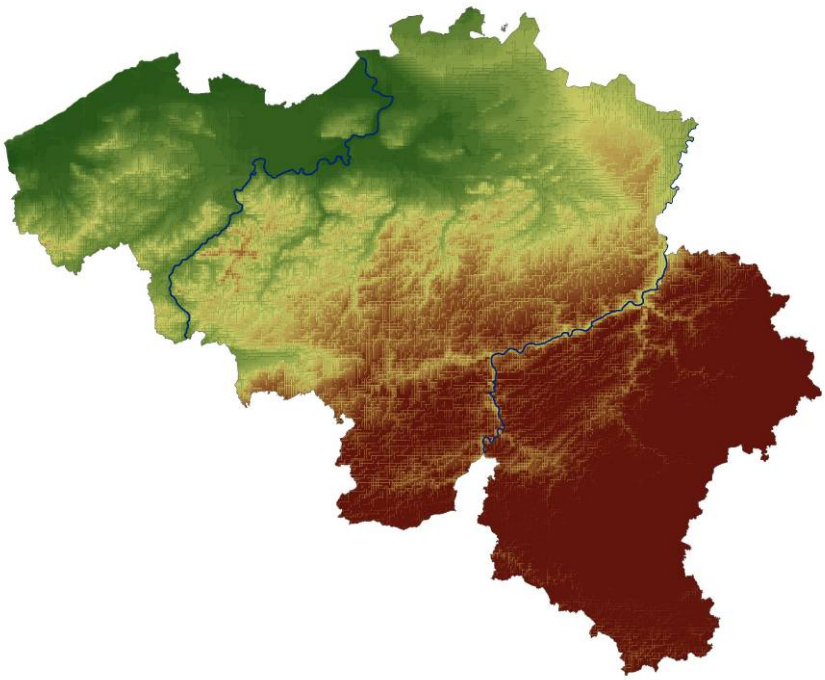
FANC

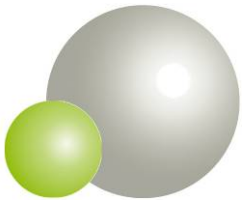
federaal agentschap voor nucleaire controle

DIENST TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED & NATUURLIJKE STRALING

Radiologisch toezicht in België
Syntheseverslag 2013



- september 2014 -



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 SOMBRÉ, 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

Mevr. 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**
- **André POFFIJN, Dr., deskundige radioactiviteit in het leefmilieu – Natuurlijke Straling**
- **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 : Jean-Michel Vanderhofstadt (Tel. : 32 71 82 92 90)

Verantwoordelijke afdeling metrologie en radioprotectie milieu: B. Deconninck

Plaatsvervangend verantwoordelijke metrologie/dosimetrie: C. De Lellis,
Verantwoordelijke metrologie: T. Dieudonné
Verantwoordelijke radiochemie: D. Braekers

Laboratoriumtechnici: L. Asseta, L. De Breuck, A. Demoulin, K. Marcadieu, F. Willocq, L. Toscano, C. Doumont, 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 : P. Vermaercke

Lage Radioactiviteitsmetingen :

Supervisie en verslaggeving : L. Sneyers
Monsterneming & conditionering van de monsters : B. Bouwens, A. Isenborghs, H. Avci, S. Van Gompel
Supervisie van de metingen : F. Verrezen en M. Bruggeman
Metingen : S. Cools, E. Dupuis, A. Isenborghs, K. Jacobs, L. Jansen, H. Loots, E. Tessens, W. Van Baelen, M. Vanuytven, B. Vennekens, M. Verbist, L. Verheyen et D. Verstrepen

Food Safety Center, Kruidtuinlaan, 55 te 1000 Brussel

DG Controlebeleid : Tel. : +32 2 211 85 81 – Fax : +32 2 211 86 30

Algemeen Directeur : Herman Diricks, ir (Tel. : +32 2 211 85 75)

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 BLOOTSTELLINGSDOSIS 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 Nationaal wettelijk kader 15
2.2.2 Internationaal wettelijk kader 16
2.3 LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE 18
2.4 BESCHRIJVING VAN HET NETWERK VOOR RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED 20
2.4.1 De grote pijlers van het netwerk 20
2.4.2 De overdrachtvectoren van de gecontroleerde radioactiviteit 24
Het bekken van Maas en Samber 24
Het bekken van Schelde en Nete 25
De maritieme zone: de Belgische kuststreek 27
De referentiezone : regio Brussel Hoofdstad 28
De voedselketen: drinkwater, melk en voedingsmiddelen 28
Opvolging van de lozingen van nucleaire sites 29
Opvolging van de lozingen van de NORM-industrie 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 42

4.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT 43
4.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM 44
4.3 RADIOACTIVITEIT IN DE RIVIEREN 46

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 MARIENE MILIEU 53

6. DE REFERENTIEZONE : REGIO BRUSSEL HOOFDSTAD 55

6.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT 55
6.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM 56

7. DE VOEDSELKETEN: DRINKWATER, MELK EN VOEDINGSPRODUCTEN 58

7.1 RADIOACTIVITEIT VAN HET DRINKWATER 59
7.2 RADIOACTIVITEIT VAN MELK 62
7.3 RADIOACTIVITEIT VAN VOEDINGSMIDDELEN 63
7.4 RADIOACTIVITEIT VAN DE PROEFMAALTIJDEN 66

8. OPVOLGING VAN DE UITSTOOT VAN NUCLEAIRE SITES EN NORM INDUSTRIE 67

8.1 VLOEIBARE UITSTOOT 68
8.1.1 Kerncentrales 68
8.1.2 Andere nucleaire sites 69
8.1.3 Gegevens van Electrabel in verband met de kerncentrales 71
8.2 NORM-INDUSTRIE EN HISTORISCHE BESMETTE SITES 72
8.2.1 Sites gelinkt aan de fosfaatindustrie 72
8.2.1.1 Sites gelinkt aan de activiteiten van TESSENDERLO CHEMIE nv 72
8.2.1.2 Sites gelinkt aan de activiteiten van PRAYON nv 74
8.2.1.3 De site van de onderneming ex-Rhodia Chemie te Gent 74
8.2.2 Andere NORM sites 75
8.2.2.1 Lozingswater van industriële NORM activiteiten 75
8.2.2.2 Metingen van grondwater en percolaatwater van stortplaatsen 75
8.2.3 Andere historisch vervuilde sites: sites gelinkt aan de vroegere activiteiten van radiumextractie te Olen 77

9. ALGEMENE CONCLUSIES 79

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 afbeeldingtechnieken en sterilisatie van chirurgisch materiaal of van sommige voedingsmiddelen. Natuurlijk worden het materiaal en de voedingsmiddelen niet besmet door het sterilisatieprocedé 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 gereglementeerd. 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 uitvoert[1] 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 µSv).

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 significants 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 mogelijkerwijs werden blootgesteld,
  4. het publiek op een objectieve wijze informeren.

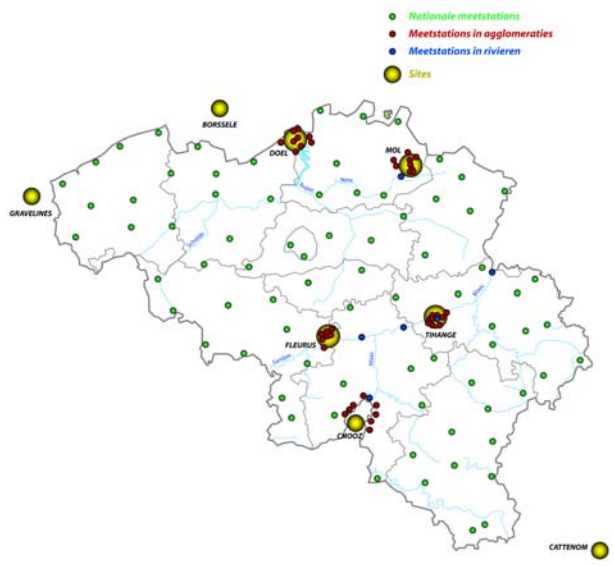
  Het nabije toezicht richt zich ook op de installaties waar radionucliden worden gebruikt zoals ziekenhuizen, universiteiten of bepaalde niet-nucleaire industrieën (NORM-industrie), zoals de voedingsfosfaten-industrie in de regio van Tessenderlo. Bijzonder aan het procédé van deze niet-nucleaire industriële activiteit is de concentratie van een natuurlijk

radionuclide, radium 226, in de vloeibare lozingen die geproduceerd worden. 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 219 meetstations meten voortdurend de totale radioactiviteit in de lucht, de atmosferische stofdeeltjes en het water van de rivieren (Maas, Samber 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 meteomasten (10 en 30 meter) die de windsnelheid en -richting meten en 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 monsternamecampagnes 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 geconcentreerd voorkomt in de vloeibare lozingen van het productieprocédé van voedingsfosfaten). De verkregen resultaten worden vervolgens gecentraliseerd, geanalyseerd en geïnterpreteerd door het Agentschap.

Tussen 2002 en 2004 heeft het Agentschap zijn volledig programma voor monsterneming en metingen herzien om het volledig af te stemmen op de internationale eisen. De Europese richtlijn van 1998 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 4900 jaarlijkse monsternemingen, die het voorwerp zijn van bijna 26200 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 2013. 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

De herziening van het volledige programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied, waarvan de gewijzigde versie in werking trad van 2003 tot 2004, was gebaseerd op een poging tot harmonisering van de bibliotheek van radionucliden gemeten voor het gehele grondgebied en rekening houdend met de recentste 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 nieuwe programma – gebaseerd op meer dan 4900 monsters die het voorwerp zijn van zo wat 26200 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 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 uitstoot. 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 219 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 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:

128 **dosimetriemeetstations** (detector van het Geiger Müller type) voor de meting van de gammaradioactiviteit 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).

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

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 radioactiviteitdrempel (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 gammaradioactiviteit 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 tijdsperioden 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 ($LaBr_3$ 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 herkennings-software.

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.

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

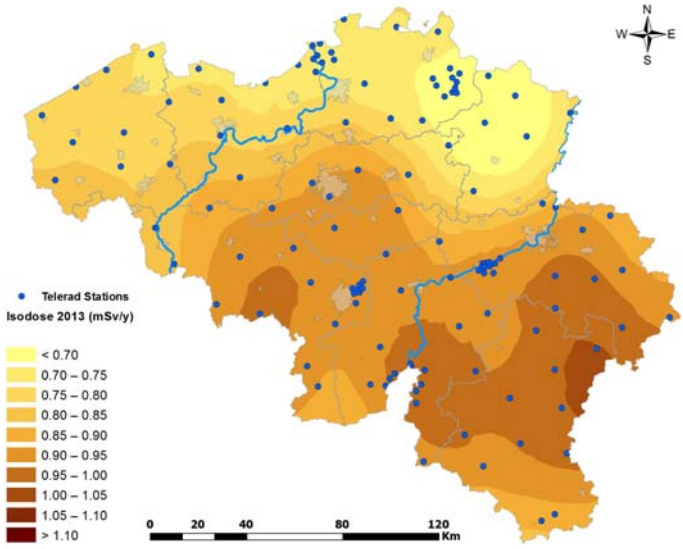
1.3 TELERAD: METEOROLOGISCH INSTRUMENT

TELERAD beschikt langs de grenzen en in de buurt van nucleaire sites over meteorologische meetinstrumenten (windrichting en -snelheid) gemonteerd op 9 masten van elk 10 meter hoog. In de nabijheid van nucleaire sites zijn ook 4 dertig meter hoge weermasten opgesteld (windsnelheid en windrichting, pluviometrie, uren zonneschijn) – 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 een gedeelte van het grondgebied worden opgesteld dat men uitvoeriger wil onderzoeken.

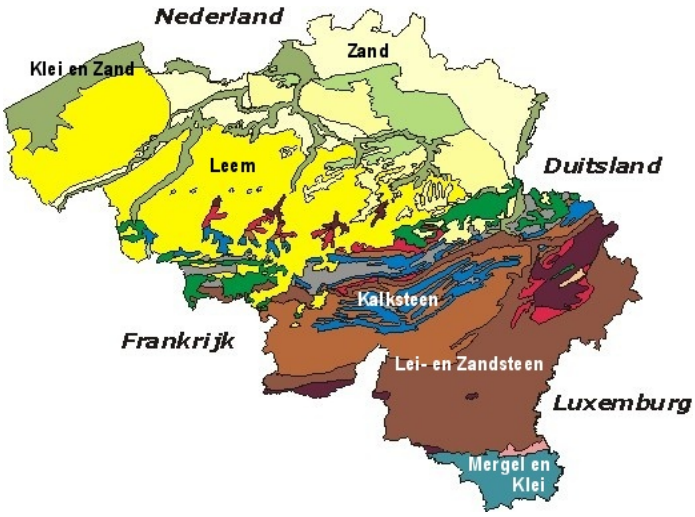
1.4 TELERAD: INSTRUMENT VOOR HET BEREKENEN VAN DE EXTERNE BLOOTSTELLINGSDOSIS



Het TELERAD-netwerk meet continu een dosistempo (µSv/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 0,7 mSv/jaar in het Noorden tot ongeveer 0,8 à 0,9 mSv/jaar in Vlaanderen globaal en tot gemiddeld 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 zonnewind 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}Be, ^{32,33}P, ^{22}Na, ^{35}S, ^{39}Cl, ^{26}Al, ^{14}C en ^{3}H.

