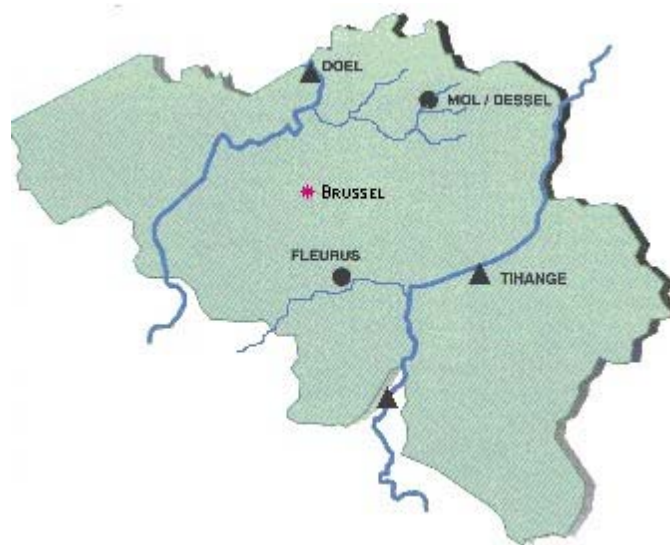


DIENST TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED

Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2005



Michelle BOUCHONVILLE – Dr. Lionel SOMBRE

- september 2006 -



Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle

Departement Controle en Toezicht

Dienst Toezicht op het Grondgebied

Cel Radiologisch Toezicht op het Grondgebied

Ravensteinstraat, 36 B-1000 Brussel - België

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

E-mail: info@fanc.fgov.be

Auteurs:

Dr. Lionel SOMBRE, verantwoordelijke voor het Radiologisch Toezicht op het Grondgebied

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

E-mail: lionel.sombre@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:

- **Michel DESMEDT**, ing., verantwoordelijk voor het TELERAD-netwerk
- **Jurgen CLAES**, ir., voor de opvolging van de radioactieve lozingen van de nucleaire installaties en de verwerking van de TELERAD-gegevens (kaart omgevingsblootstelling).

Samenwerking met externe instellingen

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

WIV- Brussel

Onderzoeksverantwoordelijken: J-L. Avaux, E. Minne, P. Van Den Broeck, F. Heynen en O. Laurent

Technische medewerkers: C. Falisse, J. Vanderlinden, C. Dehaese en V-H. Dang

Administratief medewerkster: N. Marechal

Kwaliteitscoördinatrice: C. Delporte

Programmaleider: J-M. Flémal

Sectiehoofd: S. Hallez

IRE – Fleurus

Verantwoordelijke afdeling metrologie en radioprotectie milieu: Ph. van Put

Verantwoordelijke metrologie/dosimetrie: C. De Lellis,

Verantwoordelijke radiochemie: D. Tomasevszky

Laboratoriumtechnici: J-L. De Stercke, E. Calande, A. Demoulin, J. Gustin en N. Cecchetto

Diensthoofd veiligheid: A. Debauche

Secretariaat veiligheidsdiensten: A. Terranova

SCK•CEN – Mol

Sectie radio-ecologie: M. Van Hees, E. Tessens, J. Sannen en P. Bens

Metingen lage niveaus:

Supervisie: Ch. Hurtgen, F. Verzezen

Monsterneming & conditionering van de monsters: R. Verkooyen, B. Bouwens en B. Ruts

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

Spectrometrie: M. Bruggeman, E. Daniëls, I. Geboers, G. Damen en P. Willeborts

Omgevingsdosimetrie: Ph. Antoine, F. Vanhavere, L. Van de Velde en L. Maes

Projectleider van het departement Onderzoek en Strategieën: F. Hardeman

In samenwerking met:

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

Universitaire faculteit voor landbouwwetenschappen - Gembloux

Verzamelen en gereedmaken van de monsters: M. Meurice-Bourdon en O. Burton

Analyses van de radioactiviteit: IRE

Wetenschappelijke opvolging: M. Meurice-Bourdon en O. Burton

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	1
BASISBEGRIPPEN OVER RADIOACTIVITEIT EN BLOOTSTELLING AAN STRALINGEN	3
INLEIDING	4
SAMENVATTING	7
1. HET CONTINU RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED : HET TELERAD-NETWERK	8
1.1 DOELEN VAN HET NETWERK	8
1.2 TELERAD: RADIOLOGISCH INSTRUMENT	8
1.3 TELERAD: METEOROLOGISCH INSTRUMENT	10
1.4 TELERAD: INSTRUMENT VOOR HET BEREKENEN VAN DE EXTERNE BLOOTSTELLINGSDOSIS	11
2. HET RADIOLOGISCH TOEZICHTSPROGRAMMA VAN HET GRONDGEBIED BEGRIJPEN	12
2.1 OORSPRONG VAN DE IN BELGIË GEMETEN RADIOACTIVITEIT	12
2.2 WETTELIJK EN REGLEMENTAIR KADER	13
2.2.1 Nationaal wettelijk kader	13
2.2.2 Internationaal wettelijk kader	14
2.3 NUCLEAIR TOEZICHTSPROGRAMMA VOOR HET GRONDGEBIED	15
2.4 BESCHRIJVING VAN HET NETWERK VOOR RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED	18
2.4.1 De grote pijlers van het netwerk	18
2.4.2 De overdrachtvectoren van de gecontroleerde radioactiviteit	22
Het bekken van Maas en Samber	22
Het bekken van Schelde en Nete	23
De maritieme zone: de Belgische kuststreek	25
De referentiezone	26
De voedselketen: drinkwater, melk en voedingsmiddelen	26
Controle van de dosimetrie dichtbij de nucleaire sites	28
Opvolging van de lozingen van nucleaire sites	28
3. HET BEKKEN VAN DE MAAS EN DE SAMBER	30
3.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT	31
3.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	33
3.3 RADIOACTIVITEIT IN DE RIVIEREN	35
4. HET NETE- EN SCHELDEBEKKEN	39
4.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT	40
4.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	41
4.3 RADIOACTIVITEIT IN DE RIVIEREN	43
5. DE MARITIEME ZONE: DE BELGISCHE KUST	47
5.1 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	47
5.2 RADIOACTIVITEIT VAN HET MARIENE MILIEU	49
6. DE REFERENTIEZONE	51
6.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT	51
6.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	52
7. DE VOEDSELKETEN: DRINKWATER, MELK EN VOEDINGSPRODUCTEN	54
7.1 RADIOACTIVITEIT VAN HET DRINKWATER	55
7.2 RADIOACTIVITEIT VAN MELK	57
7.3 RADIOACTIVITEIT VAN VOEDINGSMIDDELEN	59
7.4 RADIOACTIVITEIT VAN DE PROEFMAALTIJDEN	62
8. CONTROLE VAN DE DOSIMETRIE NABIJ DE NUCLEAIRE SITES	63
9. OPVOLGING VAN DE UITSTOOT VAN NUCLEAIRE SITES	66
9.1 ATMOSFERISCHE UITSTOOT	66
9.2 VLOEIBARE UITSTOOT	67
9.2.1 Kerncentrales	67
9.2.2 Andere nucleaire sites	68
9.2.3 Niet-nucleaire sites	70
9.2.4 Gegevens van Electrabel in verband met de kerncentrales	70
10. ALGEMENE CONCLUSIES	71

VOORWOORD

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

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

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

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

Men kan inderdaad niet de mogelijkheid 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.

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, 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, sinds 2001 uitgeoefend onder

de verantwoordelijkheid van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, dat met name belast wordt met de *controle van de radioactiviteit van het gehele grondgebied en met het toezicht op de door de bevolking ontvangen doses ioniserende straling*, wat het in alle objectiviteit en transparantie uitvoert¹.

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 *radio-elementen*, 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 radio-element zich eens en voor altijd in een stabiel element.

Soorten straling De drie belangrijkste door radio-elementen 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 meer energie transporteert.

Ioniserende stralingen Omwille van de elektrische lading of 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 of 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 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 omdat ze samengesteld is uit veel zwaardere deeltjes. Ze 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 de stralingen gebruikt voor medische doeleinden. De Europese richtlijn van 1998 inzake drinkwater bepaalt daarenboven dat de totale jaarlijkse via drinkwater ingenomen dosis niet hoger mag zijn dan 0,1 mSv.

INLEIDING

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

Jaar na jaar toont dit toezicht inderdaad dat de radiologische situatie op het Belgische grondgebied in het algemeen geen problemen stelt. Het geeft trouwens de inspanningen weer, geleverd door de uitbaters van installaties waar activiteiten plaatsvinden die een radiologische impact kunnen hebben op het leefmilieu, om deze impact te verminderen. Zo zijn deze verplicht al het mogelijke te doen om hun uitstoot onder de toegestane limieten te houden en bijgevolg 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. Het 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 zoals de kuststreek en de zogenoemde referentiezones zoals de Brusselse agglomeratie, de grootste Belgische agglomeratie, met 10% van de bevolking.
- *Nabij toezicht rondom de 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 en van Sterigenics, in Fleurus (industriële zone).

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

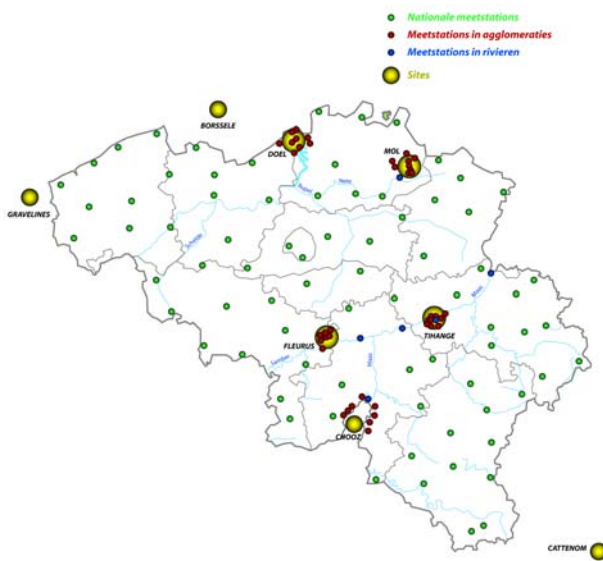
1. borg staan voor de naleving van de wettelijke en reglementaire voorschriften inzake de besmetting van het leefmilieu,
2. via de controle van de uitstoot in het leefmilieu nagaan of dit laatste gebeurt conform de toegestane normen en limieten,
3. desgevallend de doses evalueren waaraan bepaalde bevolkingsgroepen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

Het nabije toezicht richt zich ook op de installaties waar radio-elementen worden gebruikt zoals ziekenhuizen, universiteiten of bepaalde industrieën, zoals de fosfaatmeststof producerende industrie in de regio van Tessenderlo. Bijzonder aan het procédé van deze niet-nucleaire industriële activiteit is de concentratie van een natuurlijk radio-element, radium 226, in de vloeibare lozingen die het uitstoot.

In de praktijk wordt het radiologisch toezicht op het grondgebied, zowel wat betreft kunstmatige en 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*. Zijn 212 meetbakens meten voortdurend de totale radioactiviteit in de lucht, de atmosferische stofdeeltjes en het water van de rivieren (Maas, Samber en Molse Nete). Deze meetpunten 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 dosisdebiet houdt verband met het niveau van de natuurlijke radioactiviteit, ook achtergrondstraling genoemd.

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 flora en fauna van de rivieren en de zee, melk, vlees, vis, groenten, etc.

