sch)	~ 0,11						
²⁴¹ Am	(0,3 tot 1,8) 10 ⁻³ (MNe)	~ 2,0 10 ⁻⁴	10,5 tot 61 (MNe)		NM (Estu)	~ 0,05	0,12 tot 0,17 (MNe)	~ 0,007
	(NM tot 8,1) 10 ⁻⁴ (Sch)	~ 1,0 10 ⁻⁴					NM tot sporen (Estu)	~ 0,03
^{238,(239+240)} Pu	(NM tot 2,1) 10 ⁻⁴ (MNe)	~ 1,1 10 ⁻⁴	2 tot 31 (MNe)		NM tot 0,10 (Estu)	0,04 tot 0,05	0,04 tot 0,10 (MNe)	~ 0,003
	NM (Sch)	~ 1,2 10 ⁻⁴					NM (Estu)	~ 0,04
²²⁶ Ra	0,015 tot 0,156 (Sch)		19 tot 114 (MNe)	~ 20	NM tot sporen (Estu)	~ 2,8	NM (MNe)	~ 6
			25 tot 42 (Sch)				5,3 tot 8,1 (Estu)	~ 5
β totaal	0,29 tot 0,46 (MNe)	~ 0,06						
	1,8 tot 5,7 (Sch)							
³ H	7 tot 113 (MNe)	~ 10		NM (Estu)	~ 14		NM (MNe)	~ 15,5
	NM tot 15 (Sch)	~ 10					NM (Estu)	~ 15,6
⁹⁰ Sr			NM (MNe)	~ 5,3	NM (Estu)	~ 4,1	NM (MNe, Estu)	3 tot 7
⁹⁹ Tc			NM tot 150 (MNe)	~ 82			NM tot 58 (MNe)	~ 47
							NM (Estu)	~ 45
⁴⁰ K	NM tot 14 (MNe)	~ 3,1	90 tot 206 (MNe)	~ 70	190 tot 250 (oesters)		360 tot 700 (MNe)	
	NM tot 8 (Sch)	~ 6,1	306 tot 540 (Sch)				870 tot 1200 (Estu)	

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K , en in mindere mate ^{226}Ra en ^{228}Th) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactiviteit van de verschillende compartimenten van de rivieren;
- De kerncentrale van Doel heeft geen meetbare radiologische impact op de Schelde;
- De ecologische situatie van de Molse Nete is problematischer op het vlak van de chemische verontreiniging in het algemeen. Op radiologisch vlak bevat deze waterloop abnormaal hoge concentraties van kunstmatige radionucliden (vooral tritium en cesium), die het resultaat zijn van de nucleaire bedrijfsactiviteit van de site van Mol-Dessel, die nochtans binnen de lozingslimieten blijft die voor haar zijn vastgesteld. De afgelopen jaren blijkt de situatie echter te verbeteren;

Deze vaststelling moet worden gematigd door op te merken dat dit water als dusdanig niet voor menselijke consumptie mag worden gebruikt. Anderzijds stroomt dit water door landbouwzones, die op die manier lokaal – vooral chemisch (oever, afzetzones voor baggerslib enz.) – kunnen worden verontreinigd. In de toekomst zou de aanvoer van chemische en radioactieve contaminanten best worden verminderd.

4.4 RADIOACTIVITEIT IN DE VALLEI VAN DE GROTE NETE

In vorige rapporten van het radiologisch toezicht op het grondgebied hebben we reeds de aandacht gevestigd op de radiologische toestand van het Grote Netebekken.

Ondanks de stopzetting van de productie van fosfaathoudende producten eind 2013 en de daaraan verbonden lozingen vindt er nog steeds transport plaats van radiologische verontreiniging – evenwel in concentraties die beduidend lager liggen dan tijdens de periode van de lozingen – door de rivier. Hoewel de Winterbeek momenteel wordt gesaneerd, moet de “erfenis” op de oevers van de Grote Laak nog worden aangepakt in de toekomst. De radiologische verontreiniging met ^{226}Ra komt bovenop een probleem dat in wezen nog belangrijker is: een sterke verontreiniging met zware metalen, die zich op dezelfde plaats bevindt.

Historisch gezien heeft de radiologische karakterisatie van rivieroevers en waterbodembodem zich toegespitst op de rivieren die rechtstreeks lozingen ontvangen: Molse Nete, Winterbeek en Grote Laak. Studies in opdracht van de Vlaamse overheid uit de jaren 2000 tonen echter aan dat de oevers van de Grote Nete – die het water van zowel Grote Laak als Molse Nete ontvangt – eveneens een verontreiniging met ^{226}Ra vertonen in overstromingszones nabij de stad Lier³, vergelijkbaar met de verontreiniging langs de oevers van de Grote Laak. Dit toont aan dat een deel van de radium in de lozingen zich heeft afgezet op een afstand van enkele tientallen kilometers stroomafwaarts van de monding van de Grote Laak. Aangezien de geïdentificeerde zones grotendeels ontoegankelijk zijn en het radiologisch risico verwaarloosbaar is, was een meer gedetailleerde karakterisatie van de zones niet mogelijk, noch gejustificeerd.

De aanwezigheid van radium in de Grote Nete is echter terug actueel, naar aanleiding van de ontwikkeling van het Sigmaplan en de daaraan verbonden werken. In het kader van het milieuhygiënisch onderzoek voor delen van het Sigmaplan, werden bovendien ook sterk verhoogde concentraties aan zware metalen teruggevonden op dezelfde percelen. Daarom nam het FANC

³ VMM (2002) Aanvulling op de inventarisatie en karakterisatie van verhoogde concentraties aan natuurlijke radionucliden van industriële oorsprong in Vlaanderen
http://www.milieurapport.be/upload/main/miradata/MIRA-T/02_themas/02_06/ioni_O&O_03.pdf

contact op met de OVAM, aangezien deze maatschappij bevoegd is in de kwestie van de niet-radiologische verontreiniging .

Het FANC en de OVAM identificeerden verschillende zones binnen het mondingsgebied van de Grote Nete waar verder verkennend bodemonderzoek op korte termijn aangewezen was. Deze bijkomende studies bevestigden dat een verontreiniging met ^{226}Ra in zones die in het verleden frequente overstromingen ondergingen (ofwel door acute overstromingen, ofwel door getijdenwerking) weldegelijk aanwezig is. De waarden bevinden zich rond enkele Bq/g.

Eind 2016 werd er een bodemonderzoek opgestart (nog steeds lopende) op initiatief van OVAM, met als doel het identificeren en karakteriseren van de chemische en radiologische verontreiniging van de waterbodem en oevers van de Grote Nete tussen Geel en Lier. Het FANC onderzoekt hierbij het radiologische aspect, OVAM het chemische aspect. Het FANC volgt de stand van zaken van het BBO van nabij op en neemt waar nodig gepaste maatregelen.

5. DE MARITIEME ZONE: DE BELGISCHE KUST

De Noordzee ontvangt niet alleen rechtstreeks de vloeibare effluenten van de Franse (kerncentrales van Gravelines, via het Kanaal; die van Paluel en Flamanville en de opwerkingsfabriek van La Hague) en Engelse nucleaire installaties (de centrales van Dungeness, Bradwell en Sizewell), maar daarnaast monden er ook nog eens verschillende rivieren in uit die op hun beurt radioactieve effluenten ontvangen, onder andere de Maas en de Schelde voor België.

Daarom wordt zij nauwgezet gecontroleerd door alle aangrenzende landen die de verdragen van Oslo en Parijs (OSPAR) hebben ondertekend.

Voor de Belgische kust werden verscheidene bemonsteringspunten gekozen waar viermaal per jaar stalen worden genomen van zeewater, sedimenten en bodemvissen, door het oceanografisch schip "Belgica" (foto rechts, genomen vanaf de site van de Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee – BMM). In een strook van 5 tot 25 km voor de steden Koksijde, Nieuwpoort, Oostende en Blankenberge (één punt bevindt zich op 37



km loodrecht boven Wenduine nabij Blankenberge) worden twaalf staalnamen verricht. De metingen worden gebruikt voor de opvolging van de concentraties aan alfa-, bèta- en gammastralende radionucliden en aan ^{40}K voor wat de natuurlijke radioactiviteit betreft.

Aan de kust worden voornamelijk algen, vissen, weekdieren en schaaldieren onderzocht, vanwege hun accumulatie- en concentratiecapaciteit, om de voornaamste splijtings- en activeringsproducten, alsook Th, Pu en U te meten.

De gecontroleerde compartimenten zijn:

- Compartiment atmosfeer: stofmonsters vanuit de lucht (filters) nabij Koksijde;
- Bodemcompartiment: bodemmonsters (weilanden) dichtbij Koksijde;
- Compartiment zee: water, sedimenten en monsters van de fauna (schaaldieren, tweeschaligen, vissen) en flora (algen).

Algemeen: de verkregen resultaten tonen duidelijk dat de radiologische situatie van de maritieme zone uitstekend is en geen acties vereist. Er wordt inderdaad alleen natuurlijke radioactiviteit gemeten (^{40}K). Soms worden sporen van kunstmatige radioactiviteit (^{137}Cs en transuranen in vissen) gedetecteerd (in de buurt van de detectielimieten van de meetapparatuur) maar die blijven volledig verwaarloosbaar.

5.1 RADIOACTIVITEIT VAN DE ATMOSFEER

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten voor de stofdeeltjes in de lucht.

Metingen van de radioactiviteit van de atmosfeer (lucht) aan de Belgische kust

Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m ³)		
	meting	DL
		$\sim 10^{-5}$
γ	NM	$\sim 0,5 \cdot 10^{-5}$ (^{134,137} Cs) $\sim 4,0 \cdot 10^{-5}$ (¹⁰⁶ Ru)
⁷ Be	(1,5 tot 2,6) 10^{-3}	
β totaal	(0,11 tot 0,52) 10^{-3}	$\sim 2,0 \cdot 10^{-4}$
⁴⁰ K	NM	$\sim 0,9 \cdot 10^{-4}$

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

De verkregen resultaten tonen duidelijk dat de lucht in de regio van Koksijde (Belgische kust) geen enkel radiologisch probleem stelt. De gemeten waarden liggen allemaal onder of in de buurt van de – zeer lage – detectiedrempels van de meetapparatuur. Enkel de natuurlijke radioactiviteit kan voldoende gemeten worden.

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het – zeer lage – niveau van de radioactieve verontreiniging van de atmosfeer. ⁷Be wordt namelijk zeer goed opgevolgd (natuurlijk kosmogeen radioactief nuclide);
- Dit aspect van de controle van de atmosferische radioactiviteit wordt gestaafd door de gegevens van de continue metingen die worden uitgevoerd door alle "luchtmeetstations" die over het grondgebied verspreid zijn in het kader van het automatisch meetnet TELERAD.

5.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM

De bodemmonsters worden eenmaal per jaar op weilanden in Koksijde genomen. De eventuele radioactieve afzetting wordt onderzocht via staalnamen van grassen en bodem (oppervlakteafzetting).

De analyses hebben betrekking op de detectie van gamma-, bèta- en alfastralers. De detectielimieten kunnen verschillen naar gelang de hoeveelheid en de dichtheid van de genomen bodemmonsters, de gebruikte geometrie voor de metingen en het globale activiteitsniveau van het monster.

Meer gedetailleerd:

- De resultaten wijzen in de eerste plaats op het ruime overwicht van de natuurlijke radioactiviteit, afgegeven door kalium-40 van de bodem dat het stabiele kalium volgt (^{40}K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers ($^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden in de bodem sporen van ^{137}Cs gemeten die zijn toe te schrijven aan de neerslag van de ramp in Tsjernobyl en aan de veel oudere fall-out van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960).

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten voor de bodemstalen (weilanden/bodemoppervlak).

Metingen van de radioactiviteit van de bodem (weilanden/bodemoppervlak) aan de Belgische kust

Site van Koksijde (Bq/m ²)		
	meting	DL
γ	NM	4 tot 13
^{137}Cs	13 tot 20	~ 5
^{40}K	(1,16 tot 1,44) 10 ³	
^{226}Ra ^{228}Ra	54 tot 66	
^{228}Th	58 tot 76	

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (K, Ra, Th) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactieve verontreiniging van de bodem;
- ^{137}Cs wordt waargenomen, wat normaal is aangezien dit, zoals reeds vermeld, voortkomt uit de fall-out van de atmosferische proeven met kernwapens in de jaren zestig en van de radioactieve wolk van Tsjernobyl die is overgetrokken. Anderzijds zijn de gemeten waarden logischerwijs lager dan die welke worden aangetroffen in het Maas-Samberbekken, waar de neerslag als gevolg van Tsjernobyl iets hoger was dan in Vlaanderen.

5.3 RADIOACTIVITEIT VAN HET MARIENE MILIEU

Om de drie maanden worden verschillende bemonsteringspunten aangedaan door het oceanografisch schip "Belgica". Deze punten bevinden zich in een strook van 5 tot 25 km voor de steden Koksijde, Nieuwpoort, Oostende en Blankenberge (één punt bevindt zich op 37 km loodrecht voor Wenduine nabij Blankenberge).

Staalnamen van algen (*Fucus vesiculosus*) worden uitgevoerd op een pier in Oostende; garnalen (*Crangon sp.*) en mosselen (*Mytilus edulis*) worden ook bemonsterd.

De metingen worden gebruikt om de gehaltes aan alfa-, bèta- en gammastralende radionucliden – en aan ^{40}K voor wat de natuurlijke radioactiviteit betreft – op te volgen.

De staalnamen van zeewater worden verricht met behulp van "Niskin"-flessen (foto rechts).



De sedimenten worden opgehaald met behulp van een "Van Veen"-grijper (foto links), een soort grijper die met geopende klauwen aan een stalen kabel wordt neergelaten op de bodem van de zee. Zodra de klauwen de bodem raken, ontspant de veer die de klauwen openhoudt. Wanneer de grijper weer wordt opgehaald, sluiten de klauwen zich en nemen zo een hoeveelheid zand of sediment mee van de zeebodem.



Met behulp van een sleepnet worden monsters verzameld van de fauna (vissen), die worden bewaard om ze later op radioactiviteit te kunnen onderzoeken (foto rechts).



De verkregen resultaten zijn geruststellend wat de radiologische toestand van het zeemilieu betreft.

Meer gedetailleerd:

- De verkregen resultaten tonen aan dat regelmatig de aanwezigheid van natuurlijke radioactiviteit (^{40}K) wordt waargenomen;
- Sporen van kunstmatige radioactiviteit (^{137}Cs) worden aangetroffen in mariene sedimenten (nauwelijks significant) ;
- Er wordt geen kunstmatige radioactiviteit aangetroffen in de vissen.