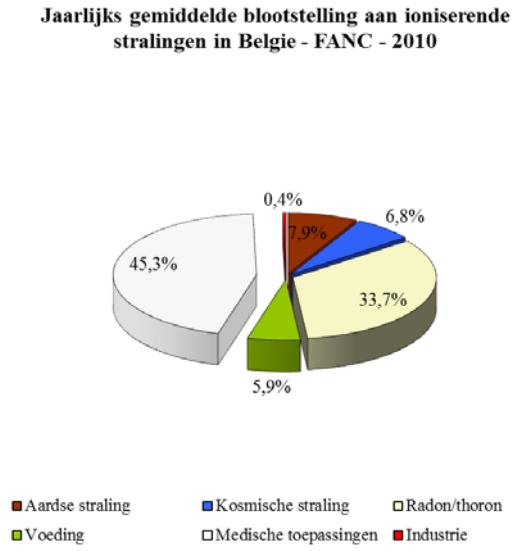
De natuurlijke radioactiviteit heeft ook een aardcomponent: de *aardstraling* die wordt gegenereerd door de natuurlijke radionucliden in de bodem en het ondergrondse water zoals:

- 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}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 kunstmatige 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 zoals de fabriek voor voedingsfosfaten in Tessenderlo;
- 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).



De totaliteit van deze ioniserende straling (5,06 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 sectoren uit de NORM-industrie 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/EURATOM[2] 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.

België zal ook snel de verplichting hebben 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 lidstaten moeten deze richtlijn omzetten in hun nationale regelgeving (ARBIS voor België) voor 28 november 2015. 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 (^{210}Po et ^{210}Pb) 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

[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.*

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.

De vereiste omzetting van de Richtlijn van de Raad in nationale wetgeving (ARBIS), welke door het FANC zal uitgevoerd worden in 2015, zal naast de algemene aspecten van stralingsbescherming ook de kwaliteit van het water bestemd voor menselijke consumptie omvatten en zal dus de controle en opvolging van de radiologische kwaliteit van het drinkwater officieel maken.

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.

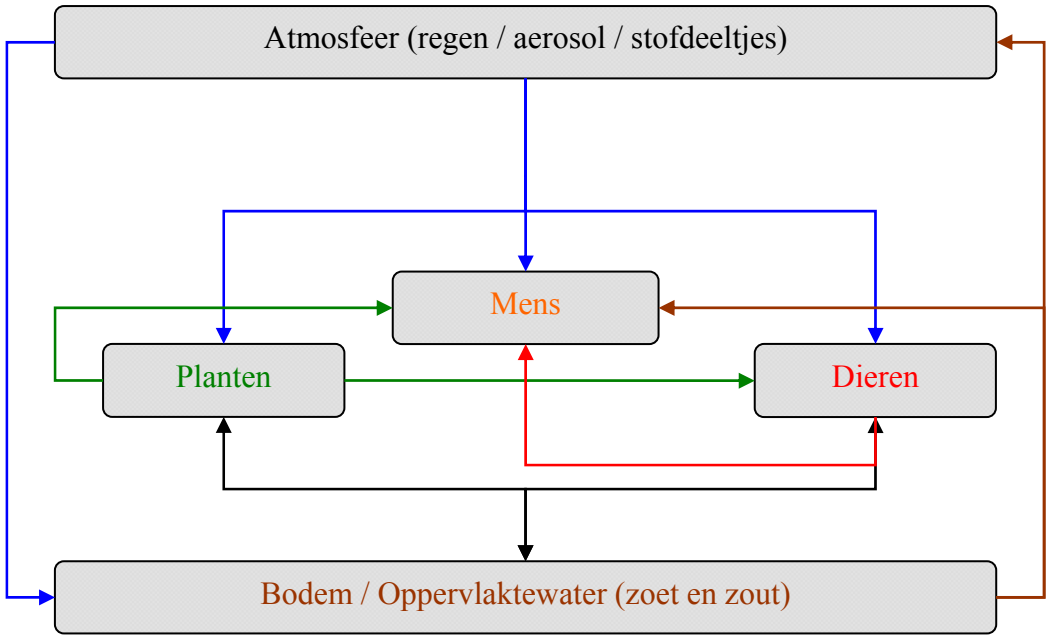
Tot slot hebben de conferenties van de specialisten op het gebied van de bescherming van het leefmilieu tegen ioniserende stralingen, gehouden bij het Internationaal Agentschap voor Atoomenergie (IAEA), sinds eind 2001 eens te meer de hierboven uiteengezette tendensen bevestigd.

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).

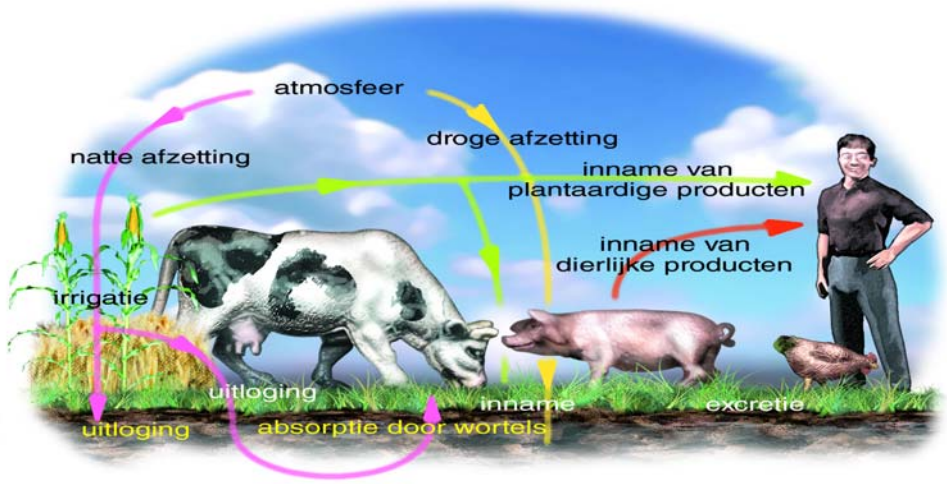
Zoals reeds aangegeven, gebeurt het radiologisch toezicht op het grondgebied enerzijds via een radiologisch toezichtsprogramma, steunend op monsternemingen en analyses (metingen van radioactiviteit), en anderzijds via het automatische TELERAD-netwerk, dat hoofdzakelijk dosistempometingen uitvoert op 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}U en de transuranen – $^{238,(239+240)}$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 Netebekken: ^{226}Ra want deze rivier krijgt het water te verwerken van de Grote Laak en de Winterbeek waar de productiefabriek van voedingsfosfaten van Tessenderlo (NORM- industrie) haar behandelingswater, verrijkt met radium, loost;
- 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}U en de transuranen – $^{238,(239+240)}$Pu, ^{241}Am, naast de gebruikelijke reeks gammastralers (waaronder radiocesium), organisch ^{90}Sr, ^{99}Tc en ^{3}H 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 ^{7}Be (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).

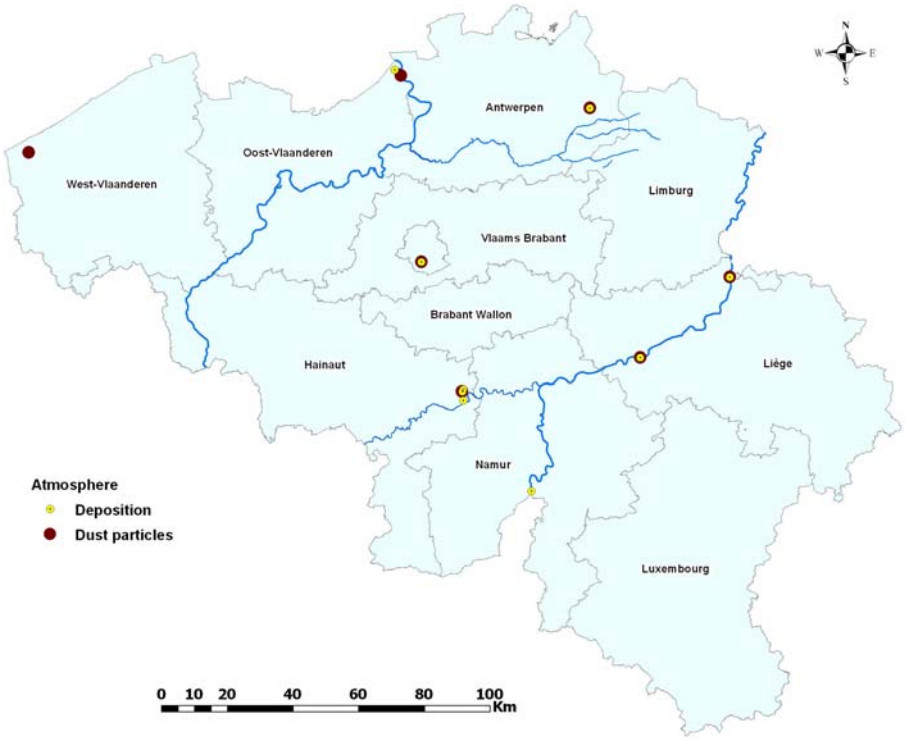
2.4 BESCHRIJVING VAN HET NETWERK VOOR RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED

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 meer dan 4900 monsters genomen waarop ongeveer 26200 radioactiviteitanalyses worden uitgevoerd.