De monsters worden in opdracht van het Agentschap afgenomen door gespecialiseerde teams van het SCK•CEN, het IRE, het Wetenschappelijk Instituut voor de Volksgezondheid- Louis Pasteur in Brussel (WIV) en de Universitaire Faculteit voor Landbouwwetenschappen in Gembloux (FUSAGX). 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 radio-elementen 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 radio-elementen (zoals beryllium 7 en kalium 40) die dienst doen als referentiepunten, en radio-elementen kenmerkend voor specifieke menselijke activiteiten (zoals de radio-elementen die verband houden met de productie van splijtstof voor kernreactoren, radioactieve tracers gebruikt in de nucleaire geneeskunde, en radium 226, het natuurlijk radio-element dat geconcentreerd voorkomt in de vloeibare lozingen van het productieprocédé van fosfaathoudende meststoffen). 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 4000 jaarlijkse monsternemingen, die het voorwerp zijn van bijna 27000 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 de 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, wanneer ze eenvoudigweg niet 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 2005. 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);

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 de opvolging van de atmosferische en vloeibare lozingen van de belangrijkste nucleaire sites en dosisdebietmetingen in de omgeving van deze installaties. De onbewerkte resultaten zijn verkrijgbaar op verzoek evenals de specifieke verslagen over het radiologisch toezicht op de voedselketen.

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 radio-elementen 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 bijna 4000 monsters die het voorwerp zijn van zo wat 27000 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 bijzonder probleem 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, waarbij de rotsbodems in het zuiden van het land meer radon (natuurlijk radioactief gas) uitwasemen 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 fosfaatmeststofindustrie 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.

Er dient altijd toezicht te worden gehouden op het mariene milieu – idealiter op een meer continue manier via het gebruik van automatische radioactiviteitmeetsondes – om met tastbare meetresultaten te kunnen blijven voldoen aan de dwingende eisen van de internationale instanties voor de lidstaten waaronder ook België.

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 212 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 kerninstallaties van Tihange, Doel, Mol, Fleurus en Chooz, evenals in de agglomeraties in de nabijheid van deze installaties. Deze meetpunten zijn verbonden met een centraal systeem dat automatisch wordt gealarmeerd als abnormale verhogingen van de radioactiviteit worden gedetecteerd.

1.1 DOELEN 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 hoogste 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 drie types meetpunten voor de meting van radioactiviteit in de lucht:

Op het grondgebied bevinden zich 131 **dosimetriemeetstations** voor de meting van de gammaradioactiviteit in de omgeving en 58 in de buurt van de nucleaire sites van het SCK•CEN, Tihange, Doel en het IRE (en in de buurt van de laars van Givet voor het toezicht op de nucleaire site van Chooz). De foto hiernaast toont een geopend meetpunt met zicht op zijn drie detectoren en zijn elektronica.

Elk meetbaken is uitgerust met een regendetector die informatie verstrekt over de aanwezigheid en de duur van een regenepisode.

7 **aërosolmeetstations** voor de meting van de radioactiviteit in stofdeeltjes in de lucht (aërosolen en fijne deeltjes) die de totale alfa- en bètaradioactiviteit bepalen. Drie aërosolmeetstations (op de sites van het SCK•CEN, het IRE en FANC) zijn verbonden met



een gammaspectrometrie-eenheid die de stofdeeltjes in de lucht meet.



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

Deze meetpunten worden aangevuld met een meetpunt voor radioactief jodium in aërosolen en deeltjes in de lucht wanneer een vooraf bepaalde bètaradioactiviteitsdrempel (7 eenheden in totaal gekoppeld aan de alfa/bèta-meting) wordt overschreden. Wanneer de waarschuwingdrempels 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.

De foto rechts toont de detector in zijn afscherming (cilinder) en de parallellepipedum buis met de patronen radioactieve koolstof (rechts).



TELERAD beschikt ook over 6 **meetbakens langs rivieren** die voortdurend de gammaraadioactiviteit van het rivierwater meten. Deze stations 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 2 leidingen vertrekken en waarin 2 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.



In het station bevindt zich een gammaspectrometrie-eenheid (NaI kristal gekoppeld aan een tweekanaalanalysator) 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.

Links van de gammaspectrometrie-eenheid bevindt zich een monstertrekker 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 bètaspectrometricanalyses in laboratoria.

Uiterst links op de foto bevindt zich een automatische, programmeerbare monstertrekker (Buhler type PP MOS) waarmee het water in de 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.

1.3 TELERAD: METEOROLOGISCH INSTRUMENT

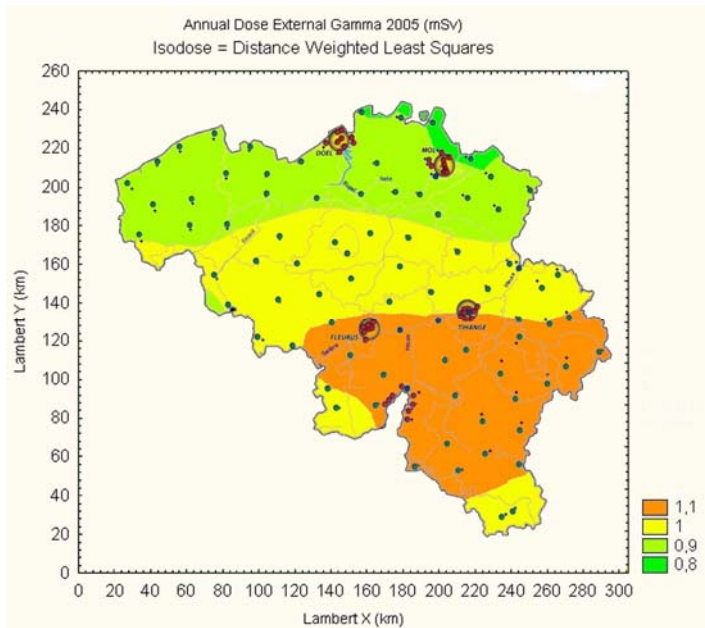


TELERAD beschikt langs de grenzen en in de buurt van nucleaire sites over meteorologische meetinstrumenten (windrichting en -snelheid) gemonteerd op 9 masten van elk 10 meter hoog. In de nabijheid van nucleaire sites zijn ook 4 dertig meter hoge weermasten opgesteld (windsnelheid en windrichting, pluviometrie, 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 12 verplaatsbare meetstations om de gammaradioactiviteit in de omgeving te meten. Deze meetpunten kunnen op een gedeelte van het grondgebied worden opgesteld dat men uitvoerig wil onderzoeken.

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



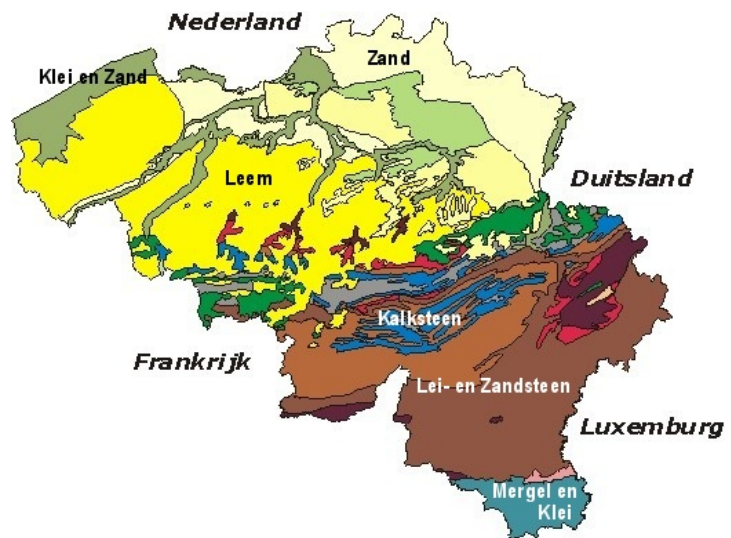
Het TELERAD-netwerk meet continu een dosistempo ($\mu\text{Sv}/\text{u}$). Hierdoor kan meetpunt per meetpunt de jaarlijkse blootstelling aan gammastraling worden berekend. Met behulp van een interpolatie kan een familie waarden onder dezelfde kleur worden ingedeeld en op een kaart worden weergegeven.

De kaart links toont het resultaat van een dergelijke behandeling die leidt tot het opstellen van een kaart van de achtergrondstraling ten gevolge van gamma-radioactiviteit. Deze achtergrondstraling is de jaarlijkse blootstelling op het grondgebied uitgedrukt in mSv (externe

blootstelling gammastralingsdosis).

De analyse van deze blootstellingkaart toont dat de gemiddelde blootstellingdosis aan gammastraling in België 1 mSv/jaar bedraagt, ze varieert van 0,8 mSv/jaar in het Noorden en bereikt globaal 0,9 mSv/jaar in Vlaanderen en globaal 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 zoals zandsteen en leisteen is in het algemeen hoger, wat in België voor de Ardennen gemakkelijk na te gaan is – 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 en noordwesten 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” elementen te vormen zoals ${}^7,10\text{Be}$, ${}^{32,33}\text{P}$, ${}^{22}\text{Na}$, ${}^{35}\text{S}$, ${}^{39}\text{Cl}$, ${}^{26}\text{Al}$, ${}^{14}\text{C}$ en ${}^3\text{H}$.

Deze natuurlijke radioactiviteit heeft ook een aardcomponent: de *aardstraling* die wordt gegenereerd door de natuurlijke radio-elementen in de bodem en het ondergrondse water zoals:

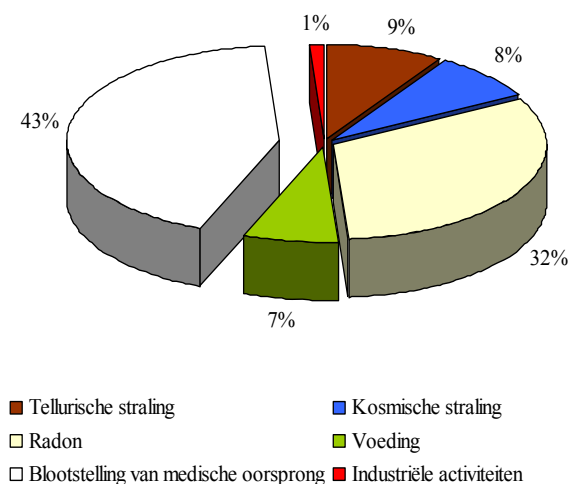
- De primaire samenstellende elementen van het zonnesysteem, met name radio-elementen met zeer lange fysische halfwaardetijd (tijd nodig tot de helft van de radioactiviteit verdwijnt) zoals ${}^{235,238}\text{U}$, ${}^{40}\text{K}$, ${}^{232}\text{Th}$, ${}^{187}\text{Re}$, ${}^{138}\text{La}$, ${}^{147}\text{Sm}$, ${}^{190}\text{Pt}$;
- De elementen rechtstreeks of onrechtstreeks geïnduceerd door nucleaire reacties ten gevolge van incidentele kosmische straling zoals ${}^{239}\text{Pu}$, ${}^{237}\text{Np}$, ${}^{30}\text{Cl}$, ${}^{90}\text{Sr}$ en andere splijtingsproducten gegenereerd door neutronen (en de reeds vermelde “kosmogene” elementen 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 Belgoproces 1 en 2, van Belgonucleaire, FBFC International en van het IRE;
- De niet-nucleaire fosfaatmeststofindustrie in Tessenderlo;
- Nucleair onderzoek in laboratoria zoals die van het SCK•CEN, en universiteiten;
- De nucleaire geneeskunde in de ziekenhuizen die de voorbije jaren verantwoordelijk is voor een stijging van de gemiddelde blootstelling van de bevolking, namelijk van de

oudste bevolkinglagen in België, die van 25-30% in de jaren 1995 steeg tot meer dan 40% in de jaren 2000.

Jaarlijks gemiddelde blootstelling aan ioniserende stralingen in België (UNSCEAR 2000)



De totaliteit van deze radioactiviteit 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. 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 reglementair 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 naar de maatschappij toe.

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).

Er dient ook te worden opgemerkt dat het Frans-Belgische samenwerkingsakkoord van 8 september 1998, inzake de kerncentrale van Chooz op de Maas in Frankrijk dichtbij de grens met België. 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.