De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Radioactiviteitsmetingen van het maritieme milieu: water en sedimenten

	Water (Bq/L)		Sedimenten (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL
γ	NM	~ 0,1 tot 0,2	NM	0,6 tot 2,1
^{137}Cs	sporen (1,1 tot 3,0) 10^{-3}	~ 2,1 10^{-3}	NM tot 2	~ 0,7
^{60}Co	NM	0,1	NM	~ 0,7
β totaal	~ 11			
^{40}K	~ 10,5		200 tot 320	
α totaal	NM	~ 0,3		
$^{226,228}\text{Ra}$	NM	0,2 tot 0,4	6 tot 13,5	~ 5
$^{238,(239+240)}\text{Pu}$	NM	~ 10^{-4}	NM tot 0,9	~ 0,3

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Radioactiviteitsmetingen van het maritieme milieu: fauna en flora

	Flora (algen) (Bq/kg droog)		Fauna (mosselen en garnalen) (Bq/kg droog)		Fauna (platte vissen) (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	< 1,5	NM	< 2,6	NM	< 5,0
^{137}Cs	NM	~ 1,0	NM	~ 1,0	NM	~ 1,8
^{60}Co	NM	~ 1,2	NM	~ 1,0	NM	~ 1,9
^{131}I	NM tot 25	~ 20	NM	14 tot 18	NM	~ 52
^{90}Sr	NM	~ 6,0	NM	~ 3,5	NM	~ 5,9
^{40}K	880 tot 970		180 tot 240 (mosselen) 180 tot 210 (garnalen)		390 tot 470	
^3H	NM	~ 14	NM	~ 13	NM	~ 15
^{99}Tc	NM	~ 45,0			sporen	~ 6,5
$^{226, 228}\text{Ra}$	NM tot 9	4 tot 9	NM	2 tot 5	NM tot 11	3,7 tot 7,4
$^{238,(239+240)}\text{Pu}$	NM	~ 0,035	NM	0,036 tot 0,070	NM	~ 0,05
^{241}Am	NM tot 0,06	~ 0,04	NM	0,046 tot 0,060	NM	~ 0,05

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor de radioactiviteit van de verschillende compartimenten van het maritieme milieu;
- ^{137}Cs en de $^{238}, (239+240)\text{Pu}$ - ^{241}Am , transurane nucliden van kunstmatige oorsprong (geproduceerd en geloosd door de kerncentrales en uitgestoten door de nucleaire opwerkingsbedrijven van afgewerkte splijtstof, nl de opwerkingsfabrieken van La Hague in Frankrijk en Sellafield in het Verenigd Koninkrijk) zijn niet aantoonbaar. Alle concentraties bevinden zich op het niveau van de detectielimieten.

6. DE REFERENTIEZONE : REGIO BRUSSEL HOOFDSTAD

Op het Belgisch grondgebied werden bemonsteringstations gekozen op basis van hun geografische ligging die hen beschut tegen mogelijke lozingen van kunstmatige en/of natuurlijke radioactiviteit door menselijke activiteit, en die een belangrijk deel van de bevolking omvat.

In dat opzicht werd de Brusselse agglomeratie met meer dan een miljoen inwoners (1/10 van de totale bevolking van België) gekozen als een referentiezone.

De gecontroleerde compartimenten zijn:

- Compartiment lucht: staalnamen van stofdeeltjes in de lucht en regen;
- Compartiment bodem.

Algemeen: de verkregen resultaten tonen duidelijk aan dat de radiologische situatie van de Brusselse agglomeratie probleemloos is.

6.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT

De volgende tabel vat alle resultaten samen die werden verkregen voor de onderzochte compartimenten van de atmosfeer: stofdeeltjes in de lucht en neerslag opgevangen in bezinkbakken.

Metingen van de radioactiviteit in de atmosfeer (lucht en regen) van de referentiezone

		Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m ³)		Bezinkbakken (Bq/m ²)	
		meting	DL	meting	DL
γ	NM				1,5 tot 14,7 (filtraat)
					0,5 tot 5,1 (afzetting filter)
					Filtraat
					~ 1,5 (^{134,137} Cs)
			~ 10 ⁻⁵		~ 14,7 (¹⁰⁶ Ru)
			~ 2,8 10 ⁻⁵		Afzetting filter
			(^{134,137} Cs)		~ 0,55 (^{134,137} Cs)
			2,5 10 ⁻⁴ (¹⁰⁶ Ru)		~ 5,1 (¹⁰⁶ Ru)
⁷ Be	(1,1 tot 4,2) 10 ⁻³			NM tot 40 (filtraat)	~ 17
				3,4 tot 32,0 (afzetting filter)	~ 6
β totaal	(0,29 tot 0,75) 10 ⁻³			0,6 tot 2,6 (filtraat)	~ 0,7
				1,4 tot 5,6 (afzetting filter)	~ 0,1
⁴⁰ K	(0,7 tot 1,0) 10 ⁻³			NM tot 1,35 (filtraat)	~ 1,3 (filtraat)
				NM (afzetting filter)	~ 8,0 (afzetting filter)
³ H				NM (distillaat)	~ 215
α totaal				0,05 à 0,20 (filtraat)	~ 0,05
				0,38 à 1,28 (afzetting filter)	~ 0,05

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

De verkregen resultaten tonen duidelijk aan dat de lucht in de Brusselse agglomeratie (site van het Belgisch Koninklijk Meteorologisch Instituut - KMI te Ukkel-Brussel) op radiologisch vlak geen enkel probleem vormt. De gemeten concentraties liggen allemaal onder of in de buurt van de – zeer lage – detectielimieten van de meetapparatuur. Enkel natuurlijke radioactiviteit kan worden aangetoond.

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het – zeer lage – niveau van de radioactieve verontreiniging van de atmosfeer. ^7Be wordt namelijk zeer goed opgevolgd (natuurlijk kosmogeen radioactief nuclide);
- Dit aspect van de controle van de atmosferische radioactiviteit wordt gestaafd door de gegevens van de continue metingen die worden uitgevoerd door alle "luchtmeetstations" die over het grondgebied verspreid zijn in het kader van het automatisch meetnet TELERAD (gelokaliseerd in Brussel, Ukkel, Dilbeek & Zaventem).

6.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM

De bodemmonsters worden eenmaal per jaar genomen op de site van het Belgisch Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) te Ukkel-Brussel. De eventuele radioactieve afzetting wordt onderzocht via staalnamen van grasbodems (oppervlakteafzetting).

De analyses hebben betrekking op de detectie van gamma-, bèta- en alfastralers. De detectielimieten kunnen verschillen naar gelang de hoeveelheid en de dichtheid van de genomen bodemmonsters, de gebruikte geometrie voor de metingen en het globale activiteitsniveau van het monster.

Meer gedetailleerd:

- De resultaten wijzen in de eerste plaats op het ruime overwicht van de natuurlijke radioactiviteit, afgegeven door kalium-40 van de bodem dat het stabiele kalium volgt (^{40}K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers ($^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden in de bodem sporen van ^{137}Cs gemeten die toe te schrijven zijn aan de neerslag van de ramp in Tsjernobyl en aan de veel oudere fall-out van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960). De transurane kunstmatige alfastralers (o.a. ^{241}Am) zijn niet meetbaar.

Volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten voor de bodemstalen (weilanden/bodemoppervlak).

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K , $^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactieve verontreiniging van de bodem;
- ^{137}Cs wordt waargenomen omdat dit, zoals reeds vermeld, voortkomt uit de fall-out van de atmosferische proeven met kernwapens in de jaren zestig en van de radioactieve wolk van Tsjernobyl die is overgetrokken. Anderzijds zijn de gemeten waarden logischerwijs lager dan die welke worden aangetroffen in het Maas-Samberbekken, waar de neerslag - als gevolg van Tsjernobyl - iets hoger was.

Metingen van de radioactiviteit van de bodem (weilanden/bodemoppervlak) in de referentiezone

Site van het KMI (Ukkel-Brussel) (Bq/m ²)		
	meting	DL
γ	NM	26 tot 270
¹³⁷ Cs	40 tot 110	~ 32
⁴⁰ K	(7,8 tot 11,8) 10 ³	
²²⁶ Ra ²²⁸ Ra	(7,7 tot 11,8) 10 ²	
²²⁸ Th	(6,4 tot 9,6) 10 ²	

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

7. DE VOEDSELKETEN: DRINKWATER, MELK EN VOEDINGSPRODUCTEN

In het begin van de jaren '60 verrichtte het WIV (destijds het IHE – Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie) onderzoek naar de radiocontaminatie van de voedselketen. Later werd dit programma overgenomen door DBIS (Dienst Bescherming tegen Ioniserende Stralingen van het Ministerie van Sociale zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu), daarna, sinds 2001, door het FANC.

Regelmatig worden monsters genomen van leidingwater, voedingsproducten zoals melk, vlees, zee- en riviervis evenals van groenten en maaltijden van bedrijfsrestaurants (proefmaaltijden). Deze monsters worden vervolgens geanalyseerd en hun gehalte aan radionucliden bepaald.

De kunstmatige radioactiviteit van voedingsproducten is hoofdzakelijk afkomstig van de eventuele aanwezigheid van splijttingsproducten met een lange halveringstijd, zoals ^{90}Sr en ^{137}Cs , die voornamelijk voortkomen uit kernproeven in de atmosfeer die plaatsvonden in de jaren 1960.

In geval van een ongeval (zoals dat in Tsjernobyl), zal een verhoging van de radiocontaminatie op korte termijn vooral worden veroorzaakt door de eventuele aanwezigheid van ^{131}I en op lange termijn door de aanwezigheid van ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr en eventueel van $^{103,106}\text{Ru}$, enz.

De controles die in België worden verricht hebben betrekking op de volgende compartimenten:

- Drinkwater: stalen genomen uit het leidingnet (kraan) op gelijkmatig verdeelde punten in België, om te voldoen aan de verplichting van de EC om een dicht (veel punten, klassieke radioactiviteitsmetingen) en verspreid (klein aantal punten, metingen van zeer lage radioactiviteit) controlenetwerk te installeren (artikel 35/36 van het EURATOM-verdrag);
- Melk: stalen worden eveneens over het volledige Belgisch grondgebied genomen, in melkerijen en op boerderijen, om te voldoen aan de verplichting van de EC om een dicht en verspreid controlenetwerk te installeren;
- Voedingsproducten: stalen worden genomen in de groothandel en op markten. Zeevissen worden gecontroleerd vanaf de vismarkten aan de Belgische kust;
- “Proefmaaltijden” worden maandelijks voor elk gewest in België (Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Vlaanderen en Wallonië) genomen in bedrijfsrestaurants. (Verplichting van de EC art. 35/36 van het EURATOM-verdrag: installatie van een dicht en verspreid netwerk.)



Algemeen toont dit controleprogramma aan en bevestigt het, na vele tientallen jaren van observatie, dat de invloed van de nucleaire installaties op de voedingsproducten niet waarneembaar is en dat de radiologische toestand van de "boodschappenmand" in België volledig normaal is.

7.1 RADIOACTIVITEIT VAN HET DRINKWATER

Tot in 1998 bestonden er geen Europese normen voor de radioactiviteit van het drinkwater waarbij het "ALARA"-principe – "As Low As Reasonably Achievable", d.w.z. zo laag als redelijkerwijs haalbaar is – van toepassing was. Niettemin legde een aanbeveling van de WHO de volgende bovengrenzen vast:



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

In november 1998 heeft de Europese Commissie een richtlijn uitgevaardigd (**98/83/EC van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water**). Deze richtlijn handelde over de microbiologische, chemische en radioactieve aspecten. Wat dit laatste punt betreft, zijn de technische bijlagen houdende de uit te voeren analyses en de toepassingsmodaliteiten van de richtlijn altijd onvoltooid gebleven en zijn ze nooit gepubliceerd.

De richtlijn preciseerde twee parameterwaarden die moeten worden nageleefd: **100 Bq/liter voor tritium** (^3H) en een **totale indicatieve dosis – TID – per jaar van 0,1 mSv**. Deze TID houdt in haar berekening geen rekening met de bijdrage van tritium ^3H , kalium ^{40}K , radon ^{222}Rn en zijn vervalproducten - lood ^{210}Pb en polonium ^{210}Po om de belangrijkste te noemen vanuit radiologisch oogpunt. De dosis wordt berekend op basis van een jaarlijkse inname van 730 liter water voor volwassenen of kinderen ouder dan 10 jaar.

Op 22 oktober 2013 heeft de Europese Commissie in het kader van het EURATOM-Verdrag de Richtlijn van de Raad 2013/51/EURATOM gepubliceerd: **vaststelling van voorschriften voor de bescherming van de bevolking voor wat betreft de radioactieve stoffen in water bestemd voor menselijke consumptie**. Deze Richtlijn neemt de nauwkeurig het principe van de technische bijlagen over die geïntegreerd moeten worden in de Richtlijn 98/83/EC.

Zij beschouwt de twee vorige parameterwaarden en voegt een derde toe voor radon: **100 Bq/liter Radon (^{222}Rn)**

Wat betreft de noodzaak om al dan niet de totale indicatieve dosis te berekenen, werd in de technische bijlagen gekozen voor twee methoden die zich baseren op sorteervwaarden of zogenaamde "screening"-waarden. De lidstaten kunnen één van beide methoden kiezen naar gelang hun gewoonten en voorkeuren inzake radiologisch toezicht op het leefmilieu en de bevolking. Deze "screening"-waarden vereenvoudigen de controle van het water en maken onnodige, dure analyses overbodig, maar garanderen niettemin dat het leidingwater voldoet aan de normen. In beide gevallen dient de parameterwaarde van 100 Bq/liter voor tritium eveneens als "screening"-waarde.

- De eerste methode, de zogenaamd "*globale*" methode, berust op een evaluatie van de globale natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit met "screening"-waarden van 0,1 Bq/liter voor totale alfa en 1 Bq/liter voor totale bèta. Deze waarden maken een snelle "sortering" van het water mogelijk. Wanneer deze concentraties worden overschreden, wordt onderzocht of de natuurlijke radioactiviteit verantwoordelijk is voor de gemeten niveaus. Als dit niet zo is, moeten zoveel mogelijk radionucliden worden geanalyseerd (gamma-, bèta- en alfaspectrometrieën).

Dit is de methode die door België wordt toegepast in het kader van zijn programma voor radiologische controle van het drinkwater (met bovendien systematisch doorgevoerde gammaspectrometrische analyses) waarbij de omzetting van de Europese Richtlijn in Federale wetgeving gerealiseerd werd via het Koninklijk Besluit van 31 mei 2016 (koninklijk besluit gerelateerd aan de bescherming van de volksgezondheid met betrekking tot radioactieve stoffen in water bestemd voor menselijke consumptie). Dit koninklijk besluit wordt aangevuld door het FANC Besluit van 24 november 2016 (Besluit met de uitvoeringsregels van de controle van radioactieve stoffen in water bestemd voor menselijke consumptie). De screeningwaarde voor bètastralers is in België vastgesteld op basis van bèta residueel (bèta totaal - K-40) zijnde 0,2 Bq/L.

- De tweede methode, de zogenaamde "*specifieke analyses van radionucliden*", berust op de meting van een zeker aantal radionucliden (Uranium; in β : ^{14}C en ^{90}Sr ; in α : $^{239+240}\text{Pu}$ en ^{241}Am ; in γ : ^{60}Co , $^{134-137}\text{Cs}$ en ^{131}I) waarvan de concentraties lager moeten zijn dan 20% van de referentieconcentratiewaarde. Deze referentiewaarden stemmen overeen met de concentratie van een individueel radionuclide dat op zichzelf een dosis van 0,1 mSv zou veroorzaken.

Indien één van de "screening"-waarden wordt overschreden, moeten volledige α -, β - en γ -analyses worden uitgevoerd om de totale indicatieve dosis te berekenen op basis van de omzettingfactoren vermeld in de "Basic Safety Standards" van de Richtlijn 96/29/EURATOM (voor een jaarlijkse inname van 730 liter voor volwassenen of kinderen ouder dan 10 jaar).

België, dat honderden winningspunten telt, heeft een algemeen controleplan voor zijn water opgesteld om in het kader van het koninklijk besluit van 31 mei 2016 deze nieuwe richtlijn te kunnen toepassen en naleven.

7.1.1 Radiologisch toezichtsprogramma

Het radiologisch controleprogramma heeft het voortouw genomen en controleert reeds de kwaliteit van het leidingwater van de grootste waterdistributeurs van het land. De provincies waar de controles gebeuren, zijn de volgende: Vlaams-Brabant (Leuven), Waals-Brabant (Waver), regio Brussel Hoofdstad (Brussel), Luik (Luik), Namen (Namen), Henegouwen (Fleurus), Luxemburg (Florenville), Oost-Vlaanderen (Gent), West-Vlaanderen (Reningelst en Poperinge), Antwerpen (Mol), Limburg (Hasselt).