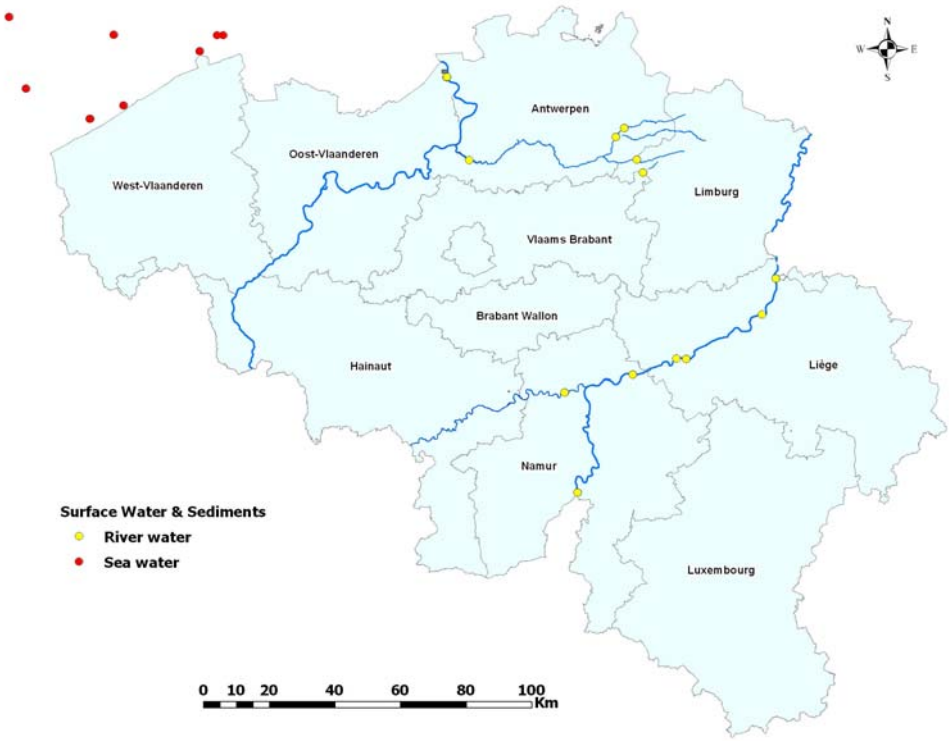
2.4.1 De grote pijlers van het netwerk

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

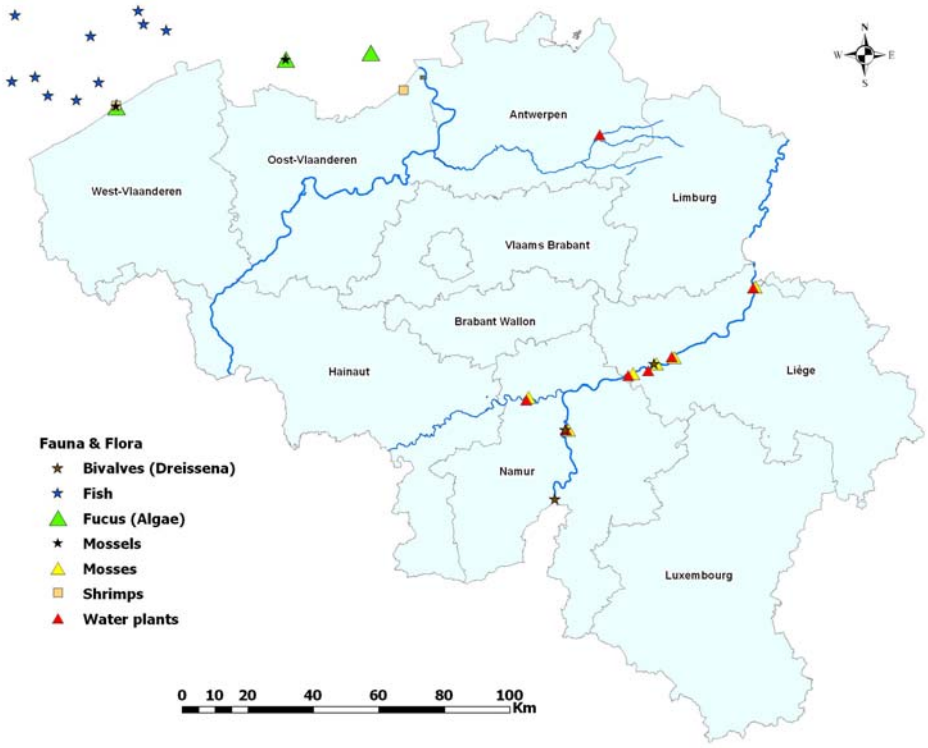
- Het toezicht op de atmosfeer dichtbij nucleaire sites, in de referentiezone Brussel Hoofdstad), in Koksijde (bij de Noordzee en West-kust van West-Vlaanderen) en in Lixhe aan de Maas (dichtbij de Nederlandse grens) door middel van monsternemingen van stofdeeltjes in de lucht (bruine punten) en oppervlakteafzetting 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);



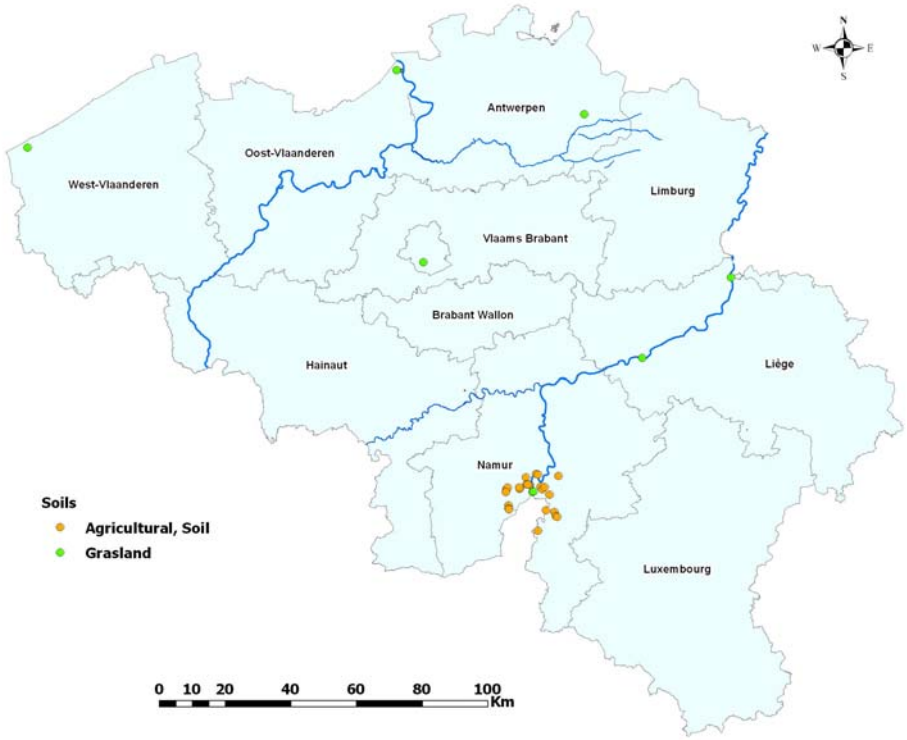
- Toezicht op de oppervlaktewaters en de sedimenten van de rivieren (Samber, Maas, Grote Laak, Winterbeek, Grote Nete, Molse Nete en Schelde) en van het mariene milieu (de Noordzee);



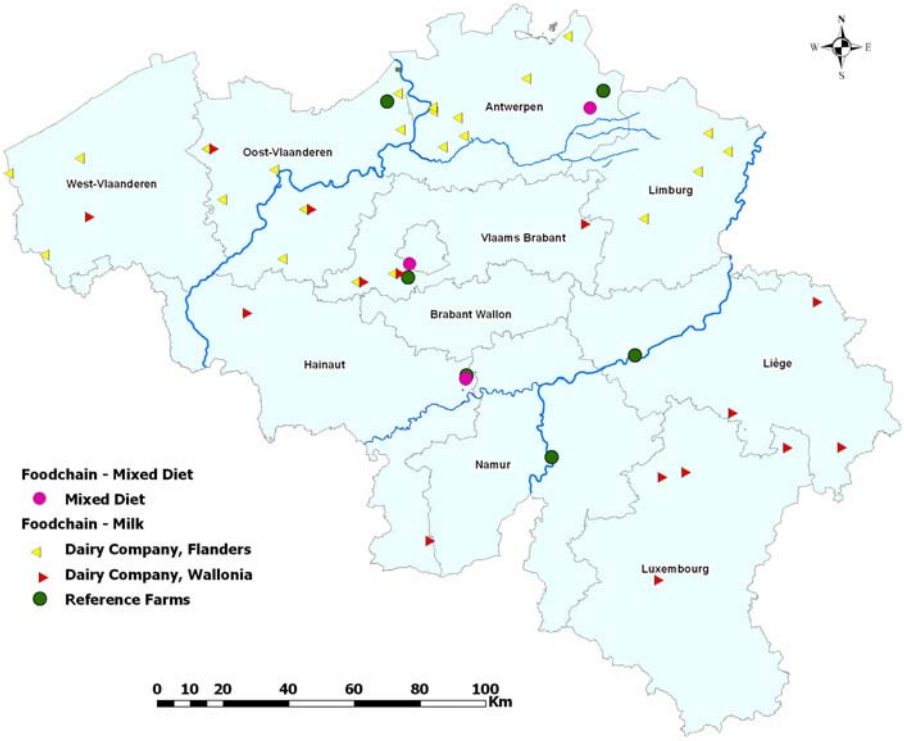
- Toezicht op het levend milieu met het opsporen van radioactiviteit in de fauna van zoet- en zeewater (tweeschaligen uit zoet- en zeewater, garnalen en vissen) en van de flora van zoetwater (waterplanten en mossen) en zeewater (algen) welke bio-indicatoren voor de aanwezigheid van radioactiviteit zijn;



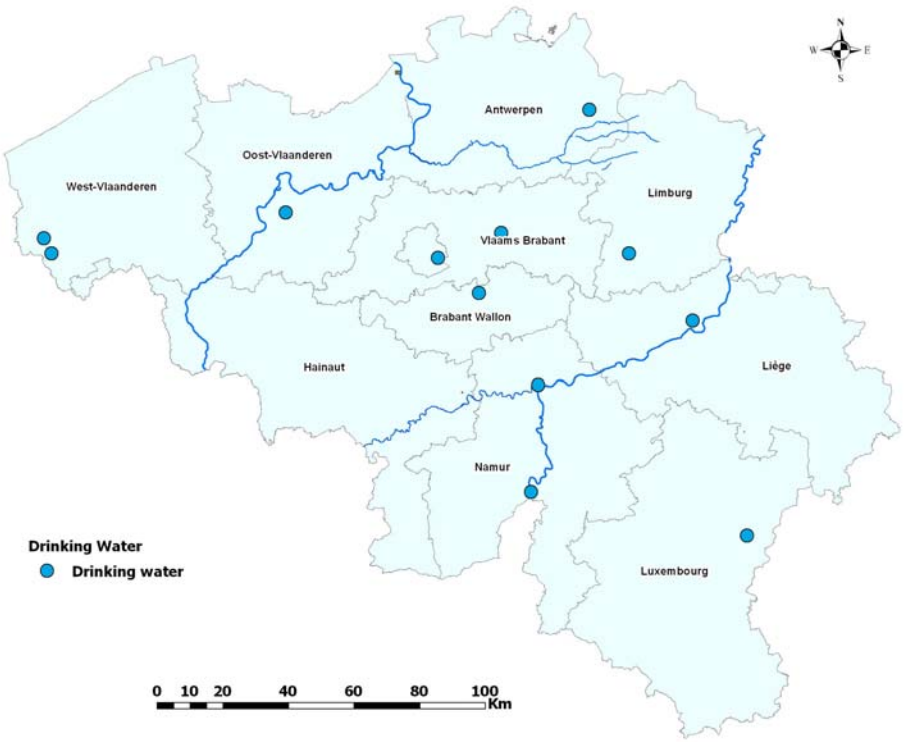
- Toezicht op landzones, bodembemonstering in de onmiddellijke omgeving van nucleaire sites in bepaalde proefregio's (Noordzeekust, regio van Brussel-Hoofdstad) in het groen alsook in de landbouwzones rond de laars van Chooz in oranje ;



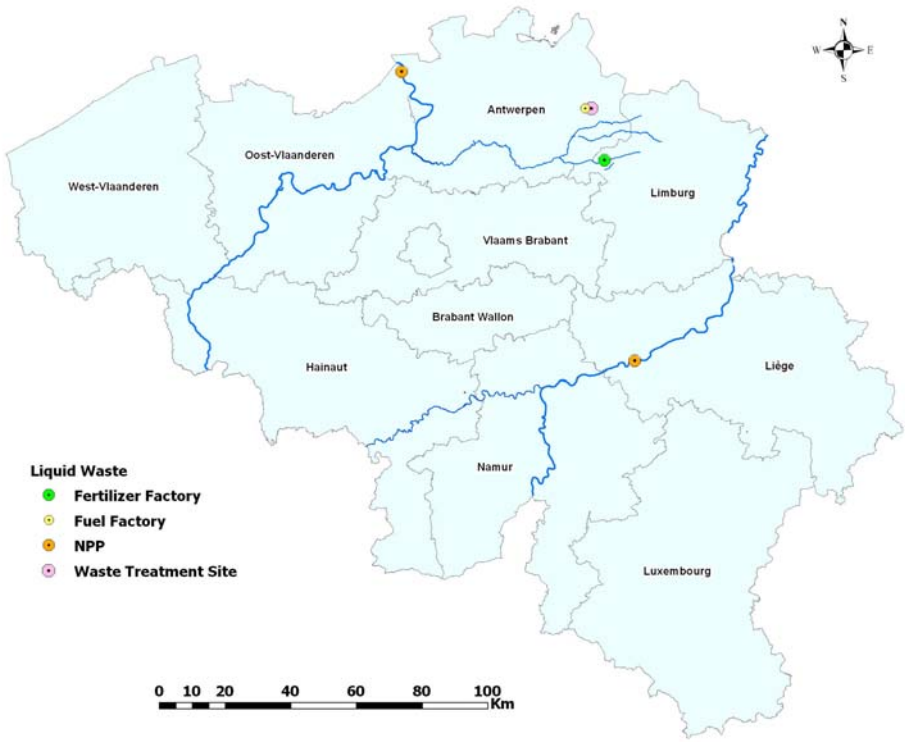
- Het toezicht op de voedselketen met de controle van melk (van supermarkten en zuivelbedrijven die melk ophalen bij vele boerderijen – meerdere duizenden in Vlaanderen en Wallonië) alsook op maaltijden typerend voor een gemiddelde Belg ;



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



- De opvolging van <u>vloeibare lozingen</u> van de nucleaire installaties (kerncentrales, site van Mol-Dessel) en de NORM-industrie (de ^{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 nuclearie 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 1860 monsters genomen waarop meer dan 8500 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: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{141\text{-}144}$Ce, $^{103\text{-}106}$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): ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{141\text{-}144}$Ce, $^{103\text{-}106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{131}I	om de 4 weken
			In de omgeving van de site van Tihange	β spectrometrie totaal, α totaal, ^{3}H, ^{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 m² op ~ 15 cm diepte + kortgeknipt gras)	In de omgeving van de site van het IRE (Fleurus)	In de omgeving van de site van Chooz In de omgeving van de site van Tihange Lixhe	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th ^{131}I in de omgeving van het IRE	jaarlijks
	landbouwgronden Plantaardige landbouwpro-ducten		in de omgeving van de laars van Chooz (24 punten)	γ spectrometrie α, ^{90}Sr, ^{226}Ra γ spectrometrie, ^{90}Sr, ^{3}H, ^{14}C	jaarlijks
Rivier	water	Floriffoux of Mornimont	Heer-Agimont, Andenne, Hoei, Ampsin, Monsin, Lixhe	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{141\text{-}144}$Ce, $^{103\text{-}106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{226}Ra β spectrometrie totaal, α totaal, ^{3}H, ^{40}K, ^{90}Sr (^{131}I nabij het IRE)	om de 2 weken
	sedimenten	Floriffoux	Heer-Agimont, Andenne, Ampsin, Lixhe	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th, (^{131}I in de omgeving van het IRE)	om de 4 weken
	waterplanten, mos, mosselachtigen	Floriffoux of Mornimont	Heer-Agimont/ Rivière/Hastière/ Waulsort, Andenne/Gives, Hoei, Ampsin/Amay, Lixhe	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th organisch ^{3}H	driemaandelijks

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,
  - ◊ fabriek van voedingsfosfaten in de omgeving van Tessenderlo.