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

De toekomstige omzetting in nationale reglementering (ARBIS) van de richtlijn 98/83/CE van de Raad van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water, waarvan de technische bijlagen worden afgerond, zal België dwingen zeer snel de verplichting na te komen een groot aantal monsters, bronnen, etc. te controleren bestemd voor de productie van drinkwater, in het bijzonder in Wallonië.

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 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

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.

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.

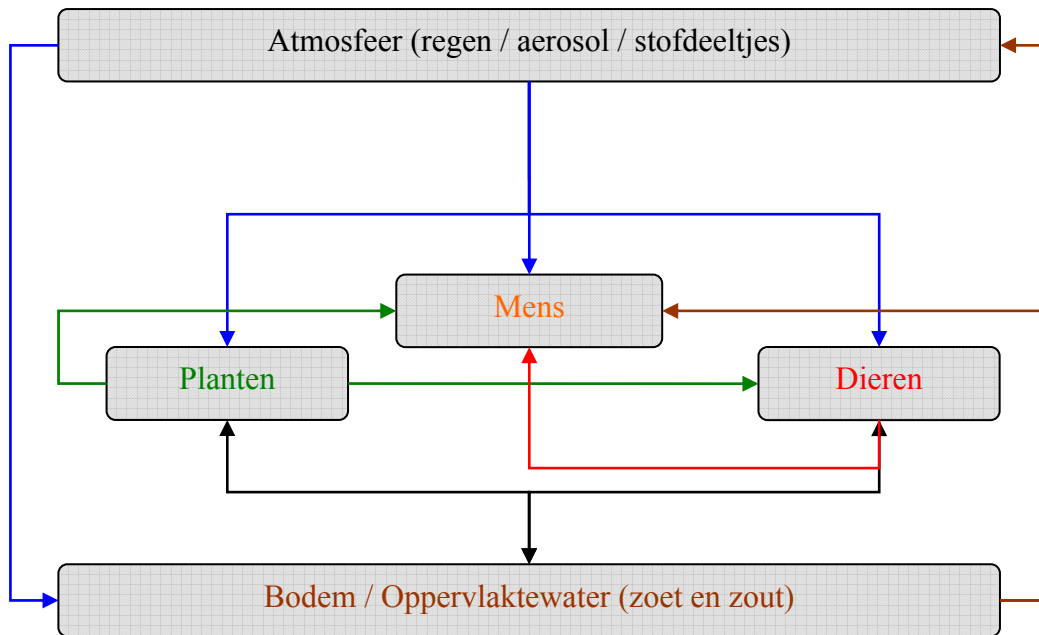
Tot slot hebben de conferenties van de specialisten op het gebied van de bescherming van het leefmilieu tegen ioniserende stralingen, gehouden bij het Internationaal Agentschap voor Atoomenergie (IAEA), sinds eind 2001 eens te meer de hierboven uiteengezette tendensen bevestigd.

2.3 NUCLEAIR 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 radioelementen die bepaald wordt via een groot aantal metingen op een zeer uitgebreide monsterneming van de milieucomponenten (lucht, water, bodem, voedselketen).

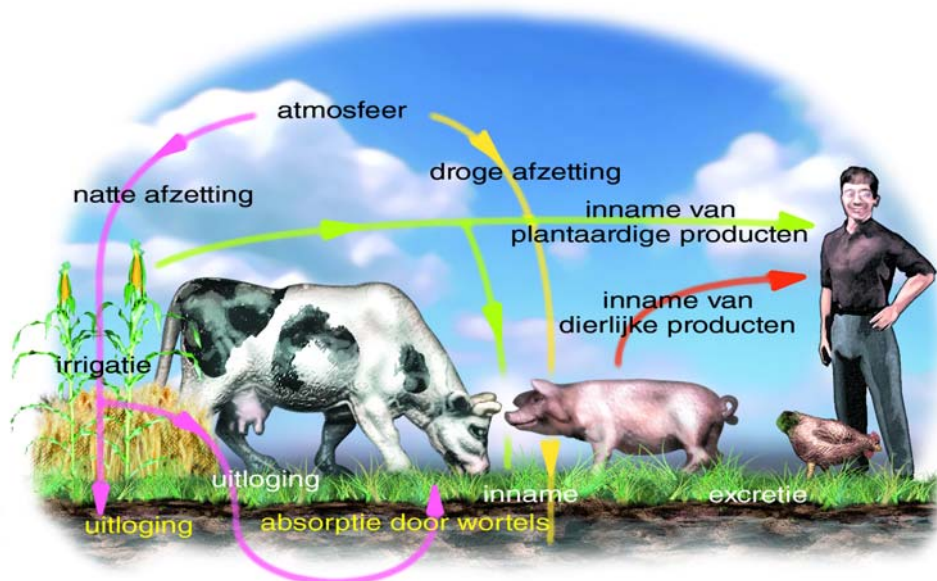
Zoals reeds aangegeven, gebeurt het radiologisch toezicht op het grondgebied enerzijds via een radiologisch toezichtsprogramma, steunend op monsternemingen en analyses (metingen van radioactiviteit), en anderzijds via het automatische TELERAD-netwerk, dat hoofdzakelijk dosistempometingen uitvoert op vaste punten, aangevuld met metingen uitgevoerd met behulp van thermoluminescente dosimeters (TLD) opgesteld in agglomeraties in de nabijheid van nucleaire sites. 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 minof meer geconcentreerd zijn in bepaalde compartimenten, zoals bijvoorbeeld in klei (bodembestanddelen, sedimenten) voor radiocesium dat de bewegingen van kalium “volgt” dat als “chemisch analoog” wordt beschouwd. 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 radio-elementen aangepast om op een optimale manier te beantwoorden aan deze opdrachten en eisen. Volgens het type installaties aanwezig op de nucleaire sites, volgens het type toepassingen en volgens de meer specifieke aard van sommige toepassingen, werden bepaalde radio-elementen systematisch toegevoegd aan de lijsten op te sporen radio-elementen, 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 en Maas: jodium (^{131}I) want ze ontvangen het afvalwater van de ziekenhuiscentra in de grote aangrenzende agglomeraties;
- in de Molse Nete: $^{234,235,238}\text{U}$ en de transuranen – $^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , naast de gebruikelijke gammastralers (splijtings- en activeringsproducten waaronder radiocesium) want deze waterloop ontvangt vloeibare lozingen van de nucleaire installaties van de sites van Mol-Dessel via de behandelingsinstallaties voor vloeibare afvalstoffen van Belgoprocess 2;
- in het Netebekken: ^{226}Ra want deze rivier krijgt het water te verwerken van de Grote Laak en de Winterbeek waar de productiefabriek van fosfaatmeststof van Tessenderlo zijn kunstmatig met radium verrijkt behandelingswater 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): $^{234,235,238}\text{U}$ en de transuranen – $^{238,(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , naast de gebruikelijke reeks gammastralers (waaronder radiocesium), organisch ^{90}Sr , ^{99}Tc en ^3H als markers van de activiteit van de kernindustrie – kern- en opwerkingscentrales - en fabrieken voor de opwerking van splijtstof gebruikt in La Hague (Frankrijk) en Sellafield (Verenigd Koninkrijk);
- in het kader van artikel 36 van het EURATOM-verdrag: de “controle” radio-elementen van natuurlijke oorsprong, zoals ^7Be (kosmogeen) - gevraagd door de EC - en ^{40}K - overal in het milieu en het menselijke lichaam aanwezig (à ratio van 60 à 70 Bq/kg).

2.4 BESCHRIJVING VAN HET NETWERK VOOR RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED

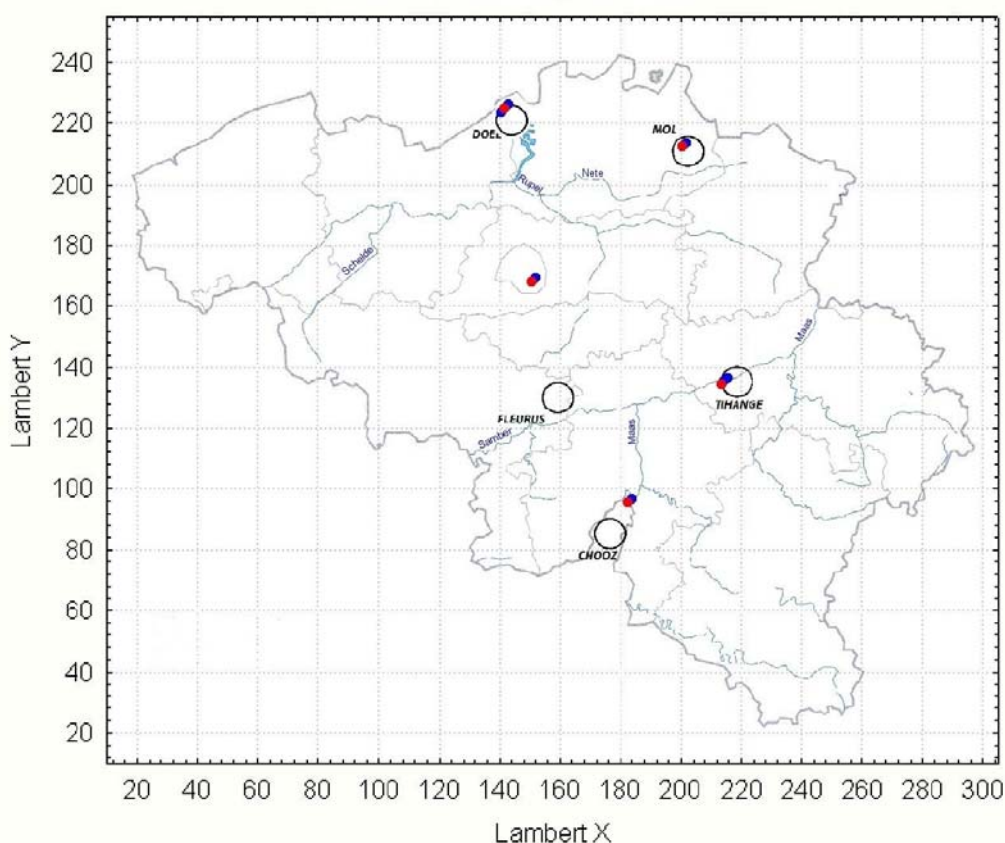
Het toezichtsn netwerk bestaat uit een geheel van zones en locaties waar monsters worden genomen, die vervolgens naar het laboratorium worden gebracht waar ze worden geconditioneerd en vervolgens gemeten om het niveau van radioactiviteit te bepalen. Ieder jaar worden bijna 4000 monsters genomen waarop ongeveer 27000 radioactiviteitanalyses worden uitgevoerd.