De controle van de radioactiviteit gebeurt voor de totale alfastralers, totale bètastralers, ^{226}Ra en ^{40}K (natuurlijk) en voor tritium ^3H (kunstmatig). De onderstaande tabel geeft een overzicht van alle resultaten die verkregen werden in het kader van de controle van de radioactiviteit van het drinkwater.

Analyse van de tabel toont aan:

- Enkel ^3H en ^{40}K kunnen worden gedetecteerd, maar de metingen blijven nauwelijks hoger dan de detectielimieten van de meetapparaten wanneer ze significant zijn;
- Op sommige plaatsen overschrijden de concentraties van α -totaal de screeningwaarde van 0,1 Bq/liter die als waakzaamheid drempel wordt beschouwd. Niettemin, de TID bereikt nooit de parameterwaarde van 0,1 mSv/jaar;
- Het leidingwater is dus volkomen drinkbaar en voldoet globaal aan de Europese normen.

Samengevat:

- De radiologische impact van de nucleaire industrie is niet meetbaar in het leidingwater: dit beantwoordt aan de nieuwe normen die zijn ingevoerd door de Europese richtlijn inzake drinkwater;
- Merk op dat het grootste deel van de bètaradioactiviteit wordt verklaard door de aanwezigheid van ^{40}K , een natuurlijk radionuclide waarvan de bijdrage niet in aanmerking moet worden genomen voor de berekening van de dosis waaraan de mens is blootgesteld;
- Een grondigere analyse van de resultaten van het radiologisch controleprogramma toont aan dat het voor menselijke consumptie bestemde water over het algemeen beantwoordt aan de normen maar dat er op sommige plaatsen (met name te Reningelst - nabij Poperinge – en te Fleurus) bijzonder moet worden gelet op de concentraties van totale alfastralers, waarvan de grootste bijdrage afkomstig is van (natuurlijk) ^{226}Ra , die soms de screeningwaarde van 0,1 Bq/liter overschrijdt. Ook al leidt dit niet tot een overschrijding van de TID, toch moet dit water met bijzondere aandacht worden gecontroleerd. De oorsprong van deze overschrijdingen te Reningelst zijn te wijten door mengsels van water afkomstig van Wallonië (regio Fleurus / Mons), dat van nature meer rijk is aan radium. Controles zijn ook uitgevoerd op het hoofdnet van Poperinge zelf die nagenoeg geen overschrijdingen aantonen. De routine controles houden dus rekening met de stad Poperinge naast deze te Reningelst.

Metingen van de radioactiviteit in het drinkwater

	Radioactiviteit van het water (Bq/L)	DL (Bq/L)	"Screening"-waarde (Bq/L)
^3H	NM (Florenville, Fleurus, Luik)	~ 2,9	100
	5 tot 47 (Namen)	~ 2,9	
	NM tot 41 (Waver)	~ 3,0	
	NM (Mol, Hasselt, Leuven, Reningelst, Poperinge)	7,2 tot 8,3	
	16 tot 33 (Brussel)	3,0 tot 8,0	
	NM tot 34,0 (Gent)	~ 8,5	

Metingen van de radioactiviteit in het drinkwater (vervolg)

	Radioactiviteit van het water (Bq/L)	DL (Bq/L)	"Screening"-waarde (Bq/L)
residuele β totaal*	NM tot 0,075 (Fleurus, Luik)		
	NM tot 0,070 (Florenville, Namen, Waver)		1 (β totaal)
	NM tot 0,060 (Mol)	0,047 tot 0,177	0,2 (residuele β)
	NM (Hasselt, Reningelst, Poperinge, Gent)		
	NM tot 0,12 (Leuven) NM (Brussel)		
α totaal	NM tot 0,017 (Florenville)		
	NM tot 0,043 (Namen, Waver)		
	0,064 tot 0,156 (Fleurus)		
	NM tot 0,036 (Luik)		
	NM (Mol)		
	NM tot 0,029 (Hasselt)	0,012 tot 0,029	0,1
	0,127 tot 0,213 (Reningelst)		
	NM tot 0,129 (Poperinge) NM (Gent) 0,033 tot 0,046 (Leuven) NM (Brussel)		
^{226}Ra	0,101 tot 0,136 (Reningelst)		
	NM tot 0,147 (Poperinge)		
	0,040 tot 0,073 (Fleurus)	~ 0,01	0,1
	NM tot 0,011 (Florenville, Luik, Namen, Waver)		
^{222}Rn	4,5 tot 51,9 (Florenville)		
	1,0 tot 16,0 (Fleurus)		
	NM tot 0,5 (Namen)		
	~ 13,0 (Waver)		
	0,4 tot 0,9 (Luik)		
	0,6 tot 1,4 (Mol)		
	NM tot 1,6 (Poperinge)	0,40 tot 0,47	100
	2,3 tot 4,9 (Hasselt)		
	1,0 tot 2,2 (Reningelst)		
	2,0 tot 4,7 (Leuven) NM (Gent) NM (Brussel)		

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

*: bèta totaal min ^{40}K

7.1.2 Radiologische toestand van het grondwater in België

In het kader van haar diverse activiteiten naast het radiologisch toezichtsprogramma bekommt het FANC regelmatig gegevens met betrekking tot natuurlijke straling in de Belgische aquifers. Met name binnen de NORM-aangiftedossiers (zie 8.2) zijn analyses van het grondwater rond de betrokken site vereist, zij het als deel van het dossier of in een monitoringsfase. Daarenboven is er een beperkte hoeveelheid gegevens beschikbaar uit de wetenschappelijke literatuur of uit eerdere studies.

Ondanks het feit dat deze analyses niet als doel hebben om de radiologische toestand van de betrokken aquifer te onderzoeken, laat het verzamelen ervan op lange termijn toe om de

gemiddelde waarden vast te leggen die men globaal kan opmeten in de verschillende aquifers. Daarom heeft het FANC in 2014 een actie opgestart met als doel meetgegevens te verzamelen om een globaal beeld van de radiologische toestand van de aquifers in België te kunnen schetsen. De actie is nog steeds lopende, maar het is desalniettemin nuttig om een samenvatting te geven van de gegevens die verzameld werden tot en met 2018.

Het FANC werkt samen met ISSEP in Wallonië (zie hoofdstuk 8) en met Leefmilieu Brussel te Brussel om radiologische analyses uit te voeren op enkele monsters van hun grondwaterkwaliteits-controlenetwerk. In 2018 heeft ISSEP van volgende Waalse grondwaternetwerken 35 monsters aan het FANC ter beschikking gesteld:

- E013 – Kalksteen van Peruwelz-Ath-Soignies
- E032 – Krijt van de vallei van de Deule
- E033 – Alluvium en zand van de vallei van de Haine
- E034 – Zand van het Thanetiaan van Rumes-Brunehaut
- E060 – Kalksteen van het Tournesiaa
- E061 – Zanden van Vlaanderen
- E160 – Sokkel van Brabant
- M022 – Kalksteen en zandsteen van het bekken van de Samber
- M023 - Kalksteen en zandsteen van de Calestienne en de Famenne
- M041 – Zand en krijt van de Méhaigne
- M052 – Zanden van het Brusseliaan van Haine en Samber
- M073 – Alluvium en grind van de Maas (Engis - Herstal)
- M091 - Conglomeraat van het Rhetiaan (Boven Trias)
- M092 – Onder Lias (Sinemuriaan)
- M100 – Zandsteen en schist van het Ardeens massief: Lesse, Ourthe, Amblève
- M103 - Zandsteen en schist van het Ardeens massief: Semois, Chiers en Viroin
- M141 – Kalksteen en zandsteen van het bekken van de Gueule
- M142 - Kalksteen en zandsteen van het bekken van de Vesder
- M151 – Krijt van het land van Herve
- R092 – Zandsteen van Luxemburg (Sinemuriaan – Onder Lias)
- R101 - Zandsteen en schist van het Ardeens massief: bekken van de Moezel

Volgende tabel toont de gemiddelde waarden van de screeningsparameters (alfa totaal, bèta totaal, ^{40}K , radon) die werden gemeten in Belgische grondwaterlagen waarvoor minstens 3 onafhankelijke analyseresultaten ter beschikking zijn.

Waarden van de screeningsparameters in het Belgische grondwater⁴

Parameter	^{40}K	Beta-T	Alfa-T	Rn-222
<i>Screeningwaarde (Bq/L)</i>	-	1	0,1	100
Cambro-Siluur: Massief van Brabant	0,44 ± 0,28	<i>0,6 ± 0,5</i>	<u>0,27 ± 0,17</u>	68 ± 29
Kolenkalk van het Tournaisaan	0,38 ± 0,09	0,54 ± 0,12	<u>0,27 ± 0,14</u>	17 ± 9
Kolenkalk van het Bassin van Namen	0,06 ± 0,03	0,14 ± 0,04	<u>0,24 ± 0,15</u>	29 ± 30

⁴ Waarden in Bq/L. Iedere waarde is het gemiddelde ± standaardafwijking van minstens 3 analyses. De gemiddelden die hun screeningwaarde overschrijden zijn aangeduid in **vet onderlijnd**. De waarden waarvan het gemiddelde met de standaardafwijking hun screeningwaarde overschrijden zijn aangeduid in **vet italic**.

Waarden van de screeningsparameters in het Belgische grondwater (vervolg)

Parameter	⁴⁰ K	Beta-T	Alfa-T	Rn-222
Screeningwaarde (Bq/L)	-	1	0,1	100
Krijt van het Bassin van Bergen	0,14 ± 0,10	0,22 ± 0,14	0,13 ± 0,09	12 ± 4
Devoenkalk van Dinant	0,08 ± 0,06	0,11 ± 0,07	0,083 ± 0,023	11 ± 2
Landeniaan	0,23 ± 0,17	0,18 ± 0,10	0,06 ± 0,04	23 ± 9
Krijt	0,26 ± 0,06	0,25 ± 0,15	0,06 ± 0,04	
Kolenkalk van Dinant	0,057 ± 0,020	0,090 ± 0,009	0,06 ± 0,01	19 ± 15
Virtoniaan	0,032 ± 0,016	0,078 ± 0,017	0,053 ± 0,023	13 ± 3
Brusseliaan	0,044 ± 0,013	0,12 ± 0,09	0,0447 ± 0,027	
Ardeens Massief	0,03 ± 0,04	0,06 ± 0,04	0,029 ± 0,015	128 ± 101

Voor vier aquifers, overschrijdt het gemiddelde van de alfa-totaal-waarde het screeningsniveau van 0,1 Bq/L voorzien in de Kaderrichtlijn 2013/51/EURATOM. Voor drie anderen overschrijdt de som van het gemiddelde en de standaardafwijking deze waarde. We noteren ook de overschrijding van de screeningwaarde voor radon (100 Bq/L) in de aquifer van het Ardeens Massief.

Voor sommige aquifers beschikt het FANC over verschillende analyseresultaten van de volledige natuurlijke radiologische vector. Deze aquifers en de gemeten waarden worden weergegeven in de tabel hieronder.

Metingen van radioactiviteit in het Belgische grondwater - volledige natuurlijke vector

Parametere	Screeningwaarde (Bq/L)	Kolenkalk van het Tournaisiaan	Cambro-Siluur: Massief van Brabant	Ardeens Massief
		N=2	N=3	N=2
²²² Rn	100	17 ± 9	68 ± 29	128 ± 101
²³⁸ U	2,8	< 0,003	0,011 ± 0,005	< 0,002
²³⁴ U	3	0,010 ± 0,007	0,019 ± 0,016	< 0,003
²²⁶ Ra	0,5	0,31 ± 0,04	0,059 ± 0,009	< 0,021
²²⁸ Ra	0,2	0,07 ± 0,05	0,101 ± 0,015	< 0,028
²¹⁰ Po	0,1	< 0,02	0,004 ± 0,004	0,03 ± 0,03
²¹⁰ Pb	0,2	0,015 ± 0,007	0,045 ± 0,003	0,0333 ± 0,0016
Indicatieve dosis⁵	0,1 mSv/an	0,104 ± 0,026	0,090 ± 0,009	0,05 ± 0,03

⁵ De indicatieve dosis wordt berekend door voor elk radionuclide de gemeten activiteitconcentratie te delen door de screeningwaarde (2013/51/EURATOM), en vervolgens de som te nemen van deze ratios. Een som van 1 komt overeen met een jaarlijkse dosis van 0,1 mSv/jaar.

Deze samenvatting bevat, ondanks dat ze gebaseerd is op slechts een beperkt aantal analyses, enkele belangrijke elementen:

- Het water afkomstig van de Kolenkalk-aquifer van het Tournaisiaan vertoont van de vier onderzochte lagen de hoogste waarden in natuurlijke radioactiviteit. De indicatieve dosis, zoals gedefinieerd in 2013/51/EURATOM, overschrijdt de 0,1 mSv/jaar. De grootste bijdrage tot deze dosis komt van de aanwezigheid van ^{226}Ra en ^{228}Ra . Deze vaststelling is van groot belang, gezien de aquifer een van de belangrijkste bronnen van distributiewater in Wallonië vormt. Daarbij moet evenwel worden vermeld dat het gaat om onbehandeld grondwater, en dat het grootste deel van de radioactieve elementen uit het water worden verwijderd bij behandeling zoals filtratie of ionenwisseling.
- De sokkel van het Massief van Brabant vertoont verhoogde niveaus ^{228}Ra , alsook een ^{222}Rn -concentratie die dicht tegen de screeningwaarde van 100 Bq/L aanligt. Daarnaast dragen de vervalproducten van radon, zoals ^{210}Pb , bij aan een relatief hoge indicatieve dosis.
- Het Ardeens Massief is goed gekend voor zijn radifere eigenschappen, wat zich vertaalt naar water rijk aan radon, ^{210}Pb en ^{210}Po . Daarbij moeten we hier tegelijkertijd de opvallende afwezigheid van uranium en radium vermelden.

Het uiteindelijke doel van deze oefening, naast haar evidente wetenschappelijke waarde, is het bepalen van referentiewaarden die kunnen dienen als ijkpunt voor elke aquifer of geografisch deel van een aquifer. Deze waarden laten vervolgens beter toe om radiologische anomalieën van menselijke activiteit op te sporen en de risicozones af te bakenen in het kader van de controle van water bestemd voor consumptie (zie 7.1.1).

De komende jaren zal de tabel vervolledigd worden met historische gegevens voor alle andere Belgische aquifers, wat voorlopige gemiddelde waarden zal opleveren. Deze houden geen rekening met de geografische variaties die kunnen optreden binnen éénzelfde aquifer. In een tweede fase zal een geografische analyse worden uitgevoerd, die op termijn een cartografie van de radioactiviteit in het Belgische grondwater moet toelaten.

7.2 RADIOACTIVITEIT VAN MELK

Melk is niet alleen een voedingsproduct dat in grote hoeveelheden wordt geconsumeerd door zuigelingen, maar het is ook een belangrijke biologische indicator van de overdracht van radionucliden op de mens via de voedselketen. Daarom wordt deze met bijzondere aandacht gecontroleerd. Een regelmatige controle van de radioactiviteit van de melk van melkerijen is te verkiezen boven een – vaak willekeuriger – steekproef van geconsumeerde voedingsmiddelen. Deze meting weerspiegelt inderdaad vrij goed de gemiddelde totale ingestie van kunstmatige radionucliden door de bevolking.