In het volledige bekken worden zowat 1030 monsters genomen waarop ongeveer 5360 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: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{141\text{-}144}$Ce, $^{103\text{-}106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb	om de 4 weken
				α spectrometrie totaal in de omgeving van Mol	dagelijks
				β spectrometrie totaal: op papierfilters, na 5 dagen verval	dagelijks
	oppervlakte afzetting (bakken)	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol	γ spectrometrie (onbehandeld water): ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{141\text{-}144}$Ce, $^{103\text{-}106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{131}I	om de 4 weken
				β spectrometrie totaal, α totaal, ^{3}H, ^{90}Sr (gefilterd water)	om de 4 weken
				β spectrometrie totaal, α totaal (filterneerslag)	om de 4 weken
Bodem	blijvende weide (colluvium – 0,125 m² op ~ 15 cm diepte + kortgeknipt gras)	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th	jaarlijks
				α spectrometrie: $^{234\text{-}235\text{-}238}$U, $^{238\text{-}(239+240)}$Pu, ^{241}Am in de omgeving van Mol	
Rivier	water	In de omgeving van Doel	Grote Nete Molse Nete	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{141\text{-}144}$Ce, $^{103\text{-}106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{226}Ra	om de 2 weken
				Spectrometrie β totaal, α totaal, ^{3}H, ^{40}K	
			Grote Laak & Winterbeek	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{141\text{-}144}$Ce, $^{103\text{-}106}$Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{226}Ra	om de 2 weken
				β spectrometrie totaal, α totaal, ^{40}K	
	sedimenten	In de omgeving van Doel	Grote Laak & Winterbeek Grote Nete	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th	om de 4 weken
			Molse Nete	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th	om de 4 weken
				^{90}Sr, $^{234\text{-}235\text{-}238}$U, $^{238\text{-}(239+240)}$Pu, ^{241}Am	
	waterplanten		Molse Nete	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th	driemaandelijks
				^{90}Sr, $^{234\text{-}235\text{-}238}$U, $^{238\text{-}(239+240)}$Pu, ^{241}Am, organisch ^{3}H, ^{99}Tc	
	garnalen	estuarium stroomafwaarts van Doel (Kieldrecht)		γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}$Cs, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}$Co, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}$Ra, ^{228}Th	driemaandelijks
	mosselachtigen, algen	estuarium/ Noordzee (Hoofdplaat & Kloosterzande)		^{90}Sr, $^{238\text{-}(239+240)}$Pu, ^{241}Am, organisch ^{3}H, (^{99}Tc voor de algen)	

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 412 monsters genomen waarop om en bij 1790 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de maritieme zone

Compartiment		Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming
Atmosfeer	stofdeeltjes	Koksijde	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{141\text{-}144}Ce$, $^{103\text{-}106}Ru$, ^{95}Zr, ^{95}Nb β spectrometrie totaal : op papierfilters, na 5 dagen verval	om de 4 weken dagelijks
Bodem	blijvende weide (colluvium – 0,125 m² op ~ 15 cm diepte + kortgeknipt gras)	Koksijde	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}Co$, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}Ra$, ^{228}Th	jaarlijks
Noordzee	water	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	γ spectrometrie: waaronder $^{134\text{-}137}Cs$, $^{57\text{-}58\text{-}60}Co$, ^{54}Mn ^{40}K β spectrometrie totaal en α totaal α spectrometrie: $^{238\text{-}(239+240)}Pu$	driemaandelijks
	sedimenten	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}Co$, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}Ra$, ^{228}Th α spectrometrie: $^{238\text{-}(239+240)}Pu$	driemaandelijks
	algen	Oostende – Belgische kust	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}Co$, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}Ra$, ^{228}Th ^{90}Sr, $^{238\text{-}(239+240)}Pu$, ^{241}Am, organisch ^{3}H, ^{99}Tc	driemaandelijks
	Mossels & garnalen	Oostende – Belgische kust	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}Co$, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}Ra$, ^{228}Th ^{90}Sr, $^{238\text{-}(239+240)}Pu$, ^{241}Am, organisch ^{3}H	driemaandelijks
	vis	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}Co$, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}Ra$, ^{228Th} ^{90}Sr, $^{238\text{-}(239+240)}Pu$, ^{241}Am, organisch ^{3}H, ^{99}Tc	driemaandelijks

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 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 430 monsters genomen waarop om en bij 873 radioactiviteitmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de referentiezone Brussel Hoofstad

Compartiment		Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming
Atmosfeer	stofdeeltjes	Brussel	γ spectrometrie: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{141\text{-}144}Ce$, $^{103\text{-}106}Ru$, ^{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): ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{141\text{-}144}Ce$, $^{103\text{-}106}Ru$, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{131}I	om de 4 weken
			β- en α spectrometrie totaal, ^{3}H, ^{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: ^{7}Be, $^{134\text{-}137}Cs$, $^{(57)\text{-}58\text{-}60}Co$, ^{54}Mn, ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{40}K, $^{226\text{-}228}Ra$, ^{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 het Tjernobyl accident.

Er werden ongeveer 770 monsters genomen waarop om en bij 5960 radioactiviteitmetingen worden uitgevoerd. Aan deze monsters dienen nog deze te worden toegevoegd die door het FAVV worden genomen in het kader van de samenwerking tussen beide agentschappen waarbij het aantal 240 benadert (waarvan 5 van additieven voor dieren en 76 monsters uit Japan) , wat leidt tot 668 bijkomende metingen.

Radiologisch toezichtsprogramma van de voedselketen

Compartiment		Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming
Drinkwater	verdeling (kraan)	Brussel (Brussel Hoofdstad) Wavre (Waals-Brabant) Luik (Luik) Namen (Namen) Fleurus (Henegouwen) Florenville (Luxemburg) Gent (Oost-Vlaanderen) Leuven (Vlaams-Brabant) Poperinge en Reningelst (West-Vlaanderen) Mol (Antwerpen) Zepperen (Limburg)	α totaal & β totaal spectrometrie: ^{3}H, ^{40}K 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)	driemaandelijks
Melk	zuivelbedrijven/ boerderijen	Regio Brussel (Brabant) 1 boerderij regio van Fleurus 75 zuivelbedrijven regio van Tihange 118 zuivelbedrijven regio van Doel 1 zuivelbedrijf regio van Dessel 1 zuivelbedrijf regio van Chooz 42 zuivelbedrijven	γ spectrometrie: waaronder $^{134\text{-}137}Cs$, ^{131}I, ^{40}K ^{90}Sr	wekelijks om de 4 weken
Voedings-middelen	groenten vlees vis diversen (champignons, meel etc.)	nationaal grondgebied kleine en grote distributie	γ spectrometrie: waaronder $^{134\text{-}137}Cs$, ^{40}K ^{90}Sr	maandelijks 4 monsters van vlees, vis, groenten jaarlijks 4 monsters van vlees, vis, groenten
	proefmaaltijden	bedrijfsrestaurants: Mol (SCK•CEN), Fleurus & Brussel (CARREFOUR)	γ spectrometrie: waaronder $^{134\text{-}137}Cs$, ^{40}K ^{90}Sr en ^{14}C	maandelijks 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 (Belgoprocess 2 – behandelingsinstallaties voor vloeibare afvalstoffen van het SCK•CEN, van Belgoprocess, 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.

133 monsters worden genomen waarop meer dan 2630 radioactiviteitmetingen 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: ^{7}Be, ^{51}Cr, ^{54}Mn, $^{(57)-58-60}$Co, ^{59}Fe, ^{65}Zn, ^{95}Nb, ^{95}Zr, $^{134-137}$Cs, $^{103-106}$Ru, $^{141-144}$Ce, ^{131}I, ^{110m}Ag, ^{113}Sn, ^{123m}Te, $^{124-125}$Sb, β spectrometrie: ^{3}H	50 monsters verspreid over het jaar
site van FBFC	β totaal & α totaal spectrometrie ^{226}Ra, $^{234-235-238}$U, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am	wekelijks
site van Mol-Dessel (Belgoprocess 2)	γ spectrometrie: $^{134-137}$Cs, ^{54}Mn, $^{(57)-58-60}$Co, ^{131}I β totaal & α totaal spectrometrie ^{3}H, ^{90}Sr, $^{234-235-238}$U, $^{238-(239+240)}$Pu, ^{241}Am, ^{99}Tc	wekelijks

Opvolging van de lozingen van de NORM-industrie

Vele sites worden gecontroleerd, zowel hun lozingen als het grondwater rond deze sites: de lozingen van de Tessenderlo Chemie site (fabricatie voedingsfosfaten) en het grondwater romdom een van hun stortbekkens (slibbekken Veldhoven te Ham), Sadaci nv (Gent), Kronos nv (Gent), Prayon nv (Puurs), Prayon sa (Engis), fosfogipsstorten te Zelzate (Gent), het oude stort D1 van Umicore-Olen, verschillende operationele stortplaatsen in Wallonië en de stortplaats voor gevaarlijk afval beheert door Indaver te Antwerpen.

64 monsters zijn genomen waarop meer dan 390 radioactiviteitmetingen worden uitgevoerd.

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

In het algemeen werden de analyses uitgevoerd op monsters genomen op jaarbasis.

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 (ook staalnamen van plantaardige landbouwproducten) 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:

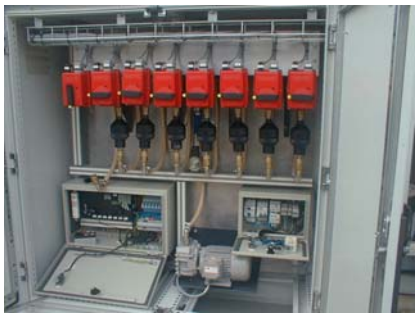
- De lucht, en meer bepaald in de omgeving van de nucleaire installaties, vormt geen enkel radiologisch probleem. De gemeten concentraties liggen allemaal onder of in de buurt van de – zeer lage – detectiedrempels van de meetapparatuur;
- De metingen van de radioactiviteit van de deposities tonen aan 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 µm) zijn inderdaad een vorm van atmosferische uitstoot afkomstig van nucleaire installaties; ze bevatten voornamelijk op een partikelkern neergeslagen splijtingsproducten (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 uitgeloogd 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 vormen belangrijke en aanvullende elementen bij een radiologisch controlenetwerk.

Het regenwater dat de lucht uitloogt, is namelijk eveneens een goed controlemiddel voor de luchtkwaliteit en de eventuele radioactieve vervuiling van de lucht.