2.4.1 De grote pijlers van het netwerk

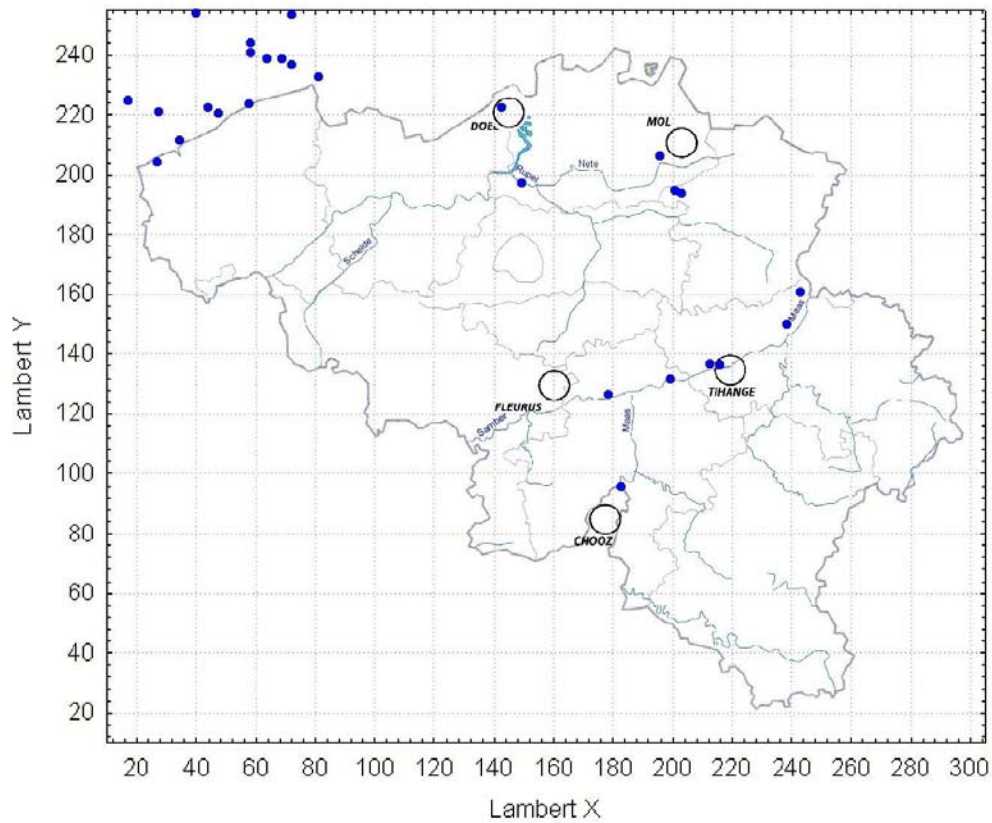
De twee grote pijlers van het netwerk voor radiologisch toezicht zijn:

- Het toezicht op de atmosfeer dichtbij nucleaire sites en in referentiezones door middel van monsternemingen van stofdeeltjes in de lucht, regen en oppervlakteafzetting (droge afzetting – van deeltjes en/of natte afzetting – regen in bakken gevuld met water – dunne waterfilm op een gekend oppervlak om kleine deeltjes op te vangen);

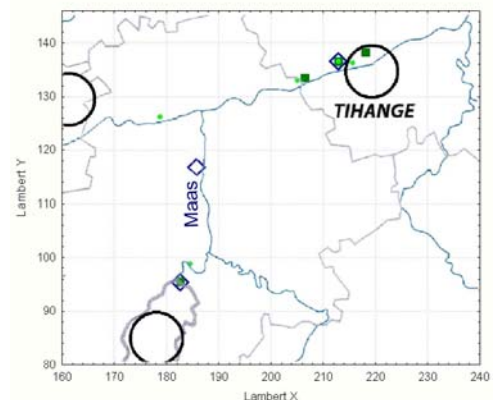
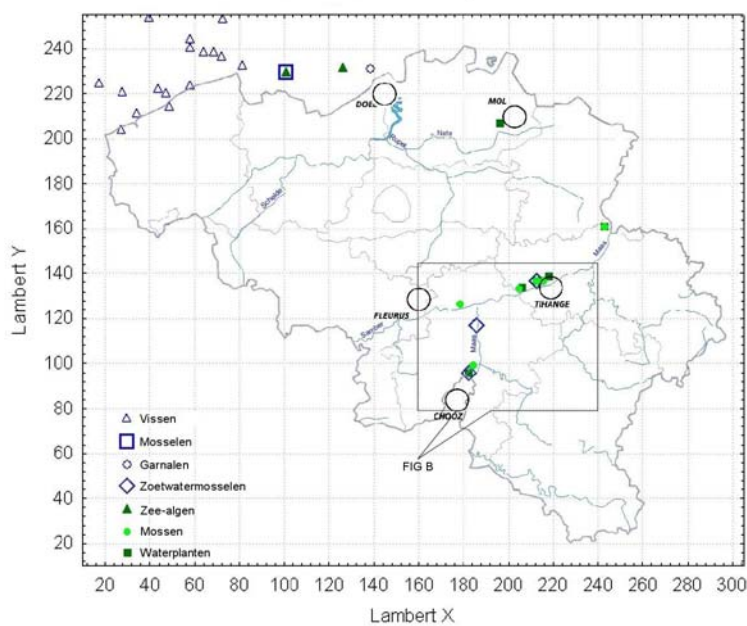
Bemonsteringspunten van stofdeeltjes uit de lucht (rood) en neerslag (blauw)



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

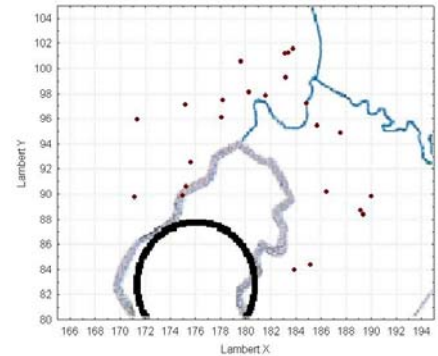
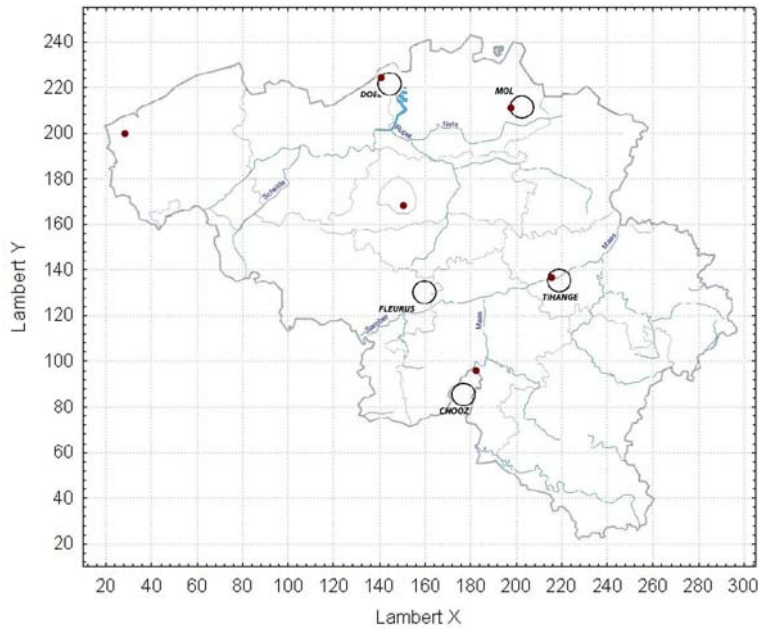


- Toezicht op het levend milieu met het opsporen van radioactiviteit in de waterfauna en flora van zoet water en zeewater (bio-indicatoren voor de aanwezigheid van radioactiviteit);



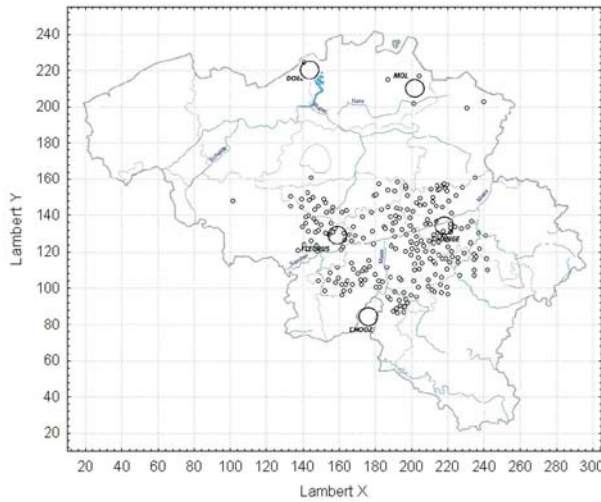
Afbeelding B

- Toezicht op landzones, bodembemonstering in de onmiddellijke omgeving van nucleaire sites in bepaalde proefregio's (de Noordzeekust, de Ardennen, de regio van Brussel-Hoofdstad);

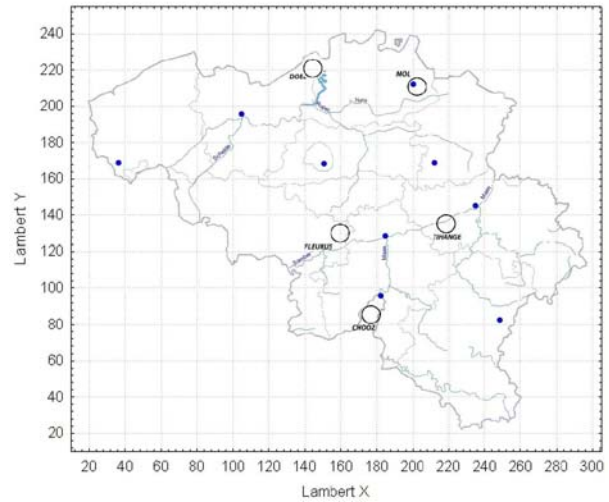


De omgeving van Chooz

- Toezicht op de voedselketen met de controle van melk (supermarkten en zuivelbedrijven die melk ophalen bij een groot aantal boerderijen, vooral geconcentreerd in Wallonië), op drinkwater en levensmiddelen afgenomen op markten en bij kleinhandelaars;