De melkerijen, verspreid over het grondgebied, verzamelen de melk van koeien die een rol spelen van “integrator” van de op geconsumeerde planten neergeslagen of vastgehechte radioactiviteit. De contaminatie van de melk geeft ook een tamelijk correct een snel beeld van de radioactieve contaminatietoestand van een grondgebied.

De waarneming van ^{137}Cs in een gewogen mengsel van melk kan doorgaans volstaan om de collectieve dosis door de voeding te berekenen. Toch wordt ook melk van boerderijen en melkerijen verzameld. De melkerijen die worden geselecteerd voor de staalnamen bevinden zich in een kleine straal (20 km) rond de kerncentrales en worden gekozen op basis van de omvang van hun productie. Ze vertegenwoordigen nagenoeg de volledige melkproductie van

de streek. De boerderijen van hun kant bevinden zich op de lijn van de dominante windrichtingen nabij de nucleaire sites.

Elke maand wordt een nationaal mengsel samengesteld op basis van de belangrijkste Belgische melkerijen. Dit mengsel wordt gewogen op basis van het relatieve belang van elk van deze melkerijen.

De radionucliden waarnaar voornamelijk wordt gezocht in de melkstalen, zijn: ^{40}K voor de natuurlijke radioactiviteit en ^{90}Sr , $^{134,137}\text{Cs}$ en ^{131}I wat de kunstmatige radioactiviteit betreft (bèta- en gammastralers).

Meer gedetailleerd:

- De resultaten met betrekking tot de natuurlijke radioactiviteit van de melk tonen aan dat het gehalte van een liter melk constant blijft op ongeveer 44-50 Bq. De overige kunstmatige radionucliden zijn niet waarneembaar;
- De melkdistributie in België voldoet volkomen aan de limieten die zijn vastgesteld door de Europese Commissie: maximaal 370 Bq/kg voor ^{134}Cs en ^{137}Cs in melk en van melk afgeleide producten (Gemeenschapsreglementering inzake Stralingsbescherming nr. 737/90 van 22 maart 1990, verlengd door de besluiten nr. 686/95 van 28 maart 1995 en nr. 616/2000 van 20 maart 2000).

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Metingen van de radioactiviteit in melk naar gelang de regio						
	Nationaal grondgebied	Maas-Samberbekken		Nete-Scheldebekken		
	Nationaal mengsel	Regio Fleurus, Tihange	Regio Chooz	Regio Mol - Dessel	Regio Doel	
meting (Bq/L)						DL (Bq/L)
^{137}Cs	NM	NM	NM	NM	NM	0,2 tot 0,7
^{131}I	NM	NM	NM	NM	NM	0,3 tot 1,8
^{90}Sr	NM	NM	NM	NM	NM	0,05 tot 0,09
^{40}K	46 tot 50	39 tot 50	42 tot 49	45 tot 51	44 tot 48	

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Samengevat:

- De kunstmatige radioactiviteit is niet meetbaar voor $^{134,137}\text{Cs}$ en ^{131}I , en nauwelijks detecteerbaar voor ^{90}Sr (residu van de «fall-out» of «neerslag» van atmosferische nucleaire proeven, metingen in de buurt van de detectielimieten);
- De nucleaire installaties hebben geen enkele impact op de radiologische kwaliteit van de melk;
- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K) is veruit overheersend.

7.3 RADIOACTIVITEIT VAN VOEDINGSMIDDELEN

Over heel het nationaal grondgebied worden staalnamen verricht van verschillende voedingsmiddelen. Dit gebeurt bij de klein- en groothandel, op markten, in slachthuizen, op vismarkten, enz.



Het rapport bevat de gegevens die verkregen zijn in het kader van het toezicht op het grondgebied (480 monsters die instaan voor bijna 3050 radioactiviteits-metingen) plus diegene die geleverd werden door het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen - FAVV (194 monsters), wat resulteert in 605 extra radioactiviteitsmetingen. Er werden ook 674 monsters van levensmiddelen gecontroleerd (non-alcoholische dranken, thee, voedingsadditieven waarvan dierlijke eiwitten niet inbegrepen) en hun gegevens geanalyseerd en geïnterpreteerd. Het FAVV richt zich voornamelijk op punten aan de grens voor de invoer uit niet-Europese landen, douane agentschappen, slachthuizen, boerderijen, pakhuizen, fabrikanten en groothandelaren... Al deze checkpoints zijn toegankelijk voor het Agentschap in het kader van haar missie.

Hiervoor worden veel gebruikte groenten verzameld: sla, prei, selderij, bloemkool, spruitjes, witte kool, rode kool, broccoli, bonen, wortelen, witloof, asperges, tomaten, komkommer, paprika, schorseneren, raap, aubergines, courgettes, spinazie, bieten, venkel, pompoenen, uien, koolraap, aardappelen, champignons, wilde paddenstoelen enz.

De meest courant gebruikte fruitsoorten worden eveneens verzameld: peren, appels, nectarines, kiwi's, pruimen, mango's, meloenen, appelsienen, bananen, bessen, aardbeien, bramen, druiven, enz.

Ook vlees afkomstig van markten en slachthuizen wordt geanalyseerd: runds-, kalfs-, paarden-, varkens-, schapen- en geitenvlees, konijn, lam, gevogelte (waaronder kip, kalkoen, fazanten, eenden, ganzen, struisvogels, enz.), herten en wilde zwijnen (in het seizoen). Ook slakken en kikkerbillen worden gecontroleerd. Binnen eenzelfde dier houden de organen radionucliden op een verschillende manier vast. Deze verschillen houden verband met de metabolische wegen die de radionucliden gebruiken om in het organisme binnen te dringen en er zich eventueel in vast te zetten. Cesium bijvoorbeeld, zet zich voornamelijk vast in de spieren (en op langere termijn in de botten), strontium gedraagt zich zoals calcium en zet zich vast in de beenderstructuren. Ook de fysiologische concentratiefactoren, die verschillen in vet- en watergehalte van de organen, kunnen een invloed hebben op de concentratiemechanismen van de radionucliden. Het eetbare gedeelte bestaat in het algemeen echter uit spieren. Het volstaat dan ook aandacht te schenken aan het gehalte aan radioactief cesium in de spieren (vlees) om een algemeen idee te hebben van de hoeveelheid radioactiviteit die naar de mens kan worden overgedragen via deze weg.

Ook vissen afkomstig van vismarkten en vishandels worden onderzocht: zoetwatervissen (tilapias, meervallen, enz.), open water zeevissen (tonijn, zwaardvis, zeebrasem, zeebaars, zeewolf, kabeljauw, haring, wijting, rog, zeeforel, poon, roodbaars, pollak, zalm, enz.) en bodemvissen (schol, tong, enz.).

Meer gedetailleerd:

- De analysegegevens wijzen op de goede radiologische toestand van de voor consumptie bestemde voedingsmiddelen. De stalen vertonen namelijk vrijwel geen waarneembare kunstmatige radioactiviteit (het merendeel van de onderzochte stalen vertoont een niet-meetbaar radioactiviteitsniveau, aangezien dit lager is dan of gelijk aan de detectielimieten van de meetapparatuur);
- De verkregen resultaten bevestigen ruimschoots de positieve vaststelling van de vorige jaren: de voedingsmiddelen die in België in de handel zijn en de nationale productie ervan zijn van een uitstekend radiologisch niveau, er valt geen enkel probleem te melden. Bovendien beantwoorden deze voedingsmiddelen volkomen aan de limieten die zijn vastgesteld door de Europese Commissie: maximumconcentratie van 600 Bq/kg voor ^{134}Cs en ^{137}Cs (Gemeenschapsreglementering inzake Stralingsbescherming nr. 737/90 van 22 maart 1990, verlengd door de besluiten nr. 686/95 van 28 maart 1995 en nr. 616/2000 van 20 maart 2000).

De onderstaande tabellen geven een overzicht van de verkregen resultaten.

Metingen van de radioactiviteit in voedingsmiddelen van Belgisch grondgebied (Bq/kg droog)

	Groenten, fruit & granen		Zeevissen	
	meting	DL	meting	DL
^{137}Cs	NM	0,2 tot 1,1	NM tot sporen	0,2 tot 5,0
^{226}Ra	NM groenten	0,6 tot 2,0	NM	0,6 tot 1,8
	NM fruit	~ 0,4		
^{40}K	23 tot 800		42 tot 410	
	groenten			
	31 tot 79 fruit			

Metingen van de radioactiviteit in voedingsmiddelen van Belgisch grondgebied (Bq/kg droog)

	Week- en schaaldieren (zee)		Vlees (rund, kalf, paard, varken, schaap, konijn, gevogelte, wild [ree, hert, wild zwijn])	
	meting	LD	meting	LD
^{137}Cs	NM	~ 1,0	NM sporen	0,3 tot 0,8 ~ 5
^{226}Ra	NM	2,0 tot 2,5	NM	0,6 tot 1,6
^{40}K	180 tot 240	~ 45	92 tot 420	~ 45

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Metingen op ^{90}Sr uitgevoerd op mengsels van vlees tonen nooit een detectie (de detectielimieten schommelen tussen 0,2 en 0,5 Bq/kg). Zelfde observatie voor schelpdieren (de detectielimieten fluctueren rond 3,5 Bq/kg naargelang de geanalyseerde monsters).

Samengevat:

De in België gebruikelijke voedingsmiddelen behoeven geen bijzonder commentaar wat betreft de radiologische toestand ervan. Deze controle is niettemin noodzakelijk omdat men hiermee over een goed detectie-instrument beschikt voor nucleaire incidenten of ongevallen, waarbij de onderzochte producten vaak als indicatoren van radioactieve verontreiniging fungeren;

7.4 RADIOACTIVITEIT VAN DE PROEFMAALTIJDEN

Elke maand worden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, in Vlaanderen en Wallonië in lokale restaurants, supermarkten of bedrijfsrestaurants "proefmaaltijden" genomen (EC-verplichting volgens art. 35/36 van het EURATOM-verdrag – installatie van een dicht en verspreid netwerk) die radiologisch worden onderzocht.



De volgende tabel geeft de resultaten van deze controles.

Metingen van de radioactiviteit in proefmaaltijden (Bq/maaltijd)

	Brussel (Drogenbos-Carrefour)		Wallonië (Fleurus-lokale restaurants)		Vlaanderen (Mol-kantine SCK•CEN/VITO)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
$^{134,137}\text{Cs}$	NM	~ 0,20	NM	~ 0,52	NM	~ 0,20
^{90}Sr	NM	~ 0,28	NM	~ 0,20	NM	~ 0,40
^{40}K	27 tot 53		25 tot 82		20 tot 54	
^{14}C	0,19 tot 0,24*	< 0,04*	NM*	< 0,12*	0,19 tot 0,20*	< 0,04*

NM: *niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)*

* *uitgedrukt in Bq ^{14}C / g stabiele C)*

Samengevat:

De verkregen resultaten bevestigen de vaststelling die werd gedaan op basis van de analyse van de radioactiviteit van de voedingsmiddelen: er is geen radiologisch probleem voor de Belgische consumenten.

8. OPVOLGING VAN DE UITSTOOT VAN NUCLEAIRE SITES EN NORM INDUSTRIE

De effluenten van de verwerkingsinstallaties voor vloeibaar afval worden gecontroleerd in het kader van het programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied. Deze controles worden verricht op staalnamen uitgevoerd door de exploitant en/of door het instituut dat door het Agentschap is belast met de meting van de radioactiviteit.

De exploitanten van de kerncentrales bezorgen eveneens aangiften in verband met de atmosferische uitstoot via de schoorstenen. Deze uitstoot wordt niet rechtstreeks gecontroleerd via het programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied, maar wel door het FANC in het kader van zijn controles van de sites (controles van de goede werking van de installaties en van de naleving van de exploitatievergunningen). Een informatiedossier⁶ dat specifiek de radioactieve lozingen van nucleaire klasse I installaties behandelt, wordt ook gepubliceerd door het FANC. De informatie heeft betrekking op de lozingsdeclaraties van de exploitanten van nucleaire installatie.

De gecontroleerde sites zijn:

- Nucleaire energiecentrales (Doel en Tihange);
- Sites van Mol-Dessel (Belgoprocess 2 – voormalige verwerkingsinstallatie voor het vloeibaar afval van het SCK•CEN, Belgoprocess, Belgonucleaire en FBFC International);
- Site van het IRE: loost geen vloeibaar radioactief afval in het milieu maar kan op een gecontroleerde manier - in overeenstemming met haar exploitatievergunning – edelgassen en jodia gasvormig uitstoten.;
- NORM-industrie site van Tessenderlo (productie-eenheid voor voedingsfosfaten) die ²²⁶Ra loosde in de Grote Laak en de Winterbeek. De opvolging van deze lozingen is geïntegreerd in het radiologisch toezichtsprogramma. Bovendien worden andere NORM- of historisch gecontamineerde sites ook opgevolgd via het radiologisch toezichtsprogramma of onder de verantwoordelijkheid van de exploitant.

Globaal wijst de analyse van de vloeibare lozingen van de nucleaire sites uit dat deze ver onder de limieten blijven die voor hen zijn vastgelegd.

De vloeibare lozingen in de Molse Nete zijn minder verwaarloosbaar en maakt controle van dit ecosysteem noodzakelijk. De aanwezigheid van chemische industrie in Tessenderlo en zijn vroegere uitstoot van ²²⁶Ra versterkt nog de plicht om de radio-ecologische toestand van deze regio op te volgen. Deze opvolging is eveneens nodig voor andere sites met een historische NORM vervuiling.

⁶ <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2019-06-21-lozingen-2018-fanc.pdf>

8.1 VLOEIBARE LOZINGEN VAN DE NUCLEAIRE SITES

De volgende sites lozen vloeibaar afval in de rivieren:

- Nucleaire kernenergiecentrales (kerncentrale van Doel in de Schelde en die van Tihange in de Maas);
- Sites van Mol-Dessel (Belgoprocess 2 - voormalige verwerkingsinstallatie voor het vloeibaar afval van het SCK•CEN, Belgoprocess, Belgonucleaire en FBFC International - in de Molse Nete).

8.1.1 Kerncentrales

Voor de *site van Tihange*, drie reactoren met een totale capaciteit van 3016 MWe, zijn de limieten voor de vloeibare lozingen vastgesteld op $1,48 \cdot 10^5$ GBq voor ^3H en op $8,88 \cdot 10^5$ MBq voor bèta- en gammastralers; voor de *site van Doel*, vier reactoren met een totale capaciteit van 2911 MWe, zijn ze vastgesteld op $1,04 \cdot 10^5$ GBq voor ^3H en op $1,50 \cdot 10^6$ MBq voor bèta- en gammastralers; zie de informatiedossiers over de lozingen van radioactieve afvalstoffen afkomstig van nucleaire installaties van klasse I).

Meer gedetailleerd:

- Voor de centrale van Tihange: de primaire afvalwaters zijn het meest radioactief.

De volgende tabel geeft een overzicht van alle beschikbare resultaten.