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 Belgie) : 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	~ 10^{-5} ~ 2 10^{-5} → $^{134,137}Cs$ ~ 2 10^{-4} → ^{106}Ru	NM	< 50 (filtraat) < 5 (afzetting filter) 8 tot 10 (filtraat) → $^{134,137}Cs$ ~ 0,9 (afzetting filter) → $^{134,137}Cs$ 45 tot 75 (filtraat) → ^{106}Ru ~ 8 (afzetting filter) → ^{106}Ru
^{7}Be	2 tot 5 10^{-3}		sporen tot 41	8 tot 19 (afzetting filter)
β totaal	3,4 tot 7,1 10^{-4}	1,6 tot 1,9 10^{-4}	0,4 tot 10,0 (filtraat) Fleurus 0,7 tot 10,0 (afzetting filter) Fleurus 0,4 tot ,07 (filtraat) Tihange, Heer-Agimont, Lixhe 0,5 tot 10,0 (afzetting filter) Tihange, Heer-Agimont, Lixhe	~ 0,6 ~ 0,1 ~ 0,5 0,1 tot 0,3
^{131}I	NM	1,5 tot 9,7 10^{-3}	NM	10 tot 55 (filtraat) 5 tot 30 (afzetting filter)
^{3}H	-	-	sporen	distillaat : 160 tot 205
α totaal	-	-	sporen (filtraat) 0,02 tot 4,0 sporen (afzetting filter) 0,25 tot 3,7 Fleurus, Tihange, Heer-Agimont, Lixhe	0,03 tot 0,40 ~ 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 ^{7}Be (natuurlijk kosmogeen radioactief nuclide), dat onderzocht wordt op vraag van de EC – art. 36 van het EURATOM-verdrag. De gemeten waarden zijn van dezelfde ordegrootte 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/m^3;
- Behoudens enig ongevalscenario, 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 bezinkbakken geïnstalleerd op de site nabij het Sterigenics gebouw, nabij het afgelegen gebouw B12 en op een boerderij op enkele kilometer van de site - geen aanwezigheid van radioactief jodium gedetecteerd (de detectielimiet voor filterafzetting bedraagt ongeveer 5 tot 30 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, 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	30 tot 36	NM	~ 1 tot 5	NM	2,6 tot 10
^{137}Cs	70 tot 210	36	1,0 tot 15,7	~ 1	NM	2,6 tot 4,6
^{90}Sr			1,4 tot 21,2	~ 0,7	0,37 tot 5,4	~ 0,1
^{14}C					0,16 tot 0,29 (Bq/g C)	
^{3}H org.					22 tot 41	~ 22 tot 39
^{40}K	(1,1 tot 1,3) 10^4		260 tot 970		200 tot 2600	
^{226}Ra	(0,8 tot 1,0) 10^3		30 tot 58		sporen	5,5 tot 32
^{228}Ra	~1,0 10^3		32 tot 51		NM	11 tot 21
^{228}Th	~1,0 10^3		31 tot 47		NM	4,1 tot 8,0
^{235}U			NM	1,1 tot 2,6		
^{238}U			7,7 tot 39	~ 4		
^{234}U			10 tot 33			
^{238}Pu			NM	27 tot 37		
$^{239+240}Pu$			NM	3,2 tot 4,8		
^{241}Am			6,5 tot 33	~ 6 tot 8		

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 (^{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 ($^{226,228}Ra$, $^{234,235,238}U$, ^{228}Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden rond de laars van Givet 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). 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);

  Nog een ander kunstmatig radionuclide dat wordt aangetroffen, is ^{90}Sr. 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 ^{3}H in de planten sinds 2001:

In 2013 zijn de metingen op 15 van de 24 genomen monsters boven de detectielimiet. Merk eveneens op dat in 2012 alle metingen op de monsters beneden de detectielimiet waren en dat in 2011 en 2009 slechts bij 2 van de 25 plantenstalen (en 2 op 24 in 2010) sporen van ^{3}H werd gevonden. In 2005 vertoonden 5 stalen - en in de periode 2006-2007 18 stalen - dergelijke sporen. In 2008 waren slechts 5 monsters positief. De detectie van ^{3}H 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 40-60 in 2005, naar 23-38 in de periode 2006 tot 2009 en naar 4-19 in 2010. Deze limieten zijn sinds 2011 stabiel rondom 20 tot 40 Bq/kg.

Campagne	Gevallen van ^{3}H 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

De tabel toont aan dat de concentratie ^{3}H in 2001, als het in de planten aanwezig was, minder bedroeg 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 ^{3}H 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. Deze limieten zijn stabiel rondom 20 tot 40 Bq/kg sinds 2011.

In 2011, 2012 en 2013 zijn de detectielimieten vergelijkbaar met deze van de periode 2006-2009.

Tot 2012 lijkt het erop dat sinds 2006 minder ^{3}H in de vegetatie waargenomen wordt 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 ^{3}H 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. Te verifiëren tijdens de komende jaren.

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 aanstaande invoering van de nieuwe 2013/51/EURATOM Richtlijn van de Raad van de EC betreffende de kwaliteit van water bestemd voor menselijke consumptie.

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-pompcircuit 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*) of van Mornimont (*Mor*) integreren de uitstoot van Fleurus (IRE) en van Charleroi in de Samber;
- De site van Heer-Agimont (*H-Ag*), van Hastière (*Has*), van Waulsort (*Wau*) of van Rivière (*Riv*) voor de Maasfauna en -flora integreert 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*) of van Gives (*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 Monsin (*Mon*), stroomafwaarts van Luik, integreert dan weer de inbreng van de Luikse ziekenhuizen;
- 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 (*D. polymorpha)* (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	≤ 1	NM	< 5	-	< 1	Mossen NM	< 6
							Planten NM	< 6

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

	Water (Bq/l)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (*D. polymorpha)* (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
^{137}Cs	NM	0,13 tot 0,15	2,5 tot 3,8 (Flo) 6 tot 17 (H-Ag) 4,5 tot 9,0 (And) 5,7 tot 18 (Amp) 5,5 tot 12,5 (Lix)	3 tot 5	-	~ 0,50	Mossen sporen (Mor) 4 tot 7 (Riv) 5 tot 30 (Giv) 6 tot 17 (Huy) NM (Lix) Planten NM (Mor, Riv, Giv, Huy, Amp, Lix)	5 tot 6 3,2 tot 4,1
^{131}I	NM	0,45 tot 0,75	NM (Flo, H-Ag, And, Amp, Lix)	140 tot 320	-	~ 0,70	Mossen NM (Mor, Riv, Giv, Huy, Amp, Lix) Planten NM (Mor, Riv, Giv, Huy, Amp, Lix)	93 tot 1300 40-75
^{3}H	NM (Flo) 9 tot 51 (H-Ag) 4 tot 35 (And, Huy) 5 tot 63 (Amp) 4 tot 53 (Mon) 3,5 tot 50 (Lix)	2,4 tot 2,7					Mossen 40 tot 50 (Mor) 27 tot 38 (Riv) NM (Giv) (44 in september) 22 tot 29 (Huy) 34 tot 43 (Amp) NM (Lix) (65 in september) Planten 28 tot 76 (Mor) NM (Riv) (66 in september) NM (Giv) (96 in septembre) NM (Huy) (61 in septembre) NM (Amp) 37 tot 44 (Lix)	~ 23 ~ 24

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

	Water (Bq/l)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (*D. polymorpha)* (Bq/kg droog)		Flora (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
α totaal	sporen (Flo, H-Ag, And, Huy, Amp, Mon, Lix)	0,017 tot 0,027						
^{226}Ra			38 tot 107 (Samber) 27 tot 64 (Maas)		- -	~ 1,1	Mossen sporen Planten NM	23 tot 60 ~ 9 tot 13
^{228}Ra			37 tot 62		- -	~ 2,0	Mossen sporen Planten NM	30 tot 45 14 tot 18
β totaal (residu)	0,19 tot 0,24 (Flo) 0,09 tot 0,19 (H-Ag, And, Huy, Amp, Mon, Lix)	~ 0,04						
^{40}K	0,14 tot 0,17 (Samber) 0,06 tot 0,41 (Maas)		290 tot 610				Mossen 220 tot 350 Planten 200 tot 750	

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 ^{3}H wordt gedetecteerd in het water: er worden ^{3}H-concentraties gemeten die, stroomafwaarts van de kerncentrales, kunnen oplopen tot 50-60 Bq/l;
- In de sedimenten: ^{40}K schommelt van 300 tot 600 Bq/kg droog, ^{226}Ra van 40 tot 110 Bq/kg droog in de Samber, 30-65 Bq / kg in de Maas en ^{228}Ra van 40 tot 60 Bq/kg droog (^{228}Th van 30 tot 53 Bq/kg droog);
- ^{131}I wordt niet in zwevende deeltjes - stroomafwaarts van grote agglomeraties bemonsterd – aangetroffen;
- In de flora : bij mossen en waterplanten wordt ^{40}K gemeten in concentraties van 200 tot 750 Bq/kg droog;

- ^{3}H wordt gedetecteerd in de gedroogde monsters van mos en planten - verzameld langs de oevers van de rivier – en in hoeveelheden van ongeveer 35 tot 45 Bq/kg droge materie stroomafwaarts van de nucleaire site Tihange (te Lix).

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K, en in mindere mate ^{226,} ^{228}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 ^{3}H 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, 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 niet-nucleaire site Tessenderlo nabij de Grote Laak en de Winterbeek, beide zijrivieren van de Grote Nete, die zelf een bijrivier is van de Rupel die uitmondt in de Schelde:

- Compartiment lucht: staalnamen van stofdeeltjes in de lucht (filters) en droge of natte afzetting nabij de sites van Mol-Dessel en Doel;
- Compartiment bodem: staalnamen nabij de nucleaire sites van Mol-Dessel en Doel;
- Compartiment rivier: water, sedimenten en monsters van de fauna en flora van de Grote Laak, de Winterbeek, de Molse Nete, de Grote Nete, de Rupel 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 door de installaties van Tessenderlo (Grote Laak, Winterbeek). Voor de Grote Laak en de Winterbeek dienen de concentraties aan ^{226}Ra (en zijn concentratie in de sedimenten en het slib) nauwgezet in het oog te worden gehouden;

Meer precies:

- De radioactiviteit van bepaalde radionucliden (zoals ^{3}H) 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, alsook in de Grote Nete (en in mindere mate in de Rupel) is niet te verwaarlozen. De radiologische situatie van het hydrografische net van de Nete moet dan ook nauwgezet worden gecontroleerd;

- Deze radiologische afwijkingen die werden waargenomen voor ^{226}Ra komen nog bovenop een probleem dat in wezen groter is: namelijk dat van een sterke chemische vervuiling met zware metalen. Hoewel de installaties die hun afval in deze waterlopen lozen grote inspanningen hebben gedaan om hun radiologische impact op de ecosystemen te verminderen, zijn de hoeveelheden radioactiviteit die zij uitstoten, bovenop een "historiek", nog steeds niet te verwaarlozen. Deze hoeveelheden zouden dan ook moeten worden verminderd.

  Zelfs al kunnen deze waters als dusdanig niet voor menselijke consumptie worden beschouwd, er kan tevens niet volledig worden uitgesloten dat er zich nefaste biologische effecten kunnen voordoen, aangezien dit water door woon- en landbouwzones stroomt (oevers, afzetgebieden voor baggerslib enz.), die lokaal, vooral chemisch, kunnen verontreinigd zijn, met risico op overdracht in de voedselketen. Aanzienlijke verontreinigingen van de oevers werden reeds vastgesteld langs de Grote Laak en de Winterbeek, wier debiet nagenoeg volledig wordt bepaald door de lozingen van vloeibare effluenten van het complex van Tessenderlo.

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 ^{7}Be (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	~ 10^{-5}	NM	1,3 tot 10,0 (filtraat) 0,6 tot 4,0 (afzetting filter) → γ 1,3 tot 1,9 (filtraat) 0,5 tot 0,7 (afzetting filter) → $^{134,137}Cs$
^{7}Be	(0,5 tot 7,5) 10^{-3}		7 tot 50 (filtraat) 6 tot 177 (afzetting filter)	18 tot 23 ~ 6
β totaal	(0,1 tot 0,7) 10^{-3}	~ 0,05 10^{-3}	Filtraat 0,4 tot 20 Mol 0,2 tot 38,0 Doel Afzetting filter 0,14 tot 2,6 Mol 0,14 tot 2,1 Doel	
^{3}H			NM	65 (filtraat)
α totaal	(10 tot 20) 10^{-6} Mol-Dessel	~ 4 10^{-6}	Filtraat 0,03 tot 1,1 Afzetting filter 0,03 tot 0,08	0,06 tot 0,09

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

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 de radioactieve vervuiling van de bodem;
- In de regio Mol-Dessel is enkel natuurlijke radioactiviteit (uranium) 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 hoogradioactief afval), deze van Belgoprocess 2 (oude verwerkingsinstallatie voor het vloeibaar afval van het SCK•CEN) en deze van Belgonucleaire waarop de uitstoot van alfastralers en Pu betrekking heeft. Opgemerkt dient te worden dat FBFC International – fabriek voor de productie van met ^{235}U 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 ontvangen van de productievestiging van voedingsfosfaten van Kwaadmechelen en Tessenderlo (lozingen van ^{226}Ra); de Grote Nete, waarin al deze waterlopen uitmonden; de Rupel, waarin de Grote Nete uitmondt, 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:

$2{,}5\ [\alpha\ \text{totaal}] + 0{,}4\ [^{90}\text{Sr}\text{-}^{90}\text{Y}] + 2{,}5\ 10^{-5}\ [^{3}\text{H}] + [^{60}\text{Co}] + 1{,}5\ [^{134}\text{Cs}] + 1{,}5\ [^{137}\text{Cs}] + 0{,}1\ [\beta] \leq 25$ GBq/maand (150 GBq/jaar maximum met een concentratie limiet van 15 MBq/m³) in de rivier de Molse Nete.