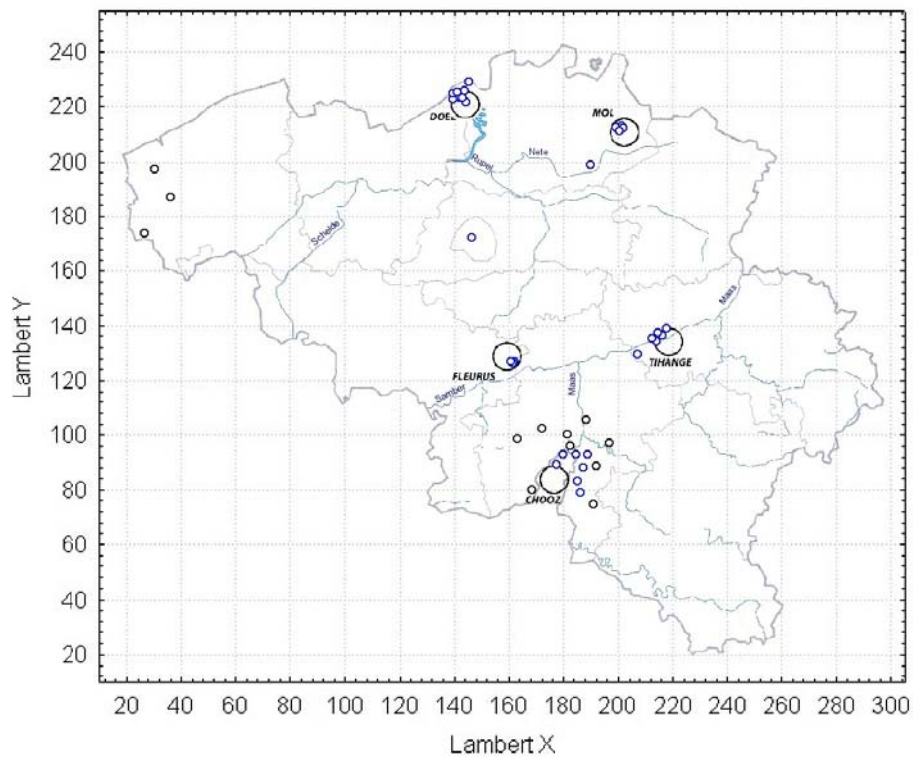


Bemonsteringspunten melk

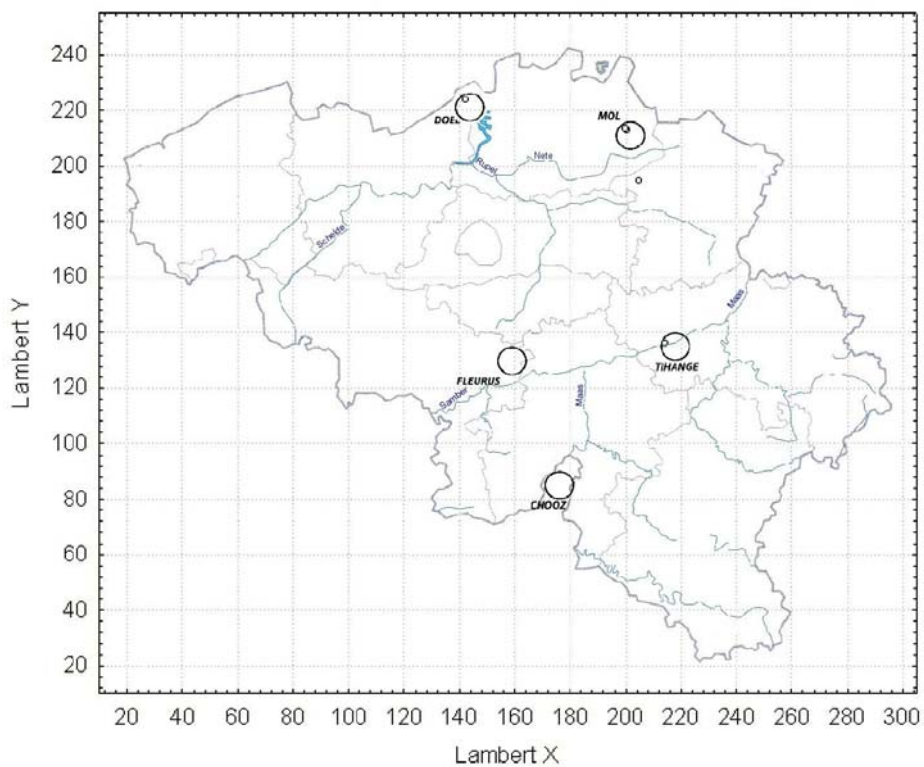


Bemonsteringspunten drinkwater

- Omgevingsdosimetrie via de installatie van thermoluminescente dosimeters (TLD), maandelijks geplaatst in de agglomeraties in de omgeving van nucleaire sites.



- De opvolging van atmosferische en vloeibare lozingen van de nucleaire installaties (kerncentrales, site van Mol-Dessel, etc.) en niet-nucleaire lozingen (de ^{226}Ra -lozingen van Tessenderlo);



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

2.4.2 De overdrachtvectoren van de gecontroleerde radioactiviteit

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

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

Het bekken van Maas en Samber

Dit bekken ontvangt de vloeibare lozings 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 ongeveer 1200 monsters genomen waarop ongeveer 10500 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de Samber – en Maasbekkens

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

Compartiment	Bekken en plaats van de bemonsteringspunten		Type meting	Frequentie monsterneming	
	Samber	Maas			
Bodem	blijvende weide (colluvium – 5 cm + kortgeknipt gras)	In de omgeving van de site van het IRE (Fleurus)	In de omgeving van de site van Chooz	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	jaarlijks
			In de omgeving van de site van Tihange	^{131}I in de omgeving van het IRE	
	landbouwgronden		in de omgeving van de laars van Chooz (30 punten)	γ spectrometrie α , ^{90}Sr , ^{226}Ra	jaarlijks
	Plantaardige landbouwproducten		γ spectrometrie, ^{90}Sr , ^3H , ^{14}C		
Rivier	water	Floriffoux	Heer-Agimont, Andenne, Hoei, Ampsin, Monsin, Lixhe	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra	om de 4 weken
				β spectrometrie totaal, α totaal, ^3H , ^{40}K , (^{131}I in de omgeving van het IRE)	wekelijks
	sedimenten	Floriffoux	Heer-Agimont, Andenne, Ampsin, Lixhe	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th , (^{131}I in de omgeving van het IRE)	om de 4 weken
	waterplanten, mos, mosselachtigen	Floriffoux	Heer-Agimont/Hastière/Waulsort, Rivière, Andenne, Hoei, Ampsin/Amay, Monsin, Lixhe	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th organisch ^3H	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 chemische meststoffen in de omgeving van Tessenderlo.

In het volledige bekken worden bijna 1000 monsters genomen waarop 5300 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van het Schelde- en Netebekken

Compartiment	Bekken en plaats van de bemonsteringspunten		Type meting	Frequentie monsterneming	
	Schelde	Nete			
Atmosfeer	stofdeeltjes	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb	om de 4 weken
				α spectrometrie totaal in de omgeving van Mol	dagelijks
				β spectrometrie totaal: op papierfilters, na 5 dagen verval	dagelijks
	neerslag	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol	γ spectrometrie (onbehandeld water): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	om de 4 weken
			β spectrometrie totaal, α totaal, ^3H , ^{90}Sr (gefilterd water)	om de 4 weken	
			β spectrometrie totaal, α totaal (filterneerslag)	om de 4 weken	
Bodem	blijvende weide (colluvium – 5 cm + kortgeknipt gras)	In de omgeving van de site van Doel	In de omgeving van de site van Mol	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	jaarlijks
				α spectrometrie: $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am in de omgeving van Mol	
Rivier	water	In de omgeving van Doel	Grote Laak & Grote Nete Molse Nete	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra	om de 4 weken
				Spectrometrie β totaal, α totaal, ^3H , ^{40}K	wekelijks
			Winterbeek	γ spectrometrie: ^{226}Ra	om de 4 weken
				β spectrometrie totaal, α totaal, ^{40}K	wekelijks
			Rupel (Boom)	γ spectrometrie: ^{226}Ra	om de 4 weken
	sedimenten	In de omgeving van Doel	Grote Laak & Winterbeek Grote Nete	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	om de 4 weken
Rivier			Molse Nete	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	om de 4 weken
				^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	
				γ spectrometrie: ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , organisch ^3H	driemaandelijks
waterplanten		Molse Nete	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	driemaandelijks	
			^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , organisch ^3H		
garnalen	estuarium stroomafwaarts van Doel (Kieldrecht)		γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	driemaandelijks	
schaaldieren, mosselachtigen, algen	estuarium/ Noordzee (Hoofdplaat & Kloosterzande)		^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , organisch ^3H , (^{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 Duinkerken,
 - ◇ de opwerkingsfabriek van La Hague,
- *Niet-nucleaire sites*
 - ◇ ziekenhuiscentra van agglomeraties, zoals Oostende.

In de volledige maritieme zone worden bijna 120 monsters genomen waarop ongeveer 1700 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de maritieme zone

Compartiment	Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming	
Bodem	blijvende weide (colluvium – 5 cm + kortgeknipt gras)	Koksijde ${}^7\text{Be}$, ${}^{134-137}\text{Cs}$, ${}^{(57)-58-60}\text{Co}$, ${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{65}\text{Zn}$, ${}^{110\text{m}}\text{Ag}$, ${}^{40}\text{K}$, ${}^{226-228}\text{Ra}$, ${}^{228}\text{Th}$	γ spectrometrie:	jaarlijks
	water	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	γ spectrometrie: waaronder ${}^{134-137}\text{Cs}$, ${}^{57-58-60}\text{Co}$, ${}^{54}\text{Mn}$ ${}^{40}\text{K}$ β spectrometrie totaal α spectrometrie: ${}^{238-(239+240)}\text{Pu}$	driemaandelijks
Noordzee	sedimenten	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	${}^7\text{Be}$, ${}^{134-137}\text{Cs}$, ${}^{(57)-58-60}\text{Co}$, ${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{65}\text{Zn}$, ${}^{110\text{m}}\text{Ag}$, ${}^{40}\text{K}$, ${}^{226-228}\text{Ra}$, ${}^{228}\text{Th}$ α spectrometrie: ${}^{238-(239+240)}\text{Pu}$	driemaandelijks
	vis	ter hoogte van de kust (bemonsteringscampagne van de Belgica) 16 plaatsen	${}^7\text{Be}$, ${}^{134-137}\text{Cs}$, ${}^{(57)-58-60}\text{Co}$, ${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{65}\text{Zn}$, ${}^{110\text{m}}\text{Ag}$, ${}^{40}\text{K}$, ${}^{226-228}\text{Ra}$, ${}^{228}\text{Th}$ ${}^{90}\text{Sr}$, ${}^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ${}^{241}\text{Am}$	driemaandelijks

De referentiezone

De keuze van de referentiezones 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 meer dan 400 monsters genomen waarop ongeveer 700 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de referentiezone

Compartment	Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming	
Atmosfeer	neerslag	Brussel (Brussel-Hoofdstad)	γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , (^{131}I nabij het IRE)	om de 4 weken
			β spectrometrie totaal: op papierfilters, na 5 dagen verval	dagelijks
		Brussel (Brussel-Hoofdstad)	γ spectrometrie (onbehandeld water): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	om de 4 weken
Bodem	blijvende weide (colluvium – 5 cm + kortgeknipt gras)	Brussel (Brussel-Hoofdstad)	β - en α spectrometrie totaal, ^3H , ^{90}Sr (gefilterd water)	om de 4 weken
			Spectrometrie β totaal, α totaal (filterneerslag)	om de 4 weken
			γ spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{57-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	jaarlijks

De voedselketen: drinkwater, melk en voedingsproducten

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

- De radiologische toestand van drinkwater (nationale en Europese verplichtingen – Richtlijn 98/83/CE) 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.

Er worden bijna 550 monsters genomen waarop ongeveer 1700 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd. Aan deze monsters dienen nog diegene te worden toegevoegd die door het FAVV worden genomen in het kader van de samenwerking tussen beide agentschappen waarvan het aantal schommelt rond 220, wat leidt tot 660 bijkomende metingen.

Radiologisch toezichtsprogramma van de voedselketen

Compartiment	Plaats van de bemonsteringspunten	Type meting	Frequentie monsterneming
Drinkwater	verdeling (kraan)	α totaal & β totaal spectrometrie: ^3H , ^{40}K	driemaandelijks
	Namen (Namen) Fleurus (Henegouwen) Bastogne (Luxemburg) Gent (Oost-Vlaanderen) Poperinge (West-Vlaanderen) Mol (Antwerpen) Zepperen (Limburg)	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)	
Melk	zuivelbedrijven/ boerderijen	γ spectrometrie: waaronder $^{134-137}\text{Cs}$, ^{131}I , ^{40}K	wekelijks
	regio van Fleurus 75 zuivelbedrijven	^{90}Sr	om de 4 weken
	regio van Tihange 118 zuivelbedrijven		
	regio van Doel 1 zuivelbedrijf		
	regio van Dessel 1 zuivelbedrijf		
Voedingsmiddelen	groenten vlees vis divers (champignons, meel etc.)	γ spectrometrie: waaronder $^{134-137}\text{Cs}$, ^{40}K	maandelijks 4 monsters van vlees, vis, groenten
		^{90}Sr	maandelijks 4 monsters van vlees, vis, groenten
	proefmaaltijden	bedrijfsrestaurants: Mol (SCK•CEN), Fleurus & Brussel (WIV)	γ spectrometrie: waaronder $^{134-137}\text{Cs}$, ^{40}K
		^{90}Sr en ^{14}C	driemaandelijks

Controle van de dosimetrie dichtbij de nucleaire sites

Het toezichtsprogramma stelt ook een netwerk op van permanente thermoluminescente dosimeters (TLD) in agglomeraties in de nabijheid van de belangrijkste nucleaire sites van het land. Deze dosimeters integreren de gamma-component (zoals de TELERAD-meetpunten van omgevingsdosimetrie doen) van de radioactiviteit in de omgeving. Ze worden op 1 meter van de grond opgesteld en worden gewoonlijk om de 2 maanden vervangen om de meting ervan uit te voeren en de over de blootstellingperiode opgenomen dosis te bepalen.

Er worden ongeveer 500 dosimetriemetingen uitgevoerd.