Metingen van de radioactiviteit van de vloeibare lozingen van de kerncentrale van Tihange van verschillende lozingscircuits uitgedrukt in Bq/liter (DL : detectielimiet)

	Behandeling van primair afvalwater (afvoerkanaal)		Aflaten van de stoomgeneratoren	
	Meting	DL	Meting	DL
^{137}Cs	NM tot 25,0	2,4 tot 2,9	NM tot 18,1	~ 1,5
^{134}Cs	NM	~ 2,3	NM	~ 1,6
^{60}Co	NM tot 182	~ 1	NM (548 in augustus)	~ 1,5
^{58}Co	NM tot 74	~ 2	NM (41 in augustus)	~ 2,1
^{54}Mn	NM tot 9	1,2 tot 1,5	NM (11 in augustus)	~ 1,5
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	NM tot 91	~ 2	NM (70 in augustus)	~ 1,8
^{51}Cr	NM	28 tot 60	NM	~ 47
$^{124}, ^{125}\text{Sb}$	NM tot 42	3 tot 5	NM (30 in augustus)	2,7 tot 3,9
^3H	4,4 10^2 tot 4,8 10^6		89 tot 1600	

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Deze afvalwaters worden niet als zodanig geloosd, ze worden verdund met “koud” afvalwater afkomstig van technische zones en lokalen, alsmede met het gerecupereerd condenswater van de koeltorens.

Samengevat: gezien deze resultaten is er geen enkel radiologisch probleem te melden.

- Voor de centrale van Doel: de primaire afvalwaters zijn het meest radioactief.

De volgende tabel geeft een overzicht van alle beschikbare resultaten

Metingen van de radioactiviteit van de vloeibare lozingen van de kerncentrale van Doel van het afvalwaterbehandelingsgebouw (WAB) uitgedrukt in Bq/liter (DL : detectielimiet)

	Behandeling van afvalwater van de gecontroleerde zones		Behandeling van secundair afvalwater van de gecontroleerde zones	
	Meting	DL	Meting	DL
¹³⁷ Cs	NM tot 5,8	~ 1,5	NM	~ 1,1
¹³⁴ Cs	NM	~ 1,4	NM	~ 1,1
⁶⁰ Co	NM tot 16	~ 1,5	NM	~ 1,1
⁵⁸ Co	NM tot 20	~ 2,1	NM	~ 1,4
⁵⁴ Mn	NM	~ 1,3	NM	~ 1,1
^{110m} Ag	NM tot 7,2	~ 1,6	NM	~ 1,1
⁵¹ Cr	NM	~ 20	NM	~ 16
^{124, 125} Sb	NM tot 25	1,7 tot 3,7	NM tot 11,2	1,3 tot 3,0
³ H	0,7 10 ⁵ tot 7,2 10 ⁵		16 tot 61	

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Deze afvalwaters worden niet als zodanig geloosd, ze worden verdund met “koud” afvalwater afkomstig van technische zones en lokalen, alsmede met het gerecupereerd condenswater van de koeltorens.

Samengevat: gezien deze resultaten is er geen enkel radiologisch probleem te melden.

8.1.2 Andere nucleaire sites

Site van Mol-Dessel:

De vloeibare lozingen van de nucleaire site van Mol-Dessel gebeurt in de Molse Nete via de installaties van Belgoprocess 2.

De lozingen door de site in de Molse Nete blijven ruimschoots onder de vastgestelde limiet, al zijn ze waarneembaar zoals blijkt uit de radioactiviteitsmetingen die zijn uitgevoerd in de rivier (water, sedimenten, fauna en flora). Deze controles aan de bron en in de omgeving dienen te worden gehandhaafd.

Meer gedetailleerd:

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Radioactiviteitsmetingen van de vloeibare lozingen van de nucleaire sites Mol-Dessel, bemonsterd in de afvoerpijp net voor de lozing, uitgedrukt in Bq/liter

	Metingen	DL
^{137}Cs	NM tot 10	1,3 tot 1,5
^{134}Cs	NM	~ 1,3
^{60}Co	NM	1,2 tot 1,3
^{58}Co	NM	1,4 tot 1,8
^{54}Mn	NM	1,2 tot 1,3
^{99}Tc	0,1 tot 1,5	~ 0,1
β totaal	0,2 tot 15,4	~ 2,0
^{90}Sr	0,5 tot 4,3	~ 1,0
α totaal	NM tot 19,8	~ 0,04
^{241}Am	0,1 tot 18,5	~ 0,08
$^{239}, ^{240}\text{Pu}$	0,025 tot 2,37	0,003 tot 0,009
$^{234}, ^{238}\text{U}$	NM tot 1,2	0,0011 tot 0,0018
^3H	$2,2 \cdot 10^3$ tot $1,1 \cdot 10^5$	

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Samengevat: gezien deze resultaten is er geen enkel radiologisch probleem te melden.

Site van FBFC International:

De vloeibare lozingen van **FBFC International**, fabriek voor nucleaire brandstof en MOX-assemblage, wordt naar een bezinkput geleid die zich op de site bevindt. Deze lozingen bereiken de Molse Nete niet. Toch worden de lozingen maandelijks gecontroleerd. De productie van UO_2 pellets is gestopt sinds begin 2012. De assemblage van MOX splijtstofelementen (gemengde oxiden van Pu en U) werd voortgezet met een stopzetting in 2015. Daarnaast is in 2011 de ontmanteling van een deel van de faciliteiten gestart.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Meer gedetailleerd:

De stopzetting van de UO_2 pellet productie resulteert in een vermindering van de lozingen. Meetbare hoeveelheden alfastralers worden echter nog maandelijks geloosd: tot 0,16 Bq/L (we zien hier een daling in vergelijking met de jaren 2001-2002 en nog meer uitgesproken sinds 2011-2013). Merk op dat de detectielimieten 0,03 Bq/L of lager zijn, wat aangeeft dat deze uitstoot nauwelijks meetbaar is. De installatie mag niet meer dan 20 Bq/L in alfa totaal lozen (ARBIS).

Daarentegen heeft de ontmanteling van een deel van de faciliteiten geleid tot een lichte detectie van transurane lozingen (Pu).

Metingen van de radioactiviteit van de vloeibare lozingen van de nucleaire site van FBFC International van Mol-Dessel, uitgedrukt in Bq/L (DL: detectielimiet)

Radionuclide	meting	DL
γ	NM	1,0 tot 2,0
^{137}Cs	NM	~ 1,43
α totaal	NM tot 0,16	~ 0,028
β totaal	NM tot 0,64	~ 0,002
^{234}U	0,002 tot 0,104	~ 0,0016
$^{235,236}\text{U}$	NM tot 0,005	~ 0,0015
^{238}U	NM tot 0,052	~ 0,001
^{241}Am	NM tot 0,009	~ 0,008
^{238}Pu	NM tot 0,056	~ 0,002
$^{239+240}\text{Pu}$	NM tot 0,0035	~ 0,002

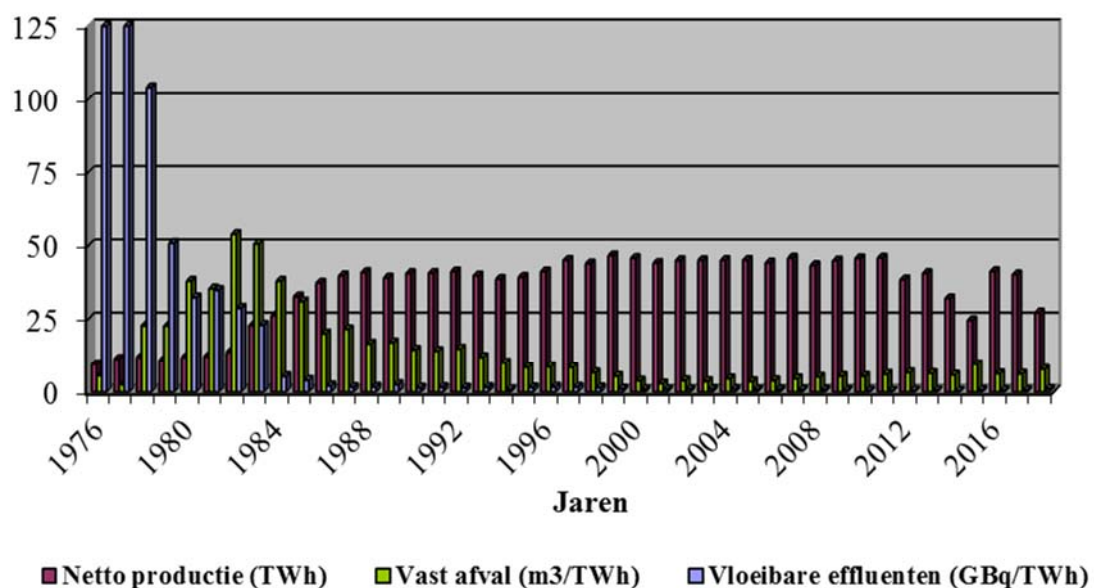
NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)

Samengevat: geen radiologische problemen te melden.

8.1.3 Gegevens van Electrabel in verband met de kerncentrales

Een ander interessant punt dat moet worden belicht, betreft de hoeveelheid vloeibaar en vast afval (opgehaald voor verwerking door de NIRAS - Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte splijtstoffen) die door de kerncentrales wordt geproduceerd (volgende grafiek).

Productie van de nucleaire sites in België (centrales van Doel en Tihange)



De totale elektriciteitsproductie bleef tot 2011 min of meer constant rond 45 TWh, verminderde tot ca. 40 TWh in 2012-2013, daalde vervolgens tot 32 TWh in 2014 en tot 24,6 TWh in 2015 wegens langdurige stilstand van enkele reactoren, steeg naar 41,3 TWh in 2016 en handhaaft zich op 40,2 TWh in 2017. De hoeveelheid radioactiviteit in de vloeibare effluënten is fors gedaald: van ongeveer 42 GBq in 2003 en 2004 is zij progressief gedaald naar bijna ~ 16-17 GBq in 2010 tot 2013 (of ~ 0,40 GBq/TWh), tot ~ 9 GBq in 2014 (of 0,28 GBq/TWh), tot 14 GBq in 2015 (of 0,57 GBq/TWh), tot ~ 19-20 GBq in 2016 en 2017 (of van 0,46 tot 0,50 GBq/TWh) en tot 26,3 GBq in 2018 (of 0,96 GBq/TWh).

Deze vaststelling wordt nog versterkt wanneer we ook gaan kijken naar het volume vaste afvalstoffen dat wordt voortgebracht per geproduceerde TWh en wordt opgehaald voor verwerking door het NIRAS : de huidige volumes blijven sinds 2012 tot 2014 laag en stabiel rondom 6 m³/TWh en verhoogden tot ongeveer 9,5 m³/TWh in 2015 om af te nemen tot 6,3 m³/TWh in 2016, tot 6,2 m³/TWh in 2017 en tot 7,8 m³/TWh in 2018.

Dit toont aan welke inspanningen de Belgische elektriciteitsproducenten hebben geleverd om enerzijds de doelstellingen inzake de optimalisatie van de industriële exploitatie op elkaar af te stemmen, met name op het gebied van de reductie van de voortgebrachte afvalvolumes en de bijbehorende kosten, en anderzijds de lozing van effluënten zoveel mogelijk te « beperken ». Deze elementen tonen duidelijk aan dat het B.A.T. principe – « Best Available Technology » of « Beste Beschikbare Technologie » - wordt toegepast op het gebied van vloeibare en vaste afvalstoffen.

8.2 NORM-INDUSTRIE EN HISTORISCH BESMETTE SITES

België kent nog een aantal NORM-industrieën in activiteit, vooral in de fosfaat- of titaandioxide sector. De afvalstoffen worden in sommige gevallen op mono-storten bewaard. Omwille van de belangrijke volumes (verschillende miljoenen m³) kan de radiologische impact van deze mono-storten op de omgeving betekenisvol zijn, waardoor het aangewezen is een monitoringsysteem hiervoor in stand te houden.

Hiernaast bestaan er in België een aantal gecontamineerde sites ten gevolge van industriële activiteiten in het verleden (men spreekt dan van « historisch vervuilde sites » of « *legacy sites* »). Behalve de sites gelinkt aan de NORM-industrie, zoals de oude storten van fosforgips, zijn er ook sites die gelinkt zijn aan de vroegere activiteiten van radium-extractie.

Sinds 2013 werden een aantal van deze sites geïntegreerd in het radiologisch toezichtsprogramma van het FANC. In sommige gevallen wordt de omgevingsmonitoring uitgevoerd door de exploitant van de site.

8.2.1 Sites gelinkt aan de fosfaatindustrie

8.2.1.1 Sites gelinkt aan de activiteiten van TESSENDERLO CHEMIE nv

TESSENDERLO CHEMIE nv produceerde dierenvoeders op basis van sedimentaire fosfaten afkomstig uit noord Afrika. De fosfaatafdeling heeft eind 2013 haar deuren gesloten en is in 2015 grotendeels ontmanteld. De ontsluiting van de fosfaatmineralen gebeurde aan de hand van zoutzuur. Hierdoor werden belangrijke hoeveelheden afval met als basis calciumfluoride geproduceerd. Deze werden in een mono-stort (slibbekken) opgeslagen.

a) Grote Laak en Winterbeek

Tot in de jaren 1990 werd er een belangrijk deel van het in de fosfaatmineralen aanwezige radium afgevoerd via het lozingswater. De radiumconcentraties in het lozingswater konden zo tot 20 à 25 Bq/L oplopen. Teneinde deze concentraties te verlagen werd het systeem van co-precipitatie met barium geïntroduceerd, wat leidde tot een aanzienlijke daling van de radiumconcentraties in het lozingswater.

Vanaf het jaar 2000 werden de lozingen van *TESSENDERLO CHEMIE* rechtstreeks gemeten in het lozingskanaal dat uitmondt in de Winterbeek. De stopzetting van de fosfaatproductie eind 2013 en de ontmanteling van de installaties heeft de bron van de radiumlozingen verwijderd; controlemetingen hebben bevestigd dat de concentraties aan Ra-226 in de lozingen verwaarloosbaar waren gevonden.

Deze natuurlijke radioactiviteit kwam dus door kunstmatige lozingen eerst terecht in het Nete bekken via de Grote laak en later ook via de Winterbeek in het Demer bekken.

Dat heeft geleid tot een contaminatie van de Laak en de Winterbeek en hun zijrivieren. Het ruimen van de beken en de afzetting van de baggerspecie op de oevers hebben geleid tot een vervuiling van de oevers. Radiumconcentraties in de orde van meerdere Bq/g werden vastgesteld. De sanering van de Winterbeek (rivierbedding, oevers en overstromingsgebieden) is in 2017 gestart en wordt opgevolgd door een werkgroep waarvan het FANC ook deel uitmaakt. In het kader van het radiologisch toezicht werden controlemetingen uitgevoerd op het saneringsmateriaal. Deze tonen een gemiddelde concentratie aan Ra-226 van 1.3 Bq/g met een maximum van 12.6 Bq/g.

b) De stortplaatsen

Het slibbekken « Veldhoven » waarop *TESSENDERLO CHEMIE nv* haar vaste residuen stort maakt ook deel uit van een radiologische opvolging. Sommige afvalstromen van de ontmantelingsactiviteiten werden ook op Veldhoven gestort – de voorwaarden daarvan werden in een door het FANC verleende vergunning vastgelegd. De radonconcentratie in de buitenlucht op en rond de stortplaats wordt opgevolgd. De onderstaande tabel bevat de radonconcentraties gemeten sinds 2013. De zones S1 en S2 zijn de oudste zones van het slibbekken. De tabel bevat ook de radonconcentratie (in Bq/m³) op een oud slibbekken die zich binnen de omheining van het bedrijfsterrein bevindt.

	Op en nabij de zones S1 en S2	S3	Omheen de stortplaats	Oude stortplaats op de bedrijfsterreinen
2013	45	20	10	43
2014	45	35	15	58
2015	40	25	15	37
2016	35	25	15	32
2017	40	25	15	22
2018	50	25	15	17

De stofafzettingen van stof rond deze stortplaats worden opgevolgd door *TESSENDERLO CHEMIE*. In 2018 heeft het FANC de uraniumconcentraties in deze stofafzettingen laten meten. Sommige resultaten tonen waarden boven het referentiestaal.