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

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: zoetwatermossen (*Cinclidotus danubicus*), -planten en -algen (indien aanwezig), maar ook zeemosselen (*Mytilus edulis*), garnalen (*Crangon sp.*) – 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 Winterbeek (*Win*) nabij het lozingskanaal van Tessenderlo Chemie;
- Op de Grote Laak (*GLa*) nabij de lozingspunten van Tessenderlo Chemie;
- Op de Molse Nete (*MNe*) nabij het lozingspunt van het afvoerkanaal van Belgoprocess 2 van de site van Mol-Dessel;
- Op de Grote Nete (*GNe*) nabij Geel, die de voorgaande waterlopen afwatert;
- Op de Rupel (*Rup*) nabij Boom;
- 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 ^{3}H in de Molse Nete.

Meer gedetailleerd:

- In het water van de Molse Nete is de kunstmatige radioactiviteit toe te schrijven aan de aanwezigheid van ^{3}H, dat schommelt van 11 tot 190 Bq/l. We detecteren alleen maar sporen van transurane nucliden ($^{238, (239+240)}$Pu en ^{241}Am) met detectielimieten van rond ~10^{-4} Bq/l. De natuurlijke radioactiviteit is toe te schrijven aan ^{40}K (enkele Bq/l) en aan ^{234,238}U in concentraties van 0,001 tot 0,006 Bq/l (^{235}U is niet meetbaar met een detectielimiet van 0,0006 Bq/l);
- In de sedimenten is de radioactiviteit hoofdzakelijk van natuurlijke oorsprong (K en Ra). Radium is gemakkelijk waarneembaar – vooral in de Grote Laak en de Winterbeek (lozingspunten) met waarden van 30 tot 480 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 77 tot 190 Bq/kg, transurane nucliden – Pu en Am - met respectievelijk gehaltes van 3 tot 22 Bq/kg en van 17 tot 40 Bq/kg, ^{99}Tc wordt soms onder de vorm van sporen gedetecteerd), 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 verwijdert;
- In de flora en fauna is ^{40}K de belangrijkste bron van radioactiviteit. Men meet in de Molse Nete (mossen en waterplanten) sporen van ^{137}Cs (rond de orde van de detectielimiet van 2 tot 3 Bq/kg), te wijten door 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.

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K, en in mindere mate ^{226}Ra en ^{228}Th) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de radioactieve verontreiniging 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 problematisch 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 (oevers, afzetzones voor baggerslib enz.) – kunnen worden verontreinigd. In de toekomst zou de aanvoer van chemische en radioactieve contaminanten best worden verminderd.

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	≤ 1	NM	2 tot 4	NM (Estu)	< 1	NM (MNe, Estu)	< 1
^{60}Co			NM (Win, GLa) NM tot 3,7 (MNe) sporen (GNe) NM (Sch)	2 tot 3 ~ 3,5 ~ 1,2 ~ 2	NM (Estu)	~ 0,6	NM	~ 0,5 (MNe) ~ 0,4 (Estu)
^{137}Cs	NM	0,17 tot 0,19	1,7 tot 9,6 (Win, GLa) 77 tot 191 (MNe) 10 tot 90 (GNe) 5 tot 9 (Sch)	3 tot 5	NM (Estu)	~ 0,6	2 tot 3 (MNe) NM (Estu)	~ 0,5 ~ 0,4
^{131}I	NM	0,3 tot 0,4	NM tot 260 (Win) NM (GLa, MNe, GNe) NM (Sch)	~ 210 50 tot 170 ~ 41	NM (Estu)	3 tot 6	sporen (MNe) NM (Estu)	~ 5 ~ 4
α totaal	0,2 tot 2,3 (Win, GLa) 0,016 tot 0,052 (MNe) 0,01 tot 0,05 (GNe) sporen (Sch)	0,4 tot 0,5 ~ 0,013 ~ 0,01 ~ 0,09						
^{241}Am	4,5 10^{-4} tot 6 10^{-1} (MNe) sporen (Sch)	~ 1,0 10^{-4} ~ 1,5 10^{-4}	17 tot 40 (MNe) 12 tot 25 (GNe)		NM (Estu)	~ 0,02	0,1 tot 0,8 (MNe) NM (Estu)	~ 0,004 ~ 0,02
$^{238,(239+240)}$Pu	NM (MNe) NM (Sch)	~ 1,1 10^{-4} ~ 1,0 10^{-4}	3 tot 22 (MNe)		NM (Estu)	~ 0,01	0,02 tot 0,40 (MNe) NM (Estu)	~ 0,004 ~ 0,01
^{226}Ra	0,03 tot 0,52 (Win, GLa) 0,011 tot 0,022 (Sch)	0,005	34 tot 480 (Win) 170 tot 240 (GLa) 30 tot 80 (MNe) 15 tot 70 (GNe) 31 tot 55 (Sch)	~ 10	NM (Estu)	~ 1,4	10 tot 18 (MNe) 1,8 tot 2,5 (Estu)	~ 2

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

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
β totaal	2,3 tot 6,5 (Win) 3,1 tot 17,1 (GLa) 0,3 tot 0,5 (MNe) 0,2 tot 0,4 (GNe) 1,3 tot 5,0 (Sch)	~ 2,2 ~ 2,4						
^{3}H	11 à 190 (MNe) 5 à 83 (GNe) 6 à 14 (Sch)	~ 9 ~ 9 ~ 8			NM (Estu)	~ 3,5	NM (MNe) NM (Estu)	~ 1,7 ~ 3,6
^{90}Sr	NM (Win, GLa) NM (Sch)	~ 0,1 ~ 0,1	NM (MNe)	~ 3	NM (Estu)	~ 1,1	NM (MNe, Estu)	0,5 tot 0,8
^{99}Tc			sporen (MNe)	~ 40			3 tot 6 (MNe) sporen (Estu)	~ 1,0 ~ 5,0
^{40}K	NM (Win) 2 tot 7 (GLa) NM (MNe) NM (GNe) 1 tot 5 (Sch)	~ 3 ~ 4 ~ 3 ~ 3 ~ 3	200 tot 350 (Win, GLa) 100 tot 240 (MNe) 200 tot 250 (GNe) 400 tot 600 (Sch)		40 tot 50 (garnalen) 35 tot 65 (oesters)		60 tot 110 (MNe) 130 tot 250 (Estu)	~ 10

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

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 zestien 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/m³)	
	meting	DL
γ	NM	~ 10^{-5} ~ 1,3 10^{-5} (^{134,137}Cs) ~ 1 10^{-4} (^{106}Ru)
^{7}Be	(1,5 tot 4,5) 10^{-3}	
β totaal	(0,2 tot 0,7) 10^{-4}	5 10^{-5}
^{40}K	NM	~ 2 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. ^{7}Be 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 genomen in Koksijde. 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}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 transurane kunstmatige alfastralers (o.a. ^{241}Am) 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) aan de Belgische kust

	Site van Koksijde (Bq/m^2)	
	meting	DL
γ	NM	80 tot 90
^{137}Cs	510 tot 530	~ 80
^{40}K	~ 2,1 10^4	
^{226}Ra ^{228}Ra	680 tot 770	
^{228}Th	680 tot 710	

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 zestien 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.

Radioactiviteitmetingen van het maritieme milieu: water en sedimenten

	Water (Bq/l)		Sedimenten (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL
γ	NM	~ 0,1 tot 0,3	NM	0,7 tot 1,0
^{137}Cs	NM	0,19	1 tot 4	~ 0,8
^{60}Co	NM	0,19	sporen	~ 0,9
β totaal	10 tot 14			
^{40}K	9 tot 11		180 tot 300	
α totaal	sporen	~ 0.35		
$^{226,228}Ra$	NM	0,4 tot 0,7	6 tot 18	
$^{238,(239+240)}Pu$	NM	~ 0,1 10^{-3}	NM	~ 0,4

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

Radioactiviteitmetingen 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	< 0,3	NM	< 0,5	NM	0,3 tot 0,6
^{137}Cs	NM	~ 0,2	NM	~ 0,4	NM	~ 0,4
^{60}Co	NM	~ 0,3	NM	~ 0,4	NM	~ 0,4
^{131}I	sporen	~ 4,4	NM	4 tot 7	NM	~ 30
^{90}Sr	NM	~ 0,8	NM	~ 0,9	NM	~ 1,2
^{40}K	160 tot 250		35 tot 70		90 tot 110	
^{3}H	NM	~ 2,2	NM	2 tot 4	NM	~ 2,9
^{99}Tc	sporen	~ 5			sporen	~ 2,5
$^{226, 228}Ra$	sporen	0,5 tot 2,0	NM	0,7 tot 2,0	NM	0,8 tot 1,7
$^{238,(239+240)}Pu$	NM	~ 0,027	NM	~ 0,01	NM	~ 0,01
^{241}Am	NM	~ 0,024	NM	~ 0,04	NM	~ 0,01

NM: 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 $^{238,\ (239+240)}Pu$ - ^{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 zijn 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	~ 10^{-5} (2,0 tot 2,0) 10^{-5} ($^{134,137}Cs$) 2,0 10^{-4} (^{106}Ru)	NM	7 tot 11 (filtraat) 0,8 tot 2,0 (afzetting filter) Filtraat ~ 7,5 ($^{134,137}Cs$) ~ 60 (^{106}Ru) Afzetting filter ~ 0,8 ($^{134,137}Cs$) ~ 7,5 (^{106}Ru)
^{7}Be	(1,7 tot 5,6) 10^{-3}		sporen (filtraat) 8 tot 45 (afzetting filter)	~ 170 ~ 12
β totaal	(0,4 tot 0,8) 10^{-3}	~ 0,19 10^{-3}	0,5 tot 6,0 (filtraat) 0,8 tot 6,0 (afzetting filter)	~ 0,6 ~ 0,1
^{40}K	(0,5 tot 1,5) 10^{-3}		NM	~ 120 (filtraat) ~ 11 (afzetting filter)

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

	Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m^3)		Bezinkbakken (Bq/m²)	
	meting	DL	meting	DL
^{3}H			NM (distillaat)	~ 235
α totaal			0,04 tot 2,3 (filtraat)	~ 0,3
			0,3 tot 1,5 (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. ^{7}Be 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}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}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	~ 30
^{137}Cs	160 tot 220	~ 25
^{40}K	~ 12 10^3	
^{226}Ra ^{228}Ra	(1,0 tot 1,2) 10^3	
^{228}Th	~ 1,0 10^3	

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

7. DE VOEDSELKETEN: DRINKWATER, MELK EN VOEDINGSPRODUCTEN

Sinds het begin van de jaren '60 verricht 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 splijtingsproducten 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}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 ^{3}H, 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}Ra, 0,1 Bq/liter voor ^{232}Th, 4 Bq/liter voor ^{234,238}U, 0,3 Bq/liter voor ^{239}Pu, enz.

Sinds 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 handelt over de microbiologische, chemische en radioactieve aspecten. Wat dit laatste punt betreft, moeten de technische bijlagen houdende de uit te voeren analyses en de toepassingsmodaliteiten van de richtlijn nog altijd worden voltooid.

De richtlijn preciseert twee parameterwaarden die moeten worden nageleefd: ***100 Bq/liter voor tritium*** (^{3}H) 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 ^{3}H, 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 de ontwikkelde technische bijlagen over die geïntegreerd moeten worden in de Richtlijn 98/83/EC.

Zij bevat de twee vorige parameterwaarden en een derde werd toegevoegd: ***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 sorteerwaarden of zogenaamde "screening"-waarden. De lidstaten mogen 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 best onderzocht of de natuurlijke radioactiviteit niet 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).

- De tweede methode, de zogenaamde "*specifieke analyses van radionucleïden*", berust op de meting van een zeker aantal radionucliden (Uranium; in β: ^{14}C en ^{90}Sr; in α: $^{239+240}Pu$ en ^{241}Am; in γ: ^{60}Co, $^{134\text{-}137}Cs$ 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 omzettingsfactoren 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 winningpunten telt (voornamelijk in Wallonië in kleine dorpen), zal een algemeen controleplan voor zijn water moeten invoeren om deze nieuwe richtlijn te kunnen toepassen en naleven.

Het radiologisch controleprogramma neemt het initiatief 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 (Zepperen).