Radiologisch toezichtsprogramma van de omgevingsdosimetrie (TLD)

Plaats	Betrokken nucleaire site	Aantal TLD	Periode meting
rand van de site & aangrenzende agglomeraties (Tihange, Ampsin, Amay, Solière – tussen Hoi en Andenne, hydro-elektrische centrale van Socolie)	centrale van Tihange	30	2 maanden
rand van de site & aangrenzende agglomeraties (Doel, Kieldrecht, fort van Lillo, een raffinaderij, ...)	centrale van Doel	10	2 maanden
rand van de site	site van het IRE	12	2 maanden
dichtbij de site van het SCK•CEN - regio Mol-Dessel	site van Mol-Dessel	31	3 maanden
aangrenzende agglomeraties: Heer Agimont/Hastière; ten Oosten van de laars van Givet: Massembre, Feschaux, Winenne, Felenne, Bourseigne-vieille; ten westen van de laars van Givet: Petit Doische en Vaucelles)	centrale van Chooz	8	2 maanden
Watou, Rosee, Oignies en Thierache, Houyet, Lo, Heer-Agimont, Hastière, Gedinne, Furnes, Philippeville, Dinant, Beauraing		12	6 maanden
Brusselse agglomeratie	referentiegebied	1	2 maanden

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) de sites van Mol-Dessel (Belgoprocess 2 – behandelingsinstallaties voor vloeibare afvalstoffen van het SCK•CEN, van Belgoprocess, van Belgonucleaire – en FBFC) treden 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.

Er worden bijna 390 monsters genomen waarop ongeveer 6200 radioactiviteitsmetingen worden uitgevoerd.

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

Betrokken nucleaire site	Type meting	Frequentie van de monster-nemingen
centrale van Tihange centrale van Doel	γ spectrometrie: ^7Be , ^{51}Cr , ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{95}Nb , ^{95}Zr , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{103-106}\text{Ru}$, $^{141-144}\text{Ce}$, ^{131}I , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{113}Sn , $^{123\text{m}}\text{Te}$, $^{124-125}\text{Sb}$	maandelijks
site van FBFC	β spectrometrie: ^3H β totaal & α totaal spectrometrie ^{226}Ra , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	wekelijks
site van Mol-Dessel (Belgoproces 2)	γ spectrometrie: $^{134-137}\text{Cs}$, ^{54}Mn , $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{131}I β totaal & α totaal spectrometrie ^3H , ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	wekelijks

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 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), regen en droge of natte afzetting nabij de sites van het IRE, in Tihange en Chooz (Heer-Agimont);
- 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 buiten tritium, dat regelmatig in het Maaswater wordt aangetroffen, de radiologische situatie van het bekken uitstekend is.

Meer bepaald:

- 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 regen tonen aan dat het mogelijk is zeer geringe hoeveelheden radioactiviteit (voornamelijk toe te schrijven aan de natuurlijke radioactiviteit) waar te nemen, dankzij de detectiedrempels die de meetapparaten halen;
- De radiologische impact van de nucleaire installaties op het rivierwater is verwaarloosbaar en zonder gevolgen voor de gezondheid van de mens;
- Enkel tritium wordt regelmatig gedetecteerd in het Maaswater (enkele tientallen Bq), en wat de andere radio-elementen betreft, zijn de gemelde concentraties meestal nauwelijks hoger dan de detectiedrempels van de meetapparaten.

3.1 RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT

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



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

Deze stofdeeltjes kunnen rechtstreeks neerslaan op de bodem (droge afzetting) of worden uitgelooft door de regen (natte afzetting). Daarom vormen de metingen van de radioactiviteit van de stofdeeltjes in de lucht die door aanzuiging worden afgezet op een filter (foto links) of in een bezinkbak worden opgevangen (via een fijne waterfilm, verdeeld over een gekende oppervlakte die de droge en natte afzetting opvangt) en van de neerslag die wordt opgevangen in pluviometers (foto rechts), belangrijke en aanvullende elementen bij een radiologisch controlenetwerk. Het regenwater dat de lucht uitlooft, 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 en Tihange (stofdeeltjes in de lucht, regen opgevangen in pluviometers en bezinkbakken) en dichtbij de nucleaire site van Chooz (Heer-Agimont) (regen opgevangen in pluviometers en bezinkbakken).

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

	Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m ³)		meting (Bq/l)		Bezinkbakken (Bq/m ²)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	$\sim 10^{-5}$		< 1		
		(0,9 tot 1,6) $10^{-5} \rightarrow$ ^{134,137} Cs		0,2 tot 0,3 \rightarrow ^{134,137} Cs		2,6 tot 6,3 \rightarrow ^{134,137} Cs
		(0,8 tot 1,5) $10^{-4} \rightarrow$ ¹⁰⁶ Ru		1,8 tot 2,3 \rightarrow ¹⁰⁶ Ru		24 tot 28 \rightarrow ¹⁰⁶ Ru
⁷ Be	(1 tot 4) 10^{-3}		NM	2,5 tot 3,0	NM (sporen)	25 tot 60
β totaal	(0,3 tot 1,1) 10^{-3}	$\sim 0,4 \cdot 10^{-3}$	0,04 tot 0,19 (filtraat)	$\sim 0,04$	0,04 tot 3,80 (filtraat)	0,36 tot 1,05
			0,04 tot 0,22 (afzetting filter)	0,035 tot 0,039	0,6 tot 4,9 (afzetting filter)	0,5 tot 0,8
α totaal	(0,5 tot 1,1) 10^{-3}	(0,6 tot 0,7) 10^{-3}	0,03 tot 0,10 (afzetting filter)	0,03 tot 0,06	0,33 tot 3,05 (filtraat) 0,60 tot 8,87 (afzetting filter)	0,55 tot 0,80

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

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

Meer gedetailleerd:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het – zeer lage – niveau van de radioactieve verontreiniging van de atmosfeer. We meten namelijk zeer goed ⁷Be (natuurlijk kosmogeen radioactief element), dat onderzocht wordt op vraag van de EC – art. 36 van het EURATOM-verdrag. De gemeten waarden zijn van dezelfde orde grootte als welke in andere Europese landen werden waargenomen (Zweden, Luxemburg, Frankrijk, Duitsland, Oostenrijk, Italië, enz.), waar ze over het algemeen schommelen tussen 1 en $30 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³;
- Behoudens enig ongevals scenario, is de radiologische impact van de nucleaire installaties op de atmosfeer en indirect op de omgeving altijd verwaarloosbaar of zelfs onmeetbaar: enkel sporen van alfa- en bètastralers (gemeten in α en β totaal) – voornamelijk van natuurlijke oorsprong – zijn waarneembaar. Deze concentraties zijn volkomen in overeenstemming met wat in andere Europese landen kan worden gemeten: in de regio Parijs worden namelijk gemiddelde jaarlijkse totale alfa-activiteiten genoteerd van minder dan $0,15 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ lucht;
- Nabij het IRE in Fleurus wordt soms jodium – ¹³¹I – aangetroffen in de waterstalen die genomen worden in de bezinkbakken die op de site zijn geïnstalleerd nabij het Mediris-gebouw: van 1,2 tot 13 Bq/m² (met in het algemeen 4 tot 5 Bq/m² als detectielimiet); van het afgelegen gebouw B12 waar sommige maanden een beetje jodium wordt gedetecteerd: 1,4 tot 4,2 Bq/m². Iets verder buiten de site, op een boerderij op enkele kilometer afstand, is radioactief jodium niet meetbaar (de detectielimiet bedraagt ongeveer 4,8 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 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, in Tihange en Chooz. Per locatie wordt de eventuele radioactieve afzetting onderzocht via staalnamen 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		Rond de laars van Givet (Chooz)			
	Weilanden (Bq/m ²)		Landbouwzones *		Landbouwproductie (Bq/kg droog)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	30 tot 50	NM	< 1 0,3 tot 0,8 → ⁶⁰ Co 2 tot 7 → ¹⁰⁶ Ru	NM	< 1 0,15 tot 1,7 → ⁶⁰ Co 1 tot 12 → ¹⁰⁶ Ru
¹³⁷ Cs	700 tot 3800	30 tot 50	5 tot 15		sporen: 0,2 tot 0,7	0,1 tot 1,4
⁹⁰ Sr			1 tot 15		0,16 tot 2,8	
¹⁴ C					37 tot 110	30 tot 38
³ H org.					45 tot 95	40 tot 58
⁴⁰ K	(2,6 tot 4,4) 10 ⁴		550 tot 850		140 tot 1700	
²²⁶ Ra ²²⁸ Ra	(1,6 tot 3,8) 10 ³ (2,2 tot 3,6) 10 ³		30 tot 50			
²²⁸ Th	30 tot 35 Bq/kg droog		30 tot 42			
²³⁵ U ²³⁸ U			0,6 tot 1,7 10 tot 20	0,7 tot 1,8		
²³⁸ ,(²³⁹ + ²⁴⁰)Pu			NM	0,2 tot 0,7		
²⁴¹ Am			NM	0,8 tot 1,5		

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 overzicht van de natuurlijke radioactiviteit, afgegeven door kalium-40 van de bodem dat het stabiele kalium volgt (^{40}K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers ($^{226,228}\text{Ra}$, $^{234,235,238}\text{U}$, ^{228}Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden 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 radio-element 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. Voor een bepaald soort bodem vertonen de weilanden hogere concentraties (in vergelijking met andere gewassen);

- De transurane kunstmatige alfastralers (Pu en Am) van hun kant zijn niet meetbaar.

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 meetbare radiologische impact op 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, Hoi, 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 nakende toepassing van de Europese richtlijn 98/83/EG van de Raad van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water, waarvan de technische bijlagen met betrekking tot de radioactiviteit in de loop van 2007 zouden moeten gepubliceerd worden.

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 radio-elementen, 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 waterpompcircuit van de TELERAD meetpunten die continu de gammaradioactiviteit van de rivieren meten.



De staalnamen bekijken ook de waterorganismen: mossen (*Cinclidotus danubicus*), waterplanten (indien aanwezig) 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 de stabiele of radioactieve chemische elementen hebben. 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 site van Floriffoux (*Flo*) integreert de uitstoot van Fleurus (IRE);
- De site van Heer-Agimont (*H-Ag*) of van Waulsort (voor de Maasflora) 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 site van Andenne (*And*) integreert 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 site van Ampsin (*Amp*), die net stroomafwaarts van de kerncentrale van Tihange is gelegen, 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 (<i>D. polymorpha</i>) (Bq/kg vers)		Flora (Bq/kg vers)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	≤ 1	NM	< 3	NM	3 tot 5	NM	6 tot 35
^{137}Cs	NM	0,13 tot 0,15	4 tot 8 (Flo) 4 tot 15 (H-Ag) 7 tot 12 (And) 8 tot 35 (Amp) 11 tot 17 (Lix)	~ 3	NM	$\sim 1,7$	sporen 7 tot 13 (mossen in Amp) NM (planten)	9 tot 32 (mossen) 3 tot 6 (planten)
^{131}I	NM	0,22 tot 0,25	4 tot 8 (Flo) NM (H-Ag) sporen (And) 8 tot 29 (Amp) 6 tot 54 (Lix)	10 tot 17				
^3H	NM (Flo) 9 tot 27 (H-Ag) (And, Hoei) 16 tot 44 (Amp) 13 tot 33 (Mon) 11 tot 29 (Lix)	7,7 tot 8,1			NM	~ 4	NM (mossen) 10 tot 240 (mossen in Amp) NM	5 tot 15 (mossen) 5 tot 9 (planten)
α totaal	NM (Flo) 0,03 tot 0,04 (H-Ag) sporen (And, Hoei) 0,03 tot 0,06 (Amp) sporen (Mon, Lix)	0,03 tot 0,05						
^{226}Ra			30 tot 55		3 tot 24	~ 10	25 tot 130 sporen	70 tot 100 (mossen) 7 tot 30 (planten)
^{228}Ra			30 tot 60		5 tot 17	~ 10	40 tot 220 (mossen) NM (planten)	40 tot 180 (mossen) 11 tot 21 (planten)
β totaal (residu)	sporen	0,05 tot 0,07						
^{40}K			300 tot 600		12 tot 26	30 tot 40	250 tot 1400	

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

Meer gedetailleerd:

- De verkregen resultaten tonen aan dat regelmatig de aanwezigheid van natuurlijke radioactiviteit en, wat kunstmatige radioactiviteit betreft, voornamelijk ^3H wordt gedetecteerd in het water: er worden ^3H -concentraties gemeten die, stroomafwaarts van de kerncentrales, kunnen oplopen tot 35Bq/l;
- In de sedimenten: ^{40}K schommelt van 300 tot 600 Bq/kg droog, ^{228}Ra schommelt van 30 tot 60 Bq/kg droog (^{228}Th van 20 tot 60 Bq/kg droog);
- Sporen van ^{131}I worden aangetroffen in de sedimenten die stroomafwaarts van de grote agglomeraties worden bemonsterd, wat wijst op de lozingen van ziekenhuizen;
- In de flora en fauna (mossen en *D. polymorpha*): In mossen en waterplanten wordt ^{40}K gemeten in concentraties van 250 tot 1400 Bq/kg vers, en in concentraties van 12 tot 26 Bq/kg vers in tweeschaligen;
- Sporen van ^{137}Cs en ^3H worden soms waargenomen in de stalen van mossen en algen die worden genomen langs de oevers van de rivieren.