Naast het slibbekken Veldhoven dat nog (gedeeltelijk) in activiteit is, bezit TESSENDERLO CHEMIE ook andere stortplaatsen en waterbekkens die niet meer in exploitatie zijn.

Tessengerlo Chemie heeft ook op de oude stortplaats Kepkensberg een saneringsberging ingericht. Deze faciliteit huisvest de materialen die resulteren uit de sanering van de Winterbeek en, in de toekomst, de Grote Laak alsook de saneringsmaterialen van verschillende Tessenderlo Chemie sites. Er is eveneens radiologische monitoring opgelegd voor deze saneringsberging.

8.2.1.2 Sites gelinkt aan de activiteiten van PRAYON nv

Het bedrijf *PRAYON nv* produceert fosforzuur en meststoffen. Het gebruikt het procedé van oplossing met zwavelzuur waardoor er fosforgips residu's geproduceerd worden. De onderneming bezit momenteel twee productiesites in België: één in Puurs en één in Engis nabij Luik.

Momenteel gebeurt de productie op de site van Puurs rechtstreeks a.d.h.v. fosforzuur, waardoor er slechts marginale hoeveelheden fosforgips worden geproduceerd. De site van Engis gebruikt als grondstof fosfaatertsen hoofdzakelijk van magmatische oorsprong. Deze bevatten aanzienlijk minder natuurlijke radioactieve stoffen dan de sedimentaire fosfaatertsen.

PRAYON nv beschikt naast zijn productiesite te Engis over een mono-stortplaats in exploitatie te Engihoul - in Wallonië ook Centres d'Enfouissement Technique of CET van klasse 5.2⁷ - genoemd, waar de overblijvende hoeveelheid van fosforgips afkomstig van het productieproces gedeponeerd wordt.

In Engis is er ook een historische stortplaats van fosforgips aanwezig, de site van Hardémont, die momenteel niet meer in exploitatie is (cf. het radiologisch toezichtsrapport van 2010). De radon concentraties in de buitenlucht van de sites Engihoul en Hardémont worden opgevolgd, alsook het water rondom de Engihoul site. Slechts één Engihoul CET-piezometer had een "totale alfa" -waarde die hoger was dan de screeningswaarde voor drinkwater. Deze "totale alfa" -waarde kan verklaard worden door de aanwezigheid van een lage uraniumconcentratie (6 µg/L), die veel lager is dan de WHO-richtwaarde voor drinkwater (30 µg/L).

8.2.1.3 De site van de onderneming ex-Rhodia Chemie te Gent

De stortplaats van fosforgips gelegen in het grensgebied van de gemeenten Zelzate en Gent werd tussen 1925 en 2009 ontgonnen, eerst door de onderneming RHODIA en vervolgens door NILEFOS nv. Deze laatste is in 2009 failliet verklaard. De stortplaats beslaat ongeveer 65 ha en het totale volume fosforgips op het stort bedraagt ~18 miljoen ton.

De waarden van alfa- en bèta-totaal in het grondwater en in het percolaat van deze stortplaats worden trimestrieel opgevolgd. Voor het grondwater bedraagt de maximale alfa (en bèta) totaal waarde < 0,12 Bq/L (resp. 0,41 Bq/L). De waarden van de radioactiviteitsparameters in het percolaat zijn significant gedaald in 2018: de waarden van alfa en bèta totaal lopen beiden op tot respectievelijk <0,3 en 0,88 Bq/L. Deze verbetering toont de impact van de saneringsmaatregelen die de voorbije jaren werden uitgevoerd op de stortplaats.

Het FANC heeft samen met de betrokken stakeholders de problematiek van bodemverontreiniging buiten het stort, binnen de perimeter van de voormalige productiesite, verder opgevolgd.

⁷ CET klasse 5.2: mono-stort voor niet-gevaarlijk afval

8.2.2 Andere NORM sites

8.2.2.1 Rivier sedimenten in Vlaanderen en Wallonië

In 2018 zette het FANC zijn samenwerking met de VMM in Vlaanderen en de ISSEP in Wallonië voort om radioactiviteitsanalyses uit te voeren op de sedimenten van de verschillende waterlopen van het land. VMM en ISSEP beheersen in hun respectievelijke Gewesten een toezichtsnetwerk voor de waterbodems en hebben het FANC een sedimentmonster bezorgd voor de geselecteerde rivieren.

In Wallonië werden vijftientig stalen van sedimenten (waterbodem) afkomstig van volgende waterlopen geanalyseerd :

- De Vesder in Chaudfontaine ;
- De Ourthe in Hamoir ;
- De Grote Gete in Geldenaken
- De Hantes in Erquelinnes ;
- De Zenne in Tubeke ;
- De Maas in Hastière, Andenne en Wezet;
- De Schelde in Brunehaut, Celles, Antoing en Pecq ;
- De Haine in Hensies ;
- De Samber in Erquelinnes, Merbes-le-Château en Namen ;
- Het kanaal Blaton-Ath in Maffle ;
- Het oude kanaal Charleroi – Brussel in ‘s Gravenbrakel ;
- Het kanaal Charleroi-Brussel in Seneffe ;
- Het ‘Canal du Centre’ in Bergen.

De activiteitsconcentraties van natuurlijke isotopen uit de thoriumketen (Ra-228 en Th-228) liggen tussen 20 en 70 Bq/kg. Deze waarden zijn vergelijkbaar met de achtergrondwaarden in bodems in Wallonië.

Voor wat betreft de uraniumketen (U-238 en Ra-226) overschrijdt de activiteitsconcentratie van radium-226 in drie stalen de 100 Bq/kg: in het sediment (waterbodem) afkomstig van de (gekanaliseerde) Haine in Hensies en twee sedimentstalen afkomstig van de oppervlakte en van de diepte in het ‘Canal du Centre’ in Havré. Voor elk van deze drie stalen ligt de concentratie van Ra-226 beduidend hoger dan de concentratie U-238.

Deze anomalieën zouden te wijten kunnen zijn aan de nabijheid van de voormalige fosfaatontginningen van Saint-Symphorien voor wat betreft het ‘Canal du Centre’, en de nabijheid van de voormalige steenkoolontginning van Harchies voor de Haine in Hensies.

Voor wat betreft de kunstmatige isotopen werd enkel cesium-137 systematisch gemeten. De waarden voor Cs-137 gemeten in de Maas liggen bijna allemaal hoger dan 10 Bq/kg, hetgeen in lijn ligt met de metingen uitgevoerd in 2016 en 2017. Deze concentraties blijven echter onder de vrijgaveniveaus van het ARBIS (1000 Bq/kg) en van de Richtlijn 2013/59/euratom (100 Bq/kg). Sporen van Co-60 werden tevens gemeten in de Maas in Wezet.

Figuur 8.1 toont de meetwaarden uit de Maas van 2016 tot 2018 van de bovenloop tot de benedenloop. De staalnameprofielen zijn echter niet dezelfde voor alle stalen: de stalen SVN001, SVN002 en SVN011 zijn oppervlaktensedimenten (5 tot 10 cm diepte).

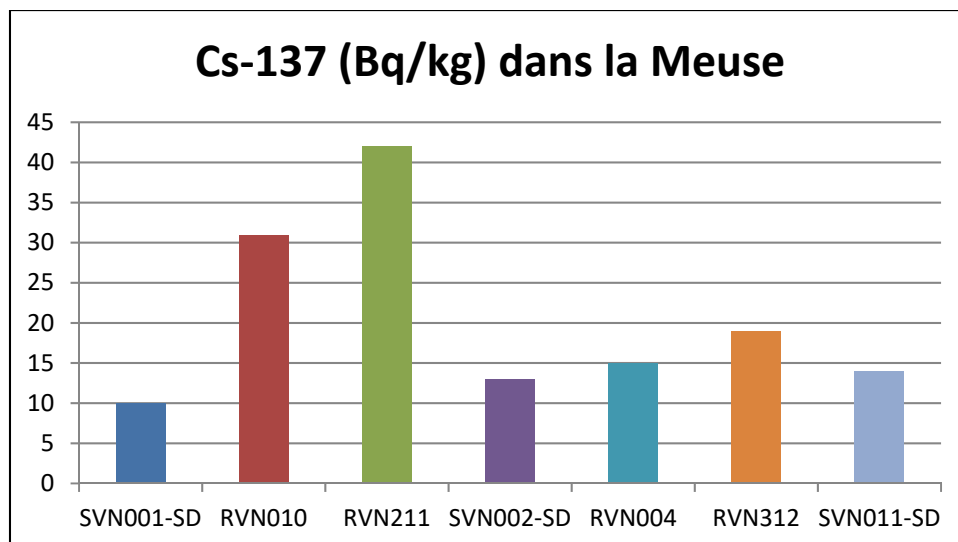
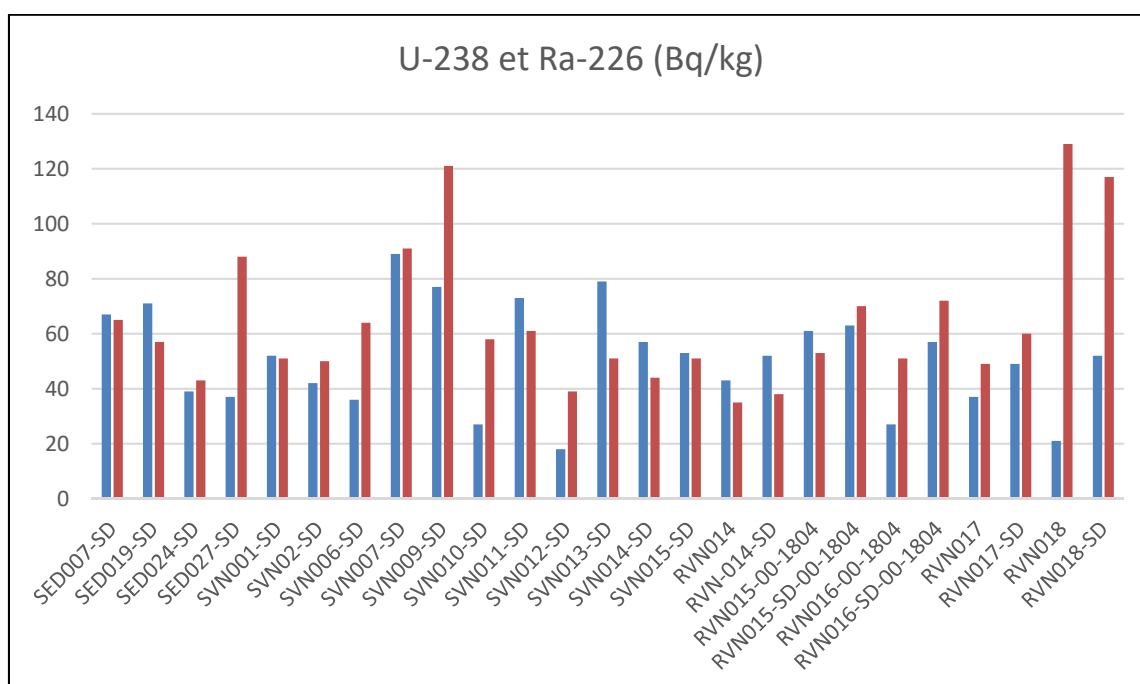


Fig. 8.1 : Activiteitsconcentraties van Cs-137 in de Maas van de bovenloop naar de benedenloop (SVN001 – Hastière, RVN010 – Dinant, RVN211- Namen, SVN-002 – Andenne, RVN004 – Hoei, RVN312 et SVN011 – Wezet). Het staalnameprofiel is niet hetzelfde voor alle stalen.

Als voorbeeld, worden op onderstaande figuren de concentraties aan radium-226, uranium-238 en cesium-137 vergeleken in alle onderzochte Waalse waterlopen in 2018.



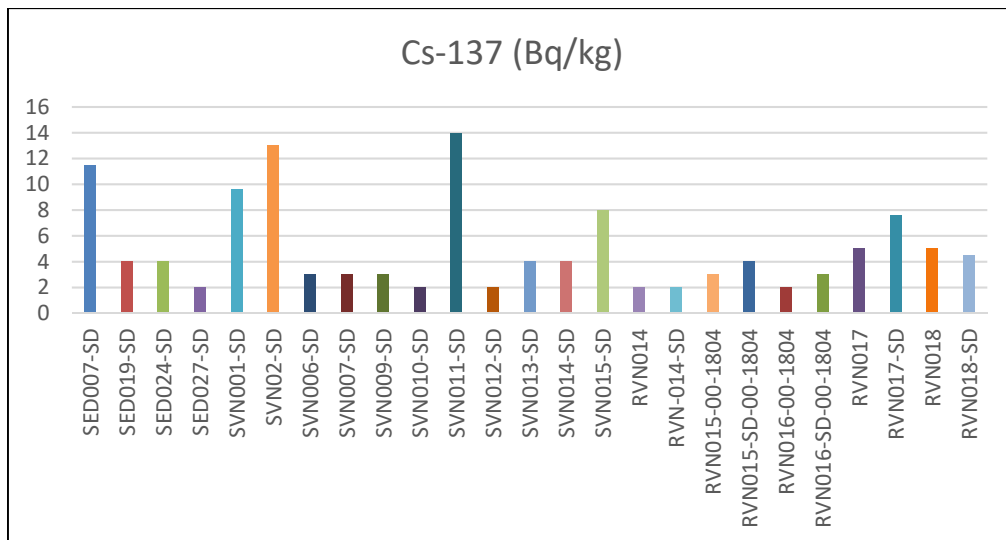


Fig. 8.2: Activiteitsconcentraties van uranium-238, radium-226 en cesium-137 in de sedimenten (waterbodem) van de Waalse waterlopen.

In Vlaanderen, werden 25 sedimentstalen van het VMM netwerk en 6 van de Haven van Antwerpen geanalyseerd.

De conclusies voor deze stalen zijn identiek aan deze in Wallonië, met evenwel iets lagere concentraties aan natuurlijke isotopen (15 a 48 Bq/kg), een gevolg van de lagere achtergrondwaarden in de Vlaamse bodems. De concentraties aan cesium-137 situeren zich tussen 0,4 en 4 Bq/kg

8.2.2.2 Brownfields⁸ in Wallonië

In het kader van de conventie⁹ tussen FANC en SPAQuE werden radioactiviteitsmetingen uitgevoerd op grondwater en bodem van enkele Waalse sites die behoren tot het monitoringsnetwerk van SPAQuE of momenteel door hen worden bestudeerd. De selectie van deze sites gebeurde aan de hand van de voormalige activiteit die er plaatsvond of de aard van het op deze sites gestorte materiaal.

Acht sites werden geselecteerd in 2018.

- De sites van 'Horloz' en 'Chimeuse-Est' te Luik;
- De site 'AMS Sud' te Marchienne-au-Pont;
- De steengroeve van 'Radar' te Flobecq;
- De stortplaats van 'Fond du Houtia' te Hanuit;
- De stortplaats 'SAFEA' te La Louvière;
- De site van 'La Rochette' te Chaudfontaine;
- De 'Produits Chimiques d'Auvélais' te Sambreville;
- De gieterij 'NAM' (Nouveaux Ateliers Mécaniques) te Morlanwelz;

⁸ Verlaten braakliggende industrieterreinen

⁹ Conventie van 26 maart 2009 betreffende de uitwisseling van gegevens tussen FANC and SPAQuE toegang tot het meetnetwerk van SPAQuE.