De controle van de radioactiviteit gebeurt voor de totale alfastralers, totale bètastralers, ^{226}Ra en ^{40}K (natuurlijk) en voor tritium ^{3}H (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 ^{3}H 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 waakzaamheiddrempel 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 – te Fleurus en soms ook te Gent) 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 en Gent 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 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)
^{3}H	NM (Florenville, Fleurus, Luik, Waver)	~ 2,6	100
	8 tot 45 (Namen)	~ 2,5	
	NM (Mol, Zepperen, Leuven, Reningelst, Poperinge)	~ 5,8	
	NM tot 43 (Brussel)	~ 6,1	
	11 tot 37 (Gent)	~ 5,2	
residuele β totaal*	sporen : 0,02 tot 0,09 (Florenville, Fleurus, Namen, Luik, Waver)	~ 0,01	1
	0,01 tot 0,13 (Mol)		
	0,03 tot 0,17 (Zepperen)		
	0,09 tot 0,41 (Reningelst, Poperinge)		
	0,03 tot 0,12 (Gent, Brussel, Leuven)		
^{40}K	0,002 tot 0,04 (Florenville, Fleurus)		NA
	0,06 tot 0,11 (Namen, Luik)		
	0,05 tot 0,06 (Waver)		
	0,13 tot 0,15 (Mol)		
	0,07 tot 0,20 (Zepperen, Reningelst)		
	0,30 tot 0,65 (Poperinge)		
	0,09 tot 0,10 (Gent, Brussel)		
	0,02 tot 0,09 (Leuven)		

Metingen van de radioactiviteit in het drinkwater (vervolg)

	Radioactiviteit van het water (Bq/l)	DL (Bq/l)	"Screening"-waarde (Bq/l)
α totaal	NM (Mol) 0,04 tot 0,07 (Zepperen) **0,11 tot 0,25 (Reningelst)** 0,03 tot **0,14** (Poperinge) NM tot 0,03 (Florenville) 0,03 tot 0,05 (Namen, Waver) 0,08 tot **0,11** (Fleurus) 0,01 tot **0,16** (Gent) 0,01 tot 0,08 (Brussel, Leuven) 0,04 tot 0,07 (Luik)	0,02 tot 0,04	0,1
^{226}Ra	**0,09 tot 0,14 (Reningelst)** 0,04 tot 0,07 (Fleurus)	0,01 tot 0,02	0,1

NM: niet meetbaar, meting lager dan of gelijk aan de detectielimiet (DL)
NA: niet van toepassing
**: bèta totaal min ^{40}K*

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}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 47-58 Bq. De overige kunstmatige radionucliden zijn vrijwel 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)
^{134,137}Cs	NM	NM	NM	NM	NM	0,2 tot 0,8
^{131}I	NM	NM	NM	NM	NM	0,2 tot 1,4
^{90}Sr	NM	NM tot 0,33	0,03 tot 0,06	NM	NM	0,03 tot 0,06
^{40}K	45 tot 49	39 tot 46	37 tot 49	46 tot 51	45 tot 49	

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

Samengevat:

- De kunstmatige radioactiviteit is niet meetbaar voor ^{134,137}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 (ongeveer 770 monsters die instaan voor ongeveer 5960 radioactiviteits-metingen) plus diegene die geleverd werden door het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen - FAVV (240 monsters waarvan 76 van Japan), wat resulteert in ongeveer 670 extra radioactiviteitsmetingen. Zo werden dus meer dan 1430 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 paddestoelen enz.

De meest courant gebruikte fruitsoorten worden eveneens verzameld: peren, appelen, 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, de 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		Zoetwatervissen	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
^{137}Cs	NM	0,1 tot 0,5	sporen (0,1 tot 5,0)	0,5 tot 4,0	NM	~ 0,7
^{90}Sr	NM	0,04 tot 0,2	NM	0,3 tot 0,6		
^{226}Ra	NM	0,2 tot 1,8	sporen (NM tot 4,1)	1,0 tot 2,5		
^{40}K	35 tot 200 groenten 35 tot 50 fruit 110 tot 250 gedroogd fruit 30 tot 40 granen		80 tot 160		110 tot 120	

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

	Week- en schaaldieren (zee)		Rood vlees (rund, kalf, paard, varken, schaap, konijn, wild)		Wit vlees (gevogelte)	
	meting	LD	meting	LD	meting	LD
^{137}Cs	NM	0,2 tot 1,0	NM sporen (2 tot 3 geïmporteerd vlees)	0,5 tot 4,0	NM	0,9 tot 1,5
^{90}Sr			NM	0,03 tot 0,7	NM	0,05 tot 0,7
^{226}Ra	sporen (NM tot 3,5)	0,4 tot 2,0	NM	0,9 tot 2,6	NM	1,9 tot 3,8
^{40}K	24 tot 140 (weekdieren) 26 tot 115 (schaaldieren)	~ 17	50 tot 180		50 tot 200	

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

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
$^{134,137}Cs$	NM	~ 0,4	NM	~ 0,7	NM	~ 0,3
^{90}Sr	NM	~ 0,6	NM tot sporen	~ 0,04	NM	~ 0,4
^{40}K	30 tot 80		35 tot 100		30 tot 175	
^{14}C	0,17 tot 0,23*	< 0,04*	0,19 tot 0,21*	< 0,04*	0,19 tot 0,22*	< 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 informatiedossier dat specifiek de "Radioactieve lozingen van nucleaire klasse I installaties in 2013" behandelt, werd ook gepubliceerd door het FANC. De informatie heeft betrekking op de lozingsdeclaraties van de exploitanten van nucleaire installatie (http://fanc.fgov.be/GED/00000000/3600/3639.pdf).

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. Het IRE is een stichting van openbaar nut en een belangrijke wereldproducent van radioisotopen die in de nucleaire geneeskunde gebruikt worden voor diagnose en therapie;
- NORM-industrie site van Tessenderlo (productie-eenheid voor voedingsfosfaten) die ^{226}Ra loost 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 een radiologisch toezicht ofwel onder de verantwoordelijkheid van de exploitant, ofwel via punctuele interventies vanwege het FANC, in het bijzonder in het kader van het project « NORM monitoring ».

Globaal wijst de analyse van de vloeibare lozingen van de nucleaire sites uit dat al deze installaties onder de limieten blijven die voor hen zijn vastgelegd, de uitstoot blijft namelijk ver onder de betreffende limieten.

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 uitstoot van ^{226}Ra 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.

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 3022 MWe, zijn de limieten voor de vloeibare lozingen vastgesteld op 1,48 10^5 GBq voor ^{3}H en op 8,88 10^5 MBq voor bèta- en gammastralers; voor de *site van Doel*, vier reactoren met een totale capaciteit van 2910 MWe, zijn ze vastgesteld op 1,04 10^5 GBq voor ^{3}H en op 1,50 10^6 MBq voor bèta- en gammastralers; zie het informatiedossier 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 : detcetielimiet)

	Behandeling van primair afvalwater (afvoerkanaal)		Aflaten van de stoomgeneratoren	
	Meting	DL	Meting	DL
^{137}Cs	10 tot 180	1 tot 2,5	NM	~ 1,3
^{134}Cs	5 tot 20	2,0 tot 2,5	NM	~ 1,5
^{60}Co	8 tot 250	1 tot 5	NM	~ 1,5
^{58}Co	3 tot 65	~ 2	NM	1,6 tot 2,3
^{54}Mn	NM tot 13	~ 2	NM	1,1 tot 1,4
^{110m}Ag	3 tot 34	~ 2	NM	1,7 tot 2,0
^{51}Cr	NM	20 tot 45	NM	24 tot 44
$^{124, 125}$Sb	NM tot 25	2 tot 6	NM	2,0 tot 3,5
^{3}H	3,0 10^4 tot 6,0 10^6		30 tot 9000	

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.

Metingen van de radioactiviteit van de vloeibare lozingen van de kerncentrale van Doel van verschillende lozingscircuits 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	0,1 tot 95	~ 1,7	NM	~ 1,4
^{134}Cs	NM	~ 1,5	NM	~ 1,3
^{60}Co	0,5 tot 3,5	~ 2	NM	~ 1,3
^{58}Co	0,2 tot 4,5	~ 2	NM	~1,6
^{54}Mn	NM	~ 1,4	NM	~1,4
^{110m}Ag	sporen	~ 2	NM	~1,3
^{51}Cr	NM	~ 20	NM	~ 19
$^{124, 125}Sb$	NM tot 25	2 tot 3	NM	1,7 tot 3,6
^{3}H	(1,1 tot 11) 10^5		30 tot 80	

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.

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

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.

Meer gedetailleerd:

Maandelijks worden er meetbare hoeveelheden alfastralers geloosd: van 0,2 tot 2,8 Bq/l (we zien hier een daling in vergelijking met de jaren 2001-2002). Merk op dat de detectielimieten van de orde van 0,2 tot 0,4 Bq/l zijn, wat aangeeft dat deze uitstoot nauwelijks meetbaar is. De installatie mag niet meer dan 20 Bq/l in alfa totaal lozen (ARBIS).

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

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

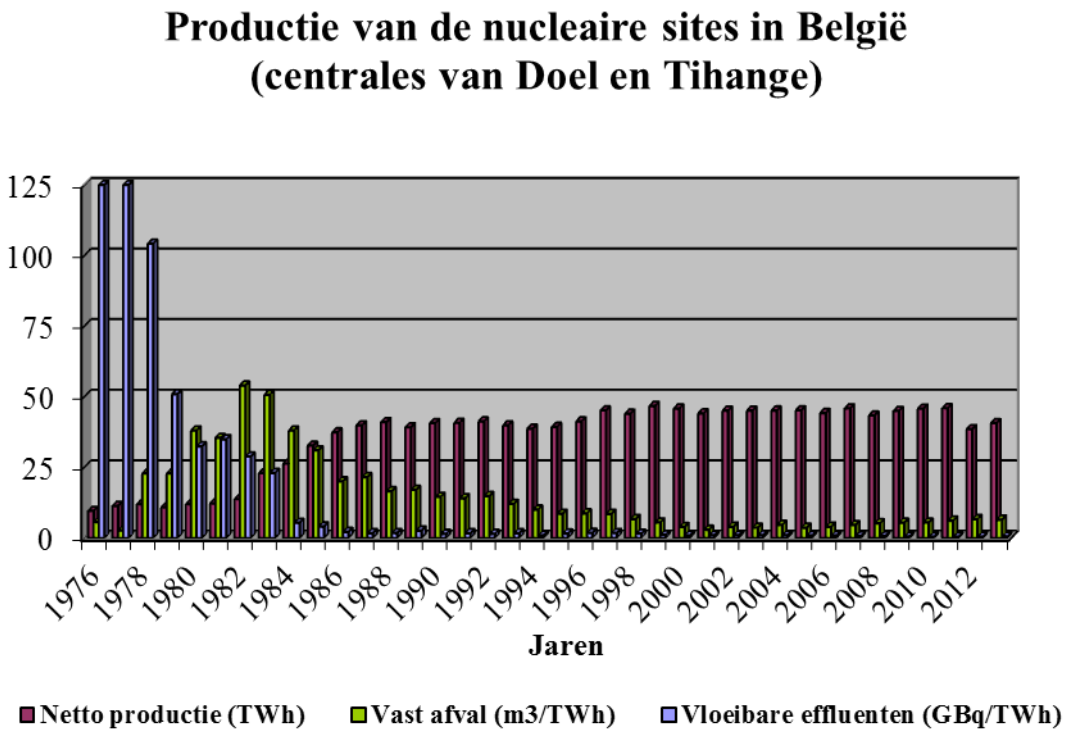
Radionuclide	meting	DL
γ	NM	~ 0,9 tot 1,8
α totaal	0,2 tot 2,8	~ 0,4
β totaal	0,3 tot 1,5	~ 0,3
^{234}U	0,2 tot 2,0	~ 0,9
$^{235,236}U$	NM	~ 0,2
^{238}U	0,09 tot 1,30	~ 0,3
^{241}Am	$3,5\ 10^{-3}$ tot $8,0\ 10^{-2}$	~ $2,2\ 10^{-2}$
^{238}Pu	$4,2\ 10^{-2}$ tot 0,3	~ $5\ 10^{-3}$
$^{239+240}Pu$	$4,0\ 10^{-3}$ tot $4,2\ 10^{-2}$	~ $5\ 10^{-3}$

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).



De totale elektriciteitsproductie is de voorbije jaren min of meer constant gebleven rondom 45 TWh met een daling tot ca. 40 TWh in 2012 en 2013 wegens het stopzetten van enkele reactoren. De hoeveelheid radioactiviteit in de vloeibare effluenten is fors gedaald: van ongeveer 42 GBq in 2003 en 2004 is zij progressief gedaald naar bijna 17 GBq in 2010 om dan 15,7 GBq te benaderen in 2012 (of 0,408 GBq/TWh) en 17,8 GBq in 2013 (of 0,438 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 drie jaren stabiel rondom 6-6,4 m^3/TWh.