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K , en in mindere mate ^{226}Ra , ^{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 hun omgeving;
- Enkel ^3H wordt regelmatig gemeten in het Maaswater, maar de concentraties blijven beneden de parameterwaarde van 100 Bq/l die is vastgelegd in de Europese Richtlijn 98/83/EG van de Raad van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water.

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, kunstmestfabriek 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, de niet-nucleaire site van Kwaadmechelen en 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:

- Compartment lucht: staalnamen van stofdeeltjes in de lucht (filters), regen en droge of natte afzetting nabij de sites van Mol-Dessel en Doel;
- Compartment bodem: staalnamen nabij de nucleaire sites van Mol-Dessel en Doel;
- Compartment rivier: water, sedimenten en monsters van de fauna en flora van de 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 – waarnemingsdrempels van de meetapparatuur;
- De metingen van de radioactiviteit van de regen tonen aan dat het mogelijk is zeer geringe hoeveelheden radioactiviteit (voornamelijk toe te schrijven aan de natuurlijke radioactiviteit) waar te nemen, dankzij de waarnemingsdrempels 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 radio-elementen (zoals ^3H) in het water van de Molse Nete is abnormaal hoog, hoewel de nucleaire industriële activiteiten in de regio Mol-Dessel de vastgestelde lozingslimieten respecteren;
- De natuurlijke radioactiviteit door ^{226}Ra (uitermate radiotoxisch met een zeer lange fysische halveringstijd – 1620 jaar, met als dochterproducten gasvormig ^{222}Rn , ^{210}Pb – 22 jaar halveringstijd) in de Grote Laak en de Winterbeek, 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 meer bepaald reeds vastgesteld langs de Grote Laak en de Winterbeek, wier debiet nagenoeg volledig wordt bepaald door de lozingen van vloeibare effluënten van het complex van Tessenderlo.

Bij het FANC zijn gelijklopende studies bezig om de exacte locatie van de getroffen sites te bepalen en deze zouden strategieën moeten opleveren om zo nodig de radiochemische kwaliteit van deze ecosystemen terug op een meer aanvaardbaar niveau te brengen.

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, in pluviometers opgevangen regen en bezinkbakken.

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

Meer gedetailleerd:

- De natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het – zeer lage – niveau van de radioactieve verontreiniging van de atmosfeer. We volgen namelijk zeer goed ^7Be (natuurlijk kosmogeen radioactief element);
- 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.

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

	Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m ³)		Regen (Bq/l)		Bezinkbakken (Bq/m ²)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	$\sim 10^{-5}$	NM	0,05 tot 0,30	NM	2 tot 12 2 tot 2,5 \rightarrow ^{134,137} Cs
⁷ Be	(1,0 tot 4,0) 10 ⁻³		0,5 tot 2,5	$\sim 0,4$	13 tot 230	~ 30
β totaal	(24 tot 90) 10 ⁻⁵	$\sim 5 \cdot 10^{-5}$	0,03 tot 0,18 (filtraat) 0,01 tot 0,65 (afzetting filter)		1,1 tot 12,0 (filtraat) 0,2 tot 12 (afzetting filter)	
α totaal	(1,7 tot 3,5) 10 ⁻⁵	$\sim 5 \cdot 10^{-6}$	0,006 tot 0,018 (filtraat) 0,01 tot 0,22 (afzetting filter)		0,1 tot 1,4 (filtraat) 0,07 tot 3,10 (afzetting filter)	

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

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 hun omgeving;

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 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 (⁴⁰K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers (^{226,228}Ra, ^{234,235,238}U, ²²⁸Th) worden regelmatig waargenomen;

- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden sporen van ^{137}Cs gemeten die zijn toe te schrijven aan de neerslag van de ramp in Tsjernobyl en aan de veel oudere fallout van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960);

De transurane 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	Site van Mol-Dessel	DL
	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)	
	meting	meting	
γ	NM	NM	20 tot 30
^{137}Cs	340 tot 580	330 tot 570	
^{40}K	(17 tot 26) 10^3	(6 tot 10) 10^3	
^{226}Ra ^{228}Ra	(1,2 tot 2,1) 10^3	370 tot 540	
^{228}Th	(1,2 tot 2,3) 10^3	280 tot 500	
^{235}U ^{238}U	-	~ 30 ~ 500	32 tot 33
$^{238, (239+240)}\text{Pu}$	-	NM	18 tot 23
^{241}Am	-	NM	~ 18

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 (uraniums) waarneembaar. We treffen in de bodem geen waarneembare hoeveelheden zware elementen 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 Belgoproces 1 (Cilva – verbrandingsoven voor vaste afvalstoffen, Pamela – verglazingsfabriek voor hoogradioactief afval), deze van Belgoproces 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 brandstof 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.

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 effluënten van de site van Mol-Dessel; de Grote Laak en de Winterbeek die de lozingen ontvangt van de productievestiging van fosfaathoudende meststoffen 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 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 166 GBq/maand aan alfa-, bèta- en gammaradioactiviteit, volgende de volgende formule:

$$2,5[\alpha \text{ totaal}] + 0,4[{}^{90}\text{Sr}-{}^{90}\text{Y}] + 0,025[{}^3\text{H}] + [{}^{60}\text{Co}] + 1,5[{}^{134}\text{Cs}] + 1,5[{}^{137}\text{Cs}] + 0,1[\beta] \leq 166 \text{ GBq/maand}$$

in de rivier de Molse Nete.

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

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

De steekproeven bekijken ook de waterorganismen: zoetwatermossen (*Cinclidotus danubicus*), -planten en -algen (indien aanwezig), maar ook zeemosselen (*Mytilus edulis*), garnalen (*Crangon sp.*) en schaaldieren – 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 zeemosselen) en de flora (algen *Fucus vesiculosus*): regio Kieldrecht nabij Doel, Kloosterzande en Hoofdplaat, gelegen op het estuariene gedeelte van de Schelde ten noorden van de Belgisch-Nederlandse grens (*Estu*).

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

Meer gedetailleerd:

- In het water van de Molse Nete is de kunstmatige radioactiviteit toe te schrijven aan de aanwezigheid van ^3H , dat schommelt van 10 tot 200 Bq/l (uitstoot van de site van Mol-Dessel). We detecteren sporen van transurane elementen ($^{238, (239+240)}\text{Pu}$ en ^{241}Am) in de orde van $1 \cdot 10^{-4}$ Bq/l (DL $\sim 10^{-4}$). De natuurlijke radioactiviteit is toe te schrijven aan ^{40}K (enkele tienden Bq/l) en aan ^{234}U in concentraties van 0,001 tot 0,003 Bq/l en aan ^{235}U met concentraties van 0,0001 tot 0,0002 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). De concentraties nemen af naarmate men zich in het bekken verder naar de Schelde begeeft. De Molse Nete vertoont sporen van kunstmatige radioactiviteit (voornamelijk ^{137}Cs , ^{90}Sr en transurane elementen – Pu en Am), aangevoerd door de vloeibare lozingen van Belgoprocess 2 (lozingen binnen de toegestane limieten). Deze radioactiviteit wordt al snel zeer moeilijk waarneembaar naarmate men zich van het lozingspunt verwijderd;
- In de flora en fauna is ^{40}K de belangrijkste bron van radioactiviteit. In de Molse Nete worden ^{137}Cs en sporen van ^{90}Sr gemeten (mossen en waterplanten). Deze wijzen op de lozingen van kunstmatige radioactiviteit van de site van Mol-Dessel (lozingen door de installatie van Belgoprocess 2). In estuarien milieu (Schelde) worden sporen van ^{226}Ra en ^{90}Sr waargenomen in de zeefauna en -flora.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

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

	Water (Bq/l)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (Bq/kg vers)		Flora (Bq/kg vers)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	≤ 1	NM	< 3	NM	2 tot 20	NM	1 tot 5 (Estu) 6 tot 17 (MNe)
^{137}Cs	NM	0,10 tot 0,26	sporen: 2 tot 9 (Win, GLa) 40 tot 300 (MNe) 20 tot 100 (GNe) 9 tot 12 (Sch)		NM (Estu)	2 tot 7 (Estu)	1 tot 20 (MNe) NM (Estu)	1 tot 2
α totaal	0,5 tot 2,5 (Win, GLa) 0,01 tot 0,02 (MNe) 0,025 tot 0,040 (GNe) 0,04 tot 0,12 (Sch)	0,9 à 1,2 $\sim 0,01$ 0,02 à 0,03 $\sim 0,08$						

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 vers)		Flora (Bq/kg vers)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL	meting	DL
^{238, (239+240)Pu} ^{241Am}	sporen (~ 10 ⁻⁴) (MNe)	(0,4 tot 1,6) 10 ⁻⁴	4 tot 50 17 tot 70 (MNe)		NM (Estu)	0,05 tot 0,14	NM (MNe) NM (Estu)	0,05 tot 0,06 0,07 tot 0,21
^{226Ra}	0,1 tot 0,7 (Win, GLa) 0,005 tot 0,013 (MNe) 0,0016 tot 0,0054 (GNe) 0,005 tot 0,020 (Rup) 0,010 tot 0,018 (Sch)	0,005 0,0015 0,005 0,005	230 tot 770 (Win, GLa) 30 tot 70 (MNe) 16 tot 60 (GNe) 50 tot 65 (Sch)		sporen (Estu)	3 tot 8	NM (MNe) 5 tot 20 (Estu)	35
β totaal	0,7 tot 1,4 (Win) 2,6 tot 5,5 (GLa) 0,3 tot 0,5 (MNe) 0,2 tot 0,4 (GNe) 1,6 tot 5,0 (Sch)	~ 0,9 1,7						
^{3H}	9 tot 210 (MNe) 2,0 tot 7,4 (Gne) 7,0 tot 23 (Sch)	8 tot 9 ~ 2 ~ 9			NM (Estu)	8 tot 18	sporen (MNe) sporen (Estu)	~15 ~6
^{90Sr}	-	-	sporen (MNe)	5 tot 6	NM (Estu)	~ 4	NM (MNe) NM (Estu)	3 4 tot 5
^{40K}	0,4 tot 0,7 (Win) 2,3 tot 5,2 (GLa) 0,22 tot 0,28 (MNe) 0,20 tot 0,32 (GNe) 1,3 tot 4,2 (Sch)		130 tot 340 (Win, GLa) 150 tot 250 (MNe) 230 tot 280 (GNe) 500 tot 630 (Sch)		160 tot 200 (garnalen) 300 tot 500 (mosselen)		300 tot 1000 (MNe) 800 tot 1400 (Estu)	

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

Samengevat:

- De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K , en in mindere mate ^{226}Ra en ^{228}Th) is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het niveau van de 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 radio-elementen (onder andere 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 lijkt 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.