Alfa-totaal, bèta-residueel, uranium en radium-226 metingen werden systematisch uitgevoerd voor elk waterstaal. Verschillende locaties werden ook onderworpen aan dosisdebietmetingen - met name de site van 'La Rochette' in Chaudfontaine (Fig.8.3); stalen van bodem of opvulgrond werden verzameld en geanalyseerd met gammaspectrometrie wanneer het dosisdebiet het dubbele was van de lokale achtergrondwaarde.

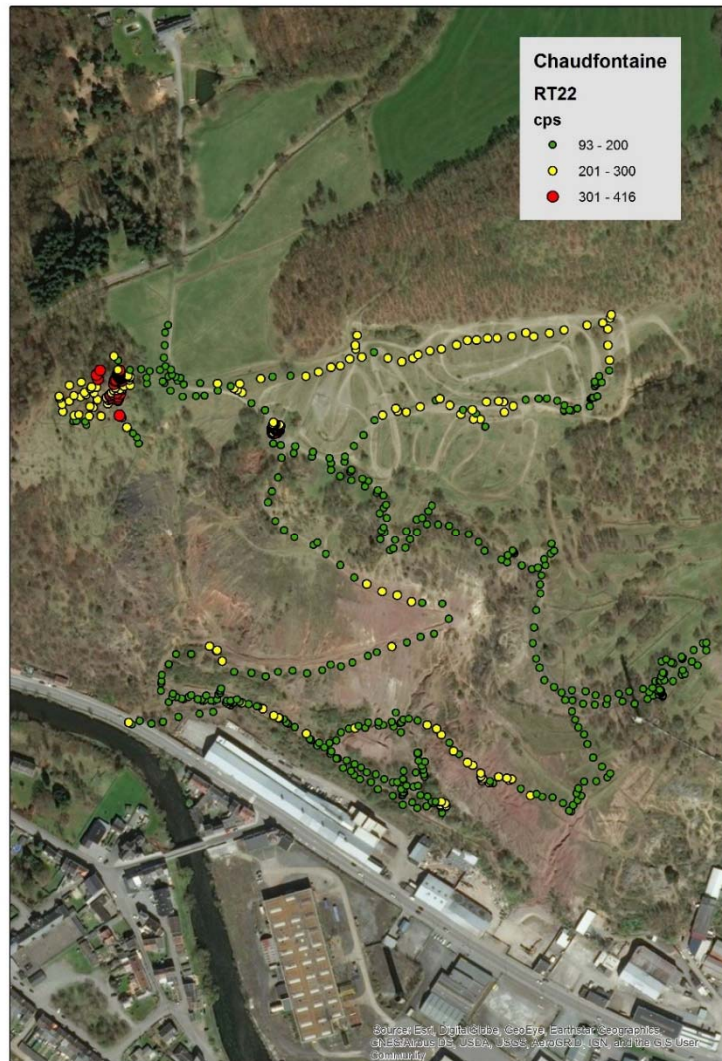


Fig. 8.3: dosisdebiet aan het oppervlak van de site van La Rochette. 'Groen', grootte-orde van de natuurlijke achtergrondwaarde; 'Geel', tussen 1 en 2 keer de achtergrondwaarde; 'Rood', $> 2 \times$ de achtergrondwaarde.

De conclusies van deze metingen zijn de volgende:

Voor het grondwater:

- Er werden geen referentiewaarden overschreden.
- De aanwezigheid van uranium (max. 15 µg/L) en radium-226 in de wateren van de stortplaats 'Fond du Houtia' is bevestigd en blijft stabiel in vergelijking met 2017. Deze concentraties blijven echter ruim onder de referentiewaarden voor drinkwater.
- Hetzelfde geldt voor de uraniumconcentratie in piëzometer P19 van de stortplaats 'Radar' (28 µg/L) - een stijging ten opzichte van 2016.
- De aanwezigheid van sporen van uranium in de piëzometers van de « stort » zone van de NAM-smeltoven werd eveneens bevestigd.
- Sporen van uranium zijn ook gedetecteerd in enkele piëzometers van de site 'Produits Chimiques d'Auvelais'.

Voor de bodem en opvulgrond :

- Concentraties in natuurlijke radioactieve stoffen die hoger zijn dan de vrijgavelimieten van het FANC werden waargenomen op de sites van 'AMS Sud' en 'La Rochette'. Het is aangewezen om het advies van het FANC te vragen bij een mogelijk sanerings- of herallocatieproject van deze twee sites. Deze twee sites komen in aanmerking om te worden opgenomen in de lijst van « antropogene » risicozones door het FANC gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad.

8.2.2.3 Metingen van grondwater en percolaat van deponieën in exploitatie

In Vlaanderen werd het percolaat en grondwater van de deponieën van OVMB in Gent en Vanheede Landfill Solutions in Rumbeke geanalyseerd. Deze twee stortingen zijn door het FANC erkend om NORM-reststoffen te aanvaarden. De resultaten vertonen geen abnormale waarden.

In Wallonië werden analyses uitgevoerd op het grondwater van de stortplaatsen van Cour-au-Bois en de oude stortplaatsen van Marbais in Villers-la-Ville en 'Bois de Hal' in Braine-le-Château. Alle gemeten waarden waren kleiner dan de referentiewaarden voor drinkwater.

8.2.2.4 Productie van titaniumdioxide: de site van Kronos Europe

KRONOS EUROPE in Gent produceert titaniumdioxide. Het productieproces is gebaseerd op het aanvallen van erts met zoutzuur. De reststoffen van de productie (voornamelijk filterkoeken) worden gestort op een locatie binnen de site van het bedrijf: zie het toezichtsrapport van 2012.

Het bedrijf is onderworpen aan de aangifteplicht zoals voorzien door artikel 9 van het ARBIS. Binnen dit kader heeft het FANC een aantal monitoringsmaatregelen opgelegd m.b.t. analyse van radioactiviteit in lozingswater (Ra-226 and Ra-228) en in het grondwater onder de actieve deponie.

De activiteitsconcentraties van Ra-226 en Ra-228 in het lozingswater worden trimestrieel opgevolgd. De waarden schommelen tussen 0,52 en 1,9 Bq/L (resp. 0,17 en 0,46 Bq/L) voor Ra-226 (resp. Ra-228). De maximale waarden blijven echter onder de lozingslimieten van het ARBIS.

Op één piezometer nabij de actieve deponie werden alfa- en bèta-totaal geanalyseerd. De resultaten zijn onder de detectieniveaus en onder de drinkwaterscreeningwaarden.

8.2.2.5 Varia

De metallurgische onderneming UMICORE NV in Olen is ook onderworpen aan de aangifteplicht zoals voorzien in artikel 9 van het ARBIS in het kader van zijn productieactiviteiten van kobalt en andere non-ferrometalen¹⁰. De opvolging van de radioactiviteit van het grondwater en percolaat van de actieve stortplaats ("De Rendelaer") werd door het FANC opgelegd. Het percolaat vertoont significante concentraties van uranium (tot 57 µg/L in 2018), waarschijnlijk historisch van aard. In één piëzometer werden ook sporen van uranium (5 µg/L) gevonden.

Samengevat kan er gesteld worden dat de **actuele** radiologische impact van de NORM-industrie die nog in activiteit is in België beperkt is. Desalniettemin rechtvaardigen de activiteitsconcentraties van de residu's in de mono-stortplaatsen van enkele exploitanten een radiologische opvolging van deze sites. In het bijzonder dient elke ingreep op de site onderwerp te zijn van een radiologische studie.

Daarnaast blijft het noodzakelijk de verschillende **historische** NORM sites op te volgen. Hoewel hun milieu-impact **momenteel** nog beperkt blijken te zijn, dient elke verandering in het gebruik van deze vervuilde terreinen gepaard te gaan met een risicoanalyse. Tevens zijn de radonexhalaties van fosforgips belangrijk en kan een eventuele reconversie van bestaande stortplaatsen met fosforgips die gepaard gaat met bebouwing (hetzij werkplaatsen, hetzij woningen) aanleiding geven aan een belangrijke verhoogde blootstelling indien geen voorzorgsmaatregelen getroffen worden tegen het insijpelen van radon bij de bouw. Deze sites worden door het FANC dan ook beschouwd als antropogene radon risicozones.

8.2.3 Andere historisch vervuilde sites : sites gelinkt aan de vroegere activiteiten van radiumextractie te Olen

Tussen 1922 en 1969 was de metallurgische fabriek van ex-Union Minière (nu UMICORE) te Olen (Provincie Antwerpen) actief in de extractie van radium en uranium en in de productie van radium-bronnen. Naast haar activiteiten van radiumextractie was het bedrijf ook actief in de productie van andere metalen, zoals ook kobalt. Een deel van de productieresidu's (tailings, radiumnaalden,...) alsook afval van de ontmanteling werd ondergebracht in de tijdelijke vergunde opslag, de zgn. UMTRAP installatie (*Uranium Mill Tailings Remedial Action Project*).

Tussen 2006 en 2008 werden de oevers van de Bankloop, die gecontamineerd waren als gevolg van de activiteiten van de onderneming, gesaneerd. Het materiaal afkomstig van deze sanering werden ondergebracht in een andere vergunde tussentijdse opslagplaats.

Besmet materiaal dat werd uitgegraven tijdens infrastructuurwerken binnen de site van het bedrijf werden opgeslagen in een derde vergunde opslaginstallatie ("LRA").

Deze drie vergunde installaties bevinden zich op een site van de onderneming en maken onderdeel uit van een radiologische opvolging, opgelegd door de veiligheidsautoriteit. De radonconcentraties in de buitenlucht alsook de radiumconcentraties in het oppervlakte- en grondwater worden rond beide installaties opgevolgd.

De onderstaande tabel toont de minimum en maximum waarde voor elke grootheid gemeten in 2017 rond de UMTRAP-, Bankloop en LRA -opslaginstallaties. De variaties zijn te wijten o.a. aan de posities van de meetpunten en aan atmosferische condities.

¹⁰ Onafhankelijk van zijn historische activiteiten in de productie van radium en uranium, besproken in 8.2.3

	UMTRAP			« Bankloop »			LRA		
	# meet-punten	Min	Max	# meet-punten	Min	Max	# meet-punten	Min	Max
Concentratie Rn-222 in buitenlucht (Bq/m ³)	3	52	146	6	17	123	3	32	100
Concentratie Ra-226, ondiep grondwater (mBq/L)	2	11,8	22,6	2	6,6	54,4	2	13	46
Concentratie Ra-226, grondwater (mBq/L)	4	5	14,7	4	<5	39	2	11,4	26,6
Concentratie Ra-226, percolaat (mBq/L)	NA	-	-	1	<5	5,9	NA	-	-

Hoewel de radiumconcentraties in het grondwater normaal zijn, wijst monitoring van grondwater rond deze installaties op een uraniumbesmetting in het water.

Naast het materiaal opgeslagen in deze drie vergunde installaties bevinden er zich op en rond de site van de onderneming nog verschillende terreinen waar een radiumcontaminatie niet verwaarloosbaar is en die in de toekomst nog moeten gesaneerd worden.

In het bijzonder zijn er bepaalde afvalstromen afkomstig van de productie en van de ontmanteling van de extractie-eenheid voor radium gestort op twee bepaalde stortplaatsen, D1 en S1.

De stortplaats D1 toont de hoogste waarden van contaminatie: de gemiddelde activiteitsconcentratie van Ra-226 voor het geheel van het gestorte volume (217.000 m³) bedraagt tussen de 5 en de 20 Bq/g, maar de maximale concentratie op sommige 'hot-spots' loopt op tot 1 kBq/g. Deze twee stortplaatsen zijn echter niet toegankelijk voor het publiek. De **actuele** radiologische impact is bijgevolg beperkt. Radioactiviteitsanalyses werden uitgevoerd in sommige piëzometers rond de D1-stortplaats en toonden geen anomalie.

Andere zones gecontamineerd met radium situeren zich buiten deze twee stortplaatsen, namelijk op de bedrijfsterreinen zelf maar ook in sommige straten in de omgeving.

Samenvattend kan gesteld worden dat de **actuele** radiologische impact van de gecontamineerde terreinen als gevolg van de radiumextractie geen dringende maatregelen vereist. De radiologische impact kan evenwel belangrijk worden indien de bestemming en gebruik van de betreffende terreinen verandert. Het niveau van de contaminatie maakt de voortzetting van de monitoring echter noodzakelijk.

9. NATUURLIJKE RADIOACTIVITEIT IN BOUWMATERIALEN

9.1 INLEIDING

De Europese Richtlijn 2013/59/Euratom (basisnormen voor stralingsbescherming, art. 75) bepaalt een referentieniveau van 1 mSv/j voor de externe blootstelling aan natuurlijke radioactiviteit van bouwmaterialen. Zij vraagt ook aan de lidstaten om een lijst op te stellen met potentieel ‘zorgwekkende’ bouwmaterialen vanuit het oogpunt van de stralingsbescherming, rekening houdend met een indicatieve lijst die is gepubliceerd in Annex XIII van de Richtlijn.. Deze bevat enerzijds natuurlijke bouwmaterialen zoals graniet, en anderzijds bouwmaterialen die bepaalde additieven uit de NORM industrie bevatten, zoals bijvoorbeeld vliegassen of slakken.

Teneinde de eventueel ‘zorgwekkende’ bouwmaterialen te identificeren voor de Belgische markt heeft het FANC controle van de natuurlijke radioactiviteit van bouwmaterialen in zijn radiologische monitoringprogramma opgenomen. 41 bouwproducten werden geanalyseerd in 2018. De meeste werden verzameld met de medewerking van de dienst "Specificaties in de bouw" van de FOD Economie.

9.2 UITGEVOERDE ANALYSES EN RESULTATEN

In overeenstemming met de vereisten van Richtlijn 2013/59/EURATOM werden de monsters met gammaspectrometrie geanalyseerd om de concentraties van aanwezige natuurlijke isotopen te bepalen: radium-226, thorium-232 en kalium-40.

De EURATOM-richtlijn definieert een screeningsindex – een gewogen som zijnde van de concentraties van volgende drie isotopen waarbij de activiteitsconcentraties worden uitgedrukt in Bq/kg:

$$I = C_{\text{Ra-226}} / 300 + C_{\text{Th-232}} / 200 + C_{\text{K-40}} / 3000$$

Als index I lager is dan 1, is er geen risico dat het referentieblootstellingsniveau van 1 mSv/jaar zoals gedefinieerd in de EURATOM-richtlijn, wordt overschreden.

Als I groter is dan 1, moet het gebruik en de specifieke eigenschappen van het materiaal (dichtheid, dikte, ...) in aanmerking worden genomen om het blootstellingsrisico te evalueren

In totaal werden 41 bouwproducten in 2018 geanalyseerd. Onderstaande tabel toont het aantal monsters per productcategorie en de minimum-, maximum- en gemiddelde waarden van index I.

Categorie	# stalen	I min	I max	I gemiddeld
Isolatiewol	6	0,08	0,28	0,17
Keramische tegels	17	0,53	1,14	0,86
Natuurstenen: blauwe steen en marmer	7	0,04	0,1	0,06
Natuurstenen: graniet	3	1,23	1,45	1,31
Andere natuurstenen: zandsteen en leisteen	5	0,17	0,74	0,6
Andere (cement, beton, dakpan)	3	0,16	0,66	0,42

Tabel 9.1 : aantal monsters geanalyseerd in 2018 per productcategorie met minimum-, maximum- en gemiddelde waarden van de screeningsindex I.

De gemiddelde waarden per productcategorie worden getoond in figuur 9.1. De relatieve bijdragen van Th-232, Ra-226 en K-40 worden eveneens weergegeven.