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 effluenten 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 fosfaatsector. De afvalstoffen worden in sommige gevallen op mono-storten bewaard. Omwille van de belangrijke volumes (verschillende miljoenen m^3) kan de 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.

In 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 ondertussen sinds eind 2013 haar deuren gesloten en is momenteel in de fase van ontmanteling. 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) <u>Grote Laak en Winterbeek</u>

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. In 2013 bleef de gemiddelde maandelijkse concentratie aan ^{226}Ra lager dan 2 Bq/l.

Deze natuurlijke radioactiviteit komt dus door kunstmatige lozingen terecht eerst in het Nete bekken via de Grote laak en later ook via de Winterbeek in het Demer bekken. De alfa-totaal concentraties in de Winterbeek schommelden tussen de 0,25 en 1,4 Bq/l, terwijl de bêta-totaal concentraties varieerden tussen de 2,0 en de 6,5 Bq/l (maandelijkse gemiddelden). De concentratie aan Ra-226 fluctueerde tussen de 0,03 en 2,5 Bq/l. Voor de Grote Laak schommelden de alfa-totaal concentraties tussen de 0,37 en 2,67 Bq/l, terwijl de bêta-totaal concentraties varieerden tussen de 2,1 en 17 Bq/l (maandelijkse gemiddelden). De concentratie aan Ra-226 fluctueerde tussen de 0,04 en 0,47 Bq/l.

De aanzienlijke concentraties radium aanwezig in het lozingswater tot in de jaren 1990 hebben 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 momenteel in voorbereiding en wordt opgevolgd door een werkgroep waarvan het FANC ook deel uitmaakt.

De vermindering van de radiumconcentratie in het lozingswater heeft als neveneffect het verhogen van de concentratie in de vaste residu's (calciumfluoride-slib). Deze concentratie bereikt momenteel een waarde van iets meer dan 10 Bq/g.

b) <u>De lozingen</u>

Het slibbekken « Veldhoven » waarop *TESSENDERLO CHEMIE nv* haar vaste residuen stort maakt ook deel uit van een radiologische opvolging. De radonconcentratie in de buitenlucht op en rond de stortplaats wordt opgevolgd. De onderstaande tabel bevat de radonconcentraties gemeten sinds 2009. 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
2009	80	20	10	60
2010	65	20	10	30
2011	78	25	15	83
2012	60	15	10	45
2013	45	20	10	43

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

De saneringswerken op de oude stortplaats binnen de omheining van de bedrijfsterreinen werden in 2013 verder gezet, alsook de sanering van het afvalwaterwachtbekken van Kepkensberg (cf. het radiologisch toezichtrapport van 2012 voor een beschrijving van het niveau van contaminatie op deze sites). De concentratie aan Ra-226 in het drainagewater van het wachtbekken van Kepkensberg werd gemeten en bedraagt tussen de ~50 mBq/l en 1,5 Bq/l.

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 een mono-stortplaats in exploitatie te Engihoul - in Wallonië ook Centres d'Enfouissement Technique of CET van klasse 5.2[3] - genoemd, waar de overblijvende hoeveelheid van fosforgips afkomstig van het productieproces gedeponeerd wordt. De concentraties aan Ra-226 van het grondwater in de omgeving van het stort worden opgevolgd in zes peilbuizen. De gemeten waarden zijn van dezelfde grootteorde als de natuurlijke achtergrond. Dit geldt ook voor de gemeten radonconcentraties in de buitenlucht aan de oppervlakte van de site.

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). Een meting van de alfa- en bêta-totaal waarden is uitgevoerd in 2013 op een staal van de waterloop de "Giltay" die water draineert van de Hardémont stortplaats. De gemeten concentraties waren laag, lager dan de screeningwaarden voor drinkwater.

Het lozingswater van de productiesites te Puurs en te Engis werden eveneens geanalyseerd in 2013 waarbij er geen verhoogde waarden werden vastgesteld.

Op de zetel te Puurs wordt er momenteel geen stortplaats meer uitgebaat door de onderneming, maar er bevinden zich in de omgeving een aantal oude fosforgipsstorten gelinkt aan de vroegere activiteiten van PRAYON-Rupel. Deze storten werden reeds beschreven in de voorgaande radiologische toezichtsrapporten.

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 steekt tot ongeveer 65 meter boven de omgeving uit en het totale volume fosforgips op het stort bedraagt ~18 miljoen ton.

[3] CET klasse 5.2: mono-stort voor niet gevaarlijk afval

De waarden van alfa- en bêta-totaal in het grondwater en in het percolaat van deze stortplaats worden trimestrieel opgevolgd. Voor het grondwater bedraagt de maximale alfa (en bêta) totaalwaarde tot 0,2 Bq/l (resp. 1,7 Bq/l). De relatief hoge waarde van bêta-totaal wordt echter wel hoofzakelijk bepaald door de hoge concentratie aan kalium in het grondwater. Het percolaatwater is echter wel beïnvloed door de radioactiviteit van het fosforgips. Hoewel de concentratie aan Ra-226 in het percolaat niet abnormaal is, geldt dit niet voor de concentraties uranium en polonium-210 waarvan de concentraties 500 µg/l (uranium) en 0,26 Bq/l (Po-210) bedragen, hetgeen ongeveer 100 keer meer is dan de normale waarden in het leefmilieu. De concentraties blijven echter onder de lozingslimieten vervat in het ARBIS.

Er werden ook contaminaties vastgesteld in de bodem buiten de zone van de stortplaats, binnen de omheiding van de vroegere productieëenheden. De cartografie van de externe straling werd reeds in voorgaande rapporten van het radiologisch toezicht gepubliceerd. Belangrijke contaminaties met uranium werden in de loop van 2013 vastgesteld in sommige oude installaties.

8.2.2 Andere NORM sites

8.2.2.1 Lozingswater van industriële NORM activiteiten

Naast de sites hierboven beschreven werden er ook punctuele metingen uitgevoerd op lozingswater van de onderneming SADACI nv en de papierproducent STORA-ENSO, beiden gesitueerd in Gent. Er werden geen abnormale concentraties vastgesteld.

Het lozingswater van de producent van titaniumdioxide KRONOS nv, eveneens in Gent, vertoont evenwel een verhoogde concentratie aan radium. De metingen uitgevoerd in 2013 (0,7 Bq/l Ra-226) bevestigen de tendens beschreven in het radiologisch toezichtsrapport van 2012.

De staalname van het lozingswater van deze laatste drie ondernemingen werd uitgevoerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).

8.2.2.2 Metingen van grondwater en percolaatwater van stortplaatsen

Grondwater, percolaatwater en lozingswater van verschillende stortplaatsen (of CET's) werden onderzocht. Analyses werden uitgevoerd in de volgende 5 CET van klasse 2 in Wallonië:

- CETB te Monceau-sur-Sambre (Henegouwen)
- Cour-au-Bois (Waals-Brabant)
- Habay-la-Neuve en Tenneville (Provincie Luxemburg)
- Hallembaye (Provincie Luik)
- Mont-Saint-Guibert (Waals-Brabant)

De CET van klasse 5.1[4] (mono-stortplaatsen) die door ArcelorMittal te Seraing worden uitgebaat (« La Chatqueue » - residuen van de siderurgie) en door ERACHEM-COMILOG te Saint-Ghislain (productie van mangaan) werden ook bestudeerd.

Op de web-site van het Waals Gewest is een technische beschrijving van de Waalse CET's terug te vinden:

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

[4] CET klasse 5.1: mono-stort voor gevaarlijk afval

In Vlaanderen werd de stortplaats voor gevaarlijk afval uitgebaat door INDAVER te Antwerpen bestudeerd.

Er werd systematisch op elk staal een meting gedaan van alfa-totaal en bêta-residueel. Afhankelijk van de situatie werd er bijkomend een bepaling gedaan van uranium, radium-226, radium-228 en lood-210.

De conclusies van de uitgevoerde metingen zijn de volgende :

Grondwater

- De waarden van de **alfa-totaal** (maximaal 0,15Bq/l) zijn allemaal compatibel met de natuurlijke achtergrondwaarden
- Er werden dus geen verhoogde natuurlijke radionucliden (behalve dan kalium) in het grondwater vastgesteld.

Percolaat en lozingswater :

- Voor **alfa-totaal** zijn alle gemeten waarden lager dan 1 Bq/l zowel in het percolaat als in het lozingswater. De hoogst gemeten waarde in het lozingswater is 0,76 Bq/l (Cour-au-Bois)
- De waarden van bêta-totaal in het percolaat- en lozingswater zijn systematisch verhoogd, maar dit is voornamelijk te verklaren door de aanwezigheid van K-40
- De waarden van alfa- en bêta-totaal zijn in het algemeen van dezelfde grootteorde voor en na het waterzuiveringsstation
- De activiteiten gemeten voor uranium en radium zijn nooit verhoogd

In het algemeen kan gesteld worden dat de referentiewaarden nergens worden overschreden, noch in het grondwater, noch in het percolaat.

Samengevat kan er gesteld worden dat de actuele radiologische impact van de NORM-industrie die nog in activiteit is in België beperkt is. Desalniettemin maken de activiteitsconcentraties van de residu's in de mono-stortplaatsen van TESSENDERLO CHEMIE een radiologische opvolging van deze sites noodzakelijk. In het bijzonder dient in het kader van de stopzetting van de fosfaatafdeling door TESSENDERLO CHEMIE eind 2013 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 er 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.

Deze twee 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 2013. De variaties zijn te wijten aan posities van de meetpunten en aan de atmosferische condities.

	UMTRAP			**Installatie voor tussentijdse opslag « Bankloop »**		
	# meetpunten	Min	Max	# meetpunten	Min	Max
Concentratie Rn-222 in buitenlucht (Bq/m^3)	3	31	174	6	10	194
Concentratie[5] Ra-226, oppervlaktewater (mBq/l)	2	7,9	16,5	2	6,4	41
Concentratie Ra-226, grondwater (mBq/l)	4	5,5	17,8	4	10	41
Concentratie Ra-226, percolaat (mBq/l)	0	-	-	1	8,8	62,4

Naast het materiaal opgeslagen in deze twee 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.

[5] De meetwaarden voor alfa-totaal stijgen echter wel sinds 2009 (3,19 Bq/l alfa-totaal in 2013) : een meting adhv alfa-spectrometrie heeft ook de aanwezigheid van uranium vastgesteld.

De stortplaats D1 toont de hoogste waarden van contaminatie : de gemiddelde activiteitsconcentratie van Ra-226 voor het geheel van het gestorte volume (217000 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. Twee grondwaterstalen afkomstig van de omgeving van de D1 stortplaats werden in 2013 geanalyseerd, en er werden geen abnormale waarden gemeten.

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

Op initiatief van UMICORE in het kader van de opvolging van de sanering van de Bankloop werden sommige aanpalende terreinen radiologisch gekarakteriseerd (een voetbalterrein en een speelplaats van een school) in de loop van 2012, gevolgd door saneringswerken. Radonmetingen werden ook uitgevoerd in de kelder en in sommige klassen van de school. Er werden waarden vastgesteld die beduidend hoger zijn dan de regionale gemiddelden in deze streek in de kelder van de school (190 Bq/m³) en in één klas (126 Bq/m³), waarop er een ventilatiesysteem geïnstalleerd werd.

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. ALGEMENE CONCLUSIES

De herziening van het volledige programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied – die werd doorgevoerd van 2003 tot 2004 en die gebaseerd was op een poging tot harmonisatie van de bibliotheken van de gemeten radionucliden voor het gehele grondgebied, alsook op 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) – maakte het mogelijk de verschillende gewesten van het land beter te controleren, rekening houdend met hun specifieke kenmerken. Vergelijkingen tussen de compartimenten van elk gewest en tussen de gewesten onderling worden daardoor eenvoudiger.

Analyse van de resultaten die werden verkregen in het kader van het radiologisch toezicht op het Belgisch grondgebied van 2013, 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 ^{7}Be) 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 "afdalen" 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).

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 productievestigingen van voedingsfosfaten – NORM-industrie - in de streek van Tessenderlo. Zo bevatten de sedimenten van de Molse Nete een significante concentratie aan splijtingsproducten (^{137}Cs) en kunstmatige zware radionucliden, in de vorm van sporen van transurane nucliden ($^{239+240}$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 en van de productievestigingen voor voedingsfosfaten de voorbije jaren duidelijk verminderd is.

Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle heeft beslist in 2012 nieuwe, automatische en permanente meetstations voor de gammaradioactiviteit in de oppervlaktewateren te plaatsen. De continue gegevens zullen gebruikt worden 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 zeer goed voldoet aan zijn nationale en internationale verplichtingen.