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; 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, 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 radio-elementen 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:

- 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 BODEM

De bodemmonsters worden eenmaal per jaar genomen in Koksijde. De eventuele radioactieve afzetting wordt onderzocht via staalnamen van grassen (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 bodemonsters, de gebruikte geometrie voor de metingen en het globale activiteitsniveau van het monster.

Meer gedetailleerd:

- De resultaten wijzen in de eerste plaats op het ruime overwicht van de natuurlijke radioactiviteit, afgegeven door kalium-40 van de bodem dat het stabiele kalium volgt (^{40}K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers ($^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden in de bodem sporen van ^{137}Cs gemeten die zijn toe te schrijven aan de neerslag van de ramp in Tsjernobyl en aan de veel oudere fall-out van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960). De transurane kunstmatige alfastralers (^{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	25 tot 80
^{137}Cs	130 tot 200	
^{40}K	(20 tot 35) 10^3	
^{226}Ra ^{228}Ra	(0,8 tot 1,2) 10^3	
^{228}Th	(0,8 tot 1,2) 10^3	
^{241}Am	NM	~ 20

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.

5.2 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).

De metingen worden gebruikt voor de opvolging van de concentraties aan alfa-, bèta- en gammastralende radio-elementen en aan ^{40}K voor wat de natuurlijke radioactiviteit betreft.

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 , ^{60}Co , $^{238,(239+240)}\text{Pu}$) worden aangetroffen in mariene sedimenten en in vissen.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Metingen van de radioactiviteit van het maritieme milieu

	Water (Bq/l)		Sedimenten (Bq/kg droog)		Fauna (vissen) (Bq/kg vers)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	~ 0,1	NM	0,6 tot 2,0	NM	0,1 tot 0,3
^{137}Cs	NM	0,1	0,9 tot 7,0	1,0	sporen 0,1 tot 0,2	~ 0,2
^{60}Co	NM	0,1	sporen 0,5 tot 3,3	~ 1,0	NM	~ 0,2
β totaal	9 tot 12					
^{40}K	11 tot 13		210 tot 400		85 tot 130	
$^{226,228}\text{Ra}$			3 tot 17		NM	~ 0,8 à 3,8
$^{238,(239+240)}\text{Pu}$	NM	$3,8 \cdot 10^{-4}$	sporen	0,14 tot 0,19	sporen ~ 0,01	0,020 tot 0,028
^{241}Am					sporen ~ 0,01	0,032

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;
- De vissen bevatten sporen van ^{137}Cs en van $^{238,(239+240)}\text{Pu}$ - ^{241}Am , transurane elementen van kunstmatige oorsprong (geproduceerd en geloosd door de nucleaire energiebedrijven – kerncentrales en uitgestoten door de nucleaire opwerkingsbedrijven van afgewerkte brandstof – opwerkingsfabrieken van La Hague in Frankrijk en Sellafield in het Verenigd Koninkrijk). Alle concentraties bevinden zich op het niveau van de detectielimieten.

6. DE REFERENTIEZONE

Op het Belgisch grondgebied werden bemonsteringsstations 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, in pluviometers opgevangen regen en bezinkbakken.

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

	Stofdeeltjes in de lucht (Bq/m ³)		Regen (Bq/l)		Bezinkbakken (Bq/m ²)	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
γ	NM	~ 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶	NM	< 0,5		
		(0,4 tot 0,5) 10 ⁻⁵ → ^{134,137} Cs 4 10 ⁻⁵ → ¹⁰⁶ Ru		~ 0,1 → ^{134,137} Cs ~ 0,9 → ¹⁰⁶ Ru		
⁷ Be	(2 tot 4) 10 ⁻³		sporen: 0,4 tot 1,4	~ 1,3		
β totaal	(0,3 tot 0,7) 10 ⁻³				1,17 à 5,00 (filtraat) 1,7 à 16,0 (filterneerslag)	
⁴⁰ K					0,2 tot 0,7 (filtraat)	
³ H					NM (filtraat)	160
α totaal					0,2 tot 1,5 (filtraat) 0,3 tot 2,3 (afzetting filter)	0,33

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 WIV) 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 element);
- 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.

6.2 RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM

De bodemmonsters worden eenmaal per jaar genomen op de site van het WIV in Brussel. De eventuele radioactieve afzetting wordt onderzocht via staalnamen van grasbodems (oppervlakteafzetting).

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

Meer gedetailleerd:

- De resultaten wijzen in de eerste plaats op het ruime overwicht van de natuurlijke radioactiviteit, afgegeven door kalium-40 van de bodem dat het stabiele kalium volgt (^{40}K maakt 0,0119% van het totale kaliumgehalte uit), waarvan de concentratie verschilt naar gelang de bodem en afhankelijk van het seizoen. Ook de natuurlijke alfastralers ($^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th) worden regelmatig waargenomen;
- Wat de kunstmatige radioactiviteit betreft, worden in de bodem sporen van ^{137}Cs gemeten die 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 (^{241}Am) zijn niet meetbaar.

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

Samengevat:

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

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

Site van het WIV (Brussel) (Bq/m ²)		
	meting	DL
γ	NM	15 tot 30
¹³⁷ Cs	250	~ 16
⁴⁰ K	10 ⁴	
²²⁶ Ra ²²⁸ Ra	720 tot 760	
²²⁸ Th	930	

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 de 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 radionucleïden bepaald.

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

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

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

- Drinkwater: stalen genomen uit het leidingnet (kraan) en op gelijkmatig verdeelde punten in België, om te voldoen aan de verplichting van de EG 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 eveneens over het volledige Belgisch grondgebied genomen, in melkerijen en op boerderijen, ook om te voldoen aan de verplichting van de EG 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;
- Maandelijks worden voor elk gewest in België (Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Vlaanderen en Wallonië) "proefmaaltijden" genomen in bedrijfsrestaurants (verplichting van de EG art. 35/36 van het EURATOM-verdrag – installatie van een dicht en verspreid netwerk) die radiologisch worden geanalyseerd.



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 niveaus vast:



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

Sinds november 1998 heeft de Europese Commissie een richtlijn uitgevaardigd met als referentie **98/83/EG van de Raad 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 (vermoedelijke publicatie in de loop van 2007).

Anderzijds preciseert de richtlijn twee parameterwaarden die moeten worden nageleefd: **100 Bq/liter voor tritium (^3H)** en een **totale indicatieve dosis – TID – per jaar van 0,1 mSv** (deze dosis houdt in haar berekening geen rekening met de bijdrage van tritium ^3H , kalium ^{40}K , radon ^{222}Rn en zijn verwante producten - 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.

Wat betreft de noodzaak om al dan niet de totale indicatieve dosis te berekenen, werd in de technische bijlagen gekozen voor twee methoden die zich baseren op sorteervwaarden of zogenaamde "screening"-waarden. De lidstaten mogen een van beide methoden kiezen naar gelang hun gewoonten en voorkeuren inzake radiologisch toezicht op het leefmilieu en de bevolking. Deze "screening"-waarden vereenvoudigen daarentegen 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 radio-elementen 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 radio-elementen (Uranium; in β : ^{14}C en ^{90}Sr ; in α : $^{239+240}\text{Pu}$ en ^{241}Am ; in γ : ^{60}Co , $^{134-137}\text{Cs}$ en ^{131}I) waarvan de concentraties lager moeten zijn dan 20% van de referentieconcentratiewaarde (concentratie die op zich een dosis van 0,1 mSv zou veroorzaken).

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

België, dat honderden winningspunten telt (met name 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 voortouw en controleert reeds de kwaliteit van het leidingwater van de grootste waterdistributeurs van het land. De provincies waar de controles gebeuren, zijn de volgende: Brabant (Brussel), Luik (Luik), Namen (Namen), Henegouwen (Fleurus), Luxemburg (Bastogne), Oost-Vlaanderen (Gent), West-Vlaanderen (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 ^3H (kunstmatig). De onderstaande tabel geeft een overzicht van alle resultaten die verkregen werden in het kader van de controle van de radioactiviteit van het drinkwater.

Meer gedetailleerd:

- Enkel ^3H en ^{40}K kunnen worden gedetecteerd, maar de metingen blijven nauwelijks hoger dan de detectielimieten van de meetapparaten wanneer ze significant zijn;
- Op sommige plaatsen overschrijden de concentraties van α totaal de screeningwaarde van 0,1 Bq/liter die als waakzaamheidsdrempel wordt beschouwd.
- 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 radio-element 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 Poperinge en Luik) 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 overschrijden. Ook al leidt dit niet tot een overschrijding van de TID, toch moet dit water met bijzondere aandacht worden gecontroleerd. Idealiter zou in de

toekomst moeten worden "teruggegaan" naar de bron om te achterhalen welk(e) winningspunt(en) aan de oorsprong liggen van deze te hoge radiumconcentraties.

Metingen van de radioactiviteit in het drinkwater

	Radioactiviteit van het water (Bq/l)	DL (Bq/l)	"Screening"-waarde (Bq/l)
³ H	NM (Bastogne, Fleurus)	~ 7	
	sporen: 7 tot 11 (Namen)	~ 7	
	NM (Mol, Zepperen, Poperinge)	4,4 tot 5,0	100
	NM (Luik)	~ 2	
	4 tot 24 (Brussel, Gent)	~ 2	
β totaal	0,04 tot 0,07 (Bastogne, Fleurus, Namen)		
	0,10 tot 0,30 (Mol, Zepperen)		
	0,40 tot 0,70 (Poperinge)	0,04 tot 0,05	1
	0,06 tot 0,20 (Gent)		
	0,08 tot 0,30 (Brussel, Luik)		
⁴⁰ K	0,10 tot 0,12 (Mol)		
	0,16 tot 0,18 (Zepperen)		
	0,25 tot 0,30 (Poperinge)		NVT
	0,06 tot 0,15 (Gent, Brussel, Luik)		
α totaal	0,010 tot 0,074 (Mol)		
	0,060 tot 0,120 (Zepperen)		
	0,270 tot 0,590 (Poperinge)		
	NM (Bastogne, Namen)	0,009 tot 0,044	0,1
	0,030 tot 0,230 (Fleurus)		
	0,010 tot 0,135 (Gent) & 0,025 tot 0,150 (Brussel)		
	0,040 tot 0,210 (Luik)		
²²⁶ Ra	0,140 tot 0,245 (Fleurus)	~ 0,020	0,1

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

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 en snel beeld van de radioactieve contaminatietoestand van een grondgebied.



De waarneming van ¹³⁷Cs in een gewogen mengsel van melk kan doorgaans volstaan om de collectieve dosis door de voeding te berekenen. Toch wordt ook melk van boerderijen en melkerijen verzameld. De melkerijen die worden geselecteerd voor de staalnamen bevinden zich in een kleine straal (20 km) rond de kerncentrales, en worden gekozen op basis van de

omvang van hun productie. Ze vertegenwoordigen nagenoeg de volledige melkproductie van de streek. De boerderijen van hun kant bevinden zich op de lijn van de dominante windrichtingen nabij de nucleaire sites.

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

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

Meer gedetailleerd:

- De resultaten met betrekking tot de natuurlijke radioactiviteit van de melk tonen aan dat het gehalte van een liter melk constant blijft op ongeveer 50-55 Bq. De overige kunstmatige radio-elementen 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 het gebied

	Nationaal grondgebied	Maas-Samberbekken		Nete-Scheldebekken		DL (Bq/l)
	Nationaal mengsel	Regio Fleurus, Tihange	Regio Chooz	Regio Mol - Dessel	Regio