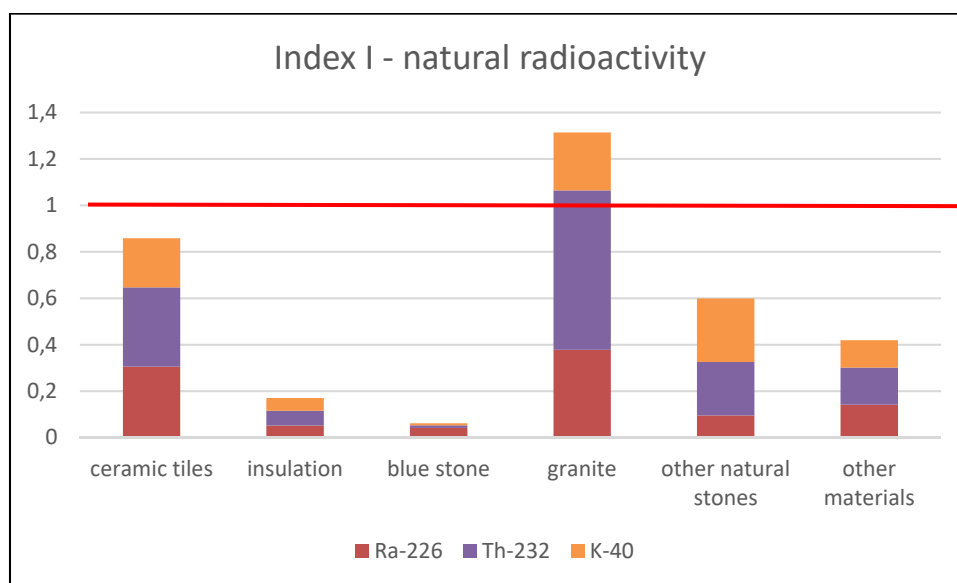


Fig. 9.1 : gemiddelde waarde van de screeningsindex I voor de verschillende productcategorieën. De drie kleuren komen overeen met de respectievelijke bijdrage van Ra-226, Th-232 en K-40.

9.3 EVALUATIE VAN DE EXTERNE DOSIS

De resultaten van de meetcampagne tonen aan dat enkel de geïmporteerde graniet- en enkele keramische tegels een activiteitsindex I groter dan 1 vertonen. Deze vloer- en wandtegels worden echter beschouwd als bouwmaterialen gebruikt voor oppervlakkige toepassingen (afdeklaag), waarvoor de activiteitsindex een te conservatieve waarde geeft om de feitelijke bijdrage aan de externe dosis van de bevolking te bepalen. Het Europees Comité voor

Standaardisatie (CEN) heeft hiervoor een formule¹¹ uitgewerkt die rekening houdt met de dichtheid en de dikte van het materiaal om de dosis te berekenen:

$$D = \left[\begin{aligned} &[281 + 16,3\rho d - 0,0161(\rho d)^2] \times C_{^{226}\text{Ra}} \\ &+ [319 + 18,5\rho d - 0,0178(\rho d)^2] \times C_{^{232}\text{Th}} \\ &+ [22,3 + 1,28\rho d - 0,00114(\rho d)^2] \times C_{^{40}\text{K}} \end{aligned} \right] \times 10^{-6}$$

Waarvoor

ρ = dichtheid, in kg/m³;
 d = dikte, in m;
 C = activiteitsconcentratie, in Bq/kg.

Indien het bouw materiaal dient voor oppervlakkig gebruik ($d \leq 30$ mm), bekomt men de dosis voor het publiek door 0,19 mSv toe te voegen aan de meetwaarde berekend volgens deze formule.

Voor een graniettegels met een Index I = 1,45 ($\rho = 2,7$; $d = 30$ mm), levert de toepassing van de formule een externe dosis van 0,73 mSv. Voor een keramische tegels met index I = 1,14 zou de externe dosis 0,36 mSv zijn. Deze schattingen zijn al lager dan 1 mSv per jaar, maar blijven conservatief, gezien het feit dat de CEN formule gebaseerd is op de hypothese dat de ruimte volledig afgedekt is (muren, plafond, vloer) met het beschouwde materiaal.

Meer realistische berekeningen kunnen bekomen worden door bijvoorbeeld de tabellen en het technisch rapport van CEN te gebruiken en zo de bijdrage van elk bouw materiaal aan de totale externe dosis te bepalen. Een gelijkaardige berekening kan gemaakt worden aan de hand van een numerieke code zoals deze van RESRAD-BUILD.

Een dergelijke berekening laat toe de externe blootstelling van een persoon te evalueren die leeft in een ruimte van standaardafmetingen samengesteld uit bouw materialen die in 2018 of tijdens eerdere meetcampagnes werden geanalyseerd. We beschouwen de standaardruimte van het CEN met afmetingen 4 x 3 x 2,5 m. De elementen van de kamer bestaan uit volgende materialen:

- De muren bestaan uit baksteen en zijn bedekt met keramische tegels;
- De vloer is van beton en bedekt met granieten tegels;
- We veronderstellen dat de kamer zich onder het dak van het huis bevindt en nemen aan dat het plafond bestaat uit dakpannen waaronder een laag isolatie en gips zit.

De gegevens gebruikt voor de berekening worden in tabel 9.5 weergegeven. De waarden van de activiteitsconcentraties van de bouw materialen komen uit de resultaten van de analyses beschreven in dit rapport (granieten- en keramische tegels, beton, isolatie en dakpannen) of in het radiologisch toezichtsrapport van 2017 (bakstenen en gips). Voor elk materiaal werden de maximaal gemeten activiteitswaarden in de overeenkomstige productcategorie gebruikt.

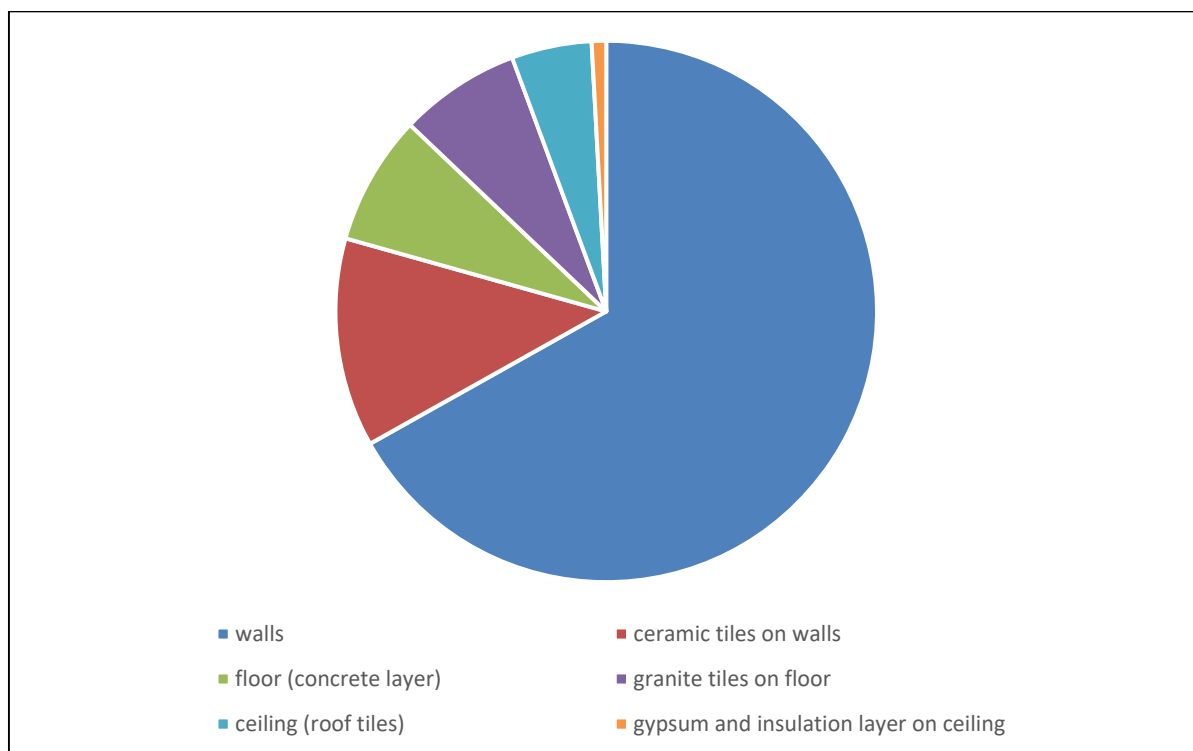
¹¹ Technical Report, CEN/TR 17113:2017 E, Radiation from Construction Products – Dose assessment of emitted gamma radiation, European Committee for Standardization (CEN), 2017

		Graniet tegel	Baksteen	Gips	Beton	Keramische tegel	Dakpan	Isolatie
C (Th-232)	Bq/kg	163	46	56	10	91	56	22
C (Ra-226)		120	53	35	18	134	40	23
C (K-40)		702	800	51	158	608	753	288
Index I	-	1,45	0,67	0,41	0,16	1,1	0,66	0,28
d	cm	1	20	1	20	0,9	2	15
ρ	g/cm ³	2,77	2	1,1	2,35	2,28	2,05	0,04

Tabel 9.2 : Waarden van de parameters gebruikt in de evaluatie van de externe blootstelling in een standaardruimte.

De berekening leidt tot een externe dosis¹² voor de persoon die in deze standaardruimte leeft van 0,23 mSv per jaar, wanneer men de methode van het CEN gebruikt. Wanneer men dezelfde berekening maakt voor een ruimte waar de vloer niet uit graniettegels bestaat en de muren niet betegeld zijn, daalt de externe dosis tot 0,16 mSv per jaar met de CEN methode. De verhoging van de dosis door de aanwezigheid van oppervlak bedekkende materialen met een activiteitsindex iets groter dan 1 (granieten vloerplaten en keramische muurtegels) is dus 70 μ Sv/jaar.

Figuur 9.2 geeft de respectievelijke bijdrage van elk onderdeel van de standaardruimte tot de externe dosis.



Figuur 9.2: Respectievelijke bijdrage van elk onderdeel van de standaardruimte tot de externe dosis

¹² Bijkomend bij de achtergrondwaarde.

De externe dosis in een standaardruimte samengesteld uit bouwmaterialen die in het kader van het toezicht op het grondgebied werden geanalyseerd, is slechts een fractie van het referentieniveau van 1 mSv per jaar.

9.4 BESLUIT

Van alle in 2018 geanalyseerde bouwmaterialen kon geen enkel materiaal als ‘zorgwekkend’ geïdentificeerd worden. Voor de meeste stalen is de activiteitsindex lager dan de screeningwaarde $I=1$ met uitzondering van de natuurlijke graniettegels en enkele keramische tegels. Deze laatsten worden echter enkel in oppervlakkige toepassingen gebruikt in de bouw, waardoor de resulterende externe dosis steeds beneden de referentiewaarde van 1 mSv per jaar blijft.

De externe dosis voor een persoon die in een ‘standaardruimte’ leeft, gemaakt van de materialen die zijn geanalyseerd in het kader van het toezicht op het grondgebied, overschrijdt de waarde van 0,23 mSv per jaar niet.

10. ALGEMENE CONCLUSIES

Het programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied houdt rekening met de eisen van de internationale instellingen (Europese Commissie, OSPAR ten aanzien van de Sintra-akkoorden in het kader van het beleid ter bescherming van de Noordzee en het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan). Het laat toe de verschillende gewesten van het land te controleren, rekening houdend met hun specifieke kenmerken.

Analyse van de resultaten die werden verkregen in het kader van het radiologisch toezicht op het Belgisch grondgebied van 2018, leidt tot de volgende opmerkingen:

Algemeen:

De geldende uitstootlimieten worden zeer goed nageleefd door de exploitanten van de nucleaire installaties.

Het radiologisch toezicht op het grondgebied toont eveneens duidelijk aan dat het dosistempo, onder normale omstandigheden en uitgezonderd medische blootstelling, vooral afhankelijk is van de aard van de bodem, waarbij de rotsachtige bodemsoorten in het zuiden van het land meer radon afgeven dan die in het noorden van het land (zanderig). Zo komt het bijvoorbeeld dat het dosisdebiet gemeten in Wallonië (Ardennen) hoger is dan dat gemeten in de nabijheid van de kerncentrale van Doel, waarvan de radiologische impact op het leefmilieu verwaarloosbaar is.

De radiocontaminatieniveaus van de onderzochte stalen zijn over het algemeen extreem laag, zodat het grootste gedeelte van de verkregen gegevens niet significant zijn. De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K en ^7Be) is veel groter en sterker aanwezig dan de meeste kunstmatige bèta- en gammastralers. Het toezichtsprogramma bewijst zijn belang en zijn capaciteit om de impact van de radionucliden op het leefmilieu en dus op de mens "scherp" te controleren: zelfs "sporen" van kunstmatige radioactiviteit, die veel zwakker zijn dan de natuurlijke radioactiviteit, worden bij routinecontroles gedetecteerd.

Dit is geruststellend op het gebied van de volksgezondheid, maar lastig wanneer we de resultaten willen gebruiken: significante metingen maken immers een preciezere en beter meetbare voorstelling van de radiologische situatie mogelijk. Daaruit kunnen dan parameters voor de overdracht van de radioactiviteit worden ontwikkeld, op basis waarvan makkelijker de doses kunnen worden berekend waaraan de bevolking is blootgesteld. Dit houdt in dat het volume of het aantal stalen moet worden verhoogd om te kunnen "afdalende" tot metingen van zeer lage radioactiviteitsniveaus, de enige mogelijkheid om betrouwbare – dus significante – waarden in handen te krijgen. De Europese Commissie vraagt trouwens al een dergelijke inspanning van de lidstaten voor bepaalde metingen (invoering van een verspreid netwerk van meetpunten waarmee een detectie van zeer lage radioactiviteitsniveaus wordt beoogd). Een soortgelijke inspanning werd geleverd om zeer lage concentraties van Cs-137 in zeewater te meten (met gebruik van harsen die toelaten deze radioactiviteit te concentreren).

Meer gedetailleerd:

Ook al is de radiologische toestand op het Belgisch grondgebied volkomen bevredigend, is er toch één bekken dat nog steeds de aandacht weerhoudt vanwege zijn hogere belasting aan kunstmatige radioactiviteit, maar ook aan natuurlijke radioactiviteit (^{226}Ra) teweeg gebracht door menselijke activiteiten: het betreft hier het hydrografisch netwerk van Laak-Winterbeek-Nete.

Het toezicht op het noordoosten van België brengt namelijk aan het licht dat bepaalde nucleaire installaties van de regio Mol–Dessel een weliswaar geringe, maar meetbare, impact hebben op de omgeving, en dat hetzelfde geldt voor de historische lozingen van de productievestigingen van voedingsfosfaten – NORM-industrie - in de streek van Tessenderlo (momenteel ontmanteld). Zo bevatten de sedimenten van de Molse Nete een significante concentratie aan splijttingsproducten (^{137}Cs) en kunstmatige zware radionucliden, in de vorm van sporen van transurane nucliden ($^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am). De activiteit van ^{226}Ra is eveneens relatief hoog in de sedimenten van de Grote Laak en de Winterbeek in de omgeving van Tessenderlo.

Anderzijds moet worden gezegd dat de – zwakke maar meetbare – radiologische impact van de nucleaire installaties in het noordoosten van het land de voorbije jaren duidelijk verminderd is.

Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle heeft nieuwe, automatische en permanente meetstations voor de gamma-radioactiviteit in de oppervlaktewateren geïmplementeerd. De continue gegevens worden gebruikt om onder andere nog uitgebreider aan te tonen dat in het kader van het OSPAR-verdrag en de artikelen 35/36 van het EURATOM-verdrag (EC), België aan zijn verplichtingen voldoet.

Zoals in het verleden, kan men besluiten dat België zijn nationale en internationale verplichtingen respecteert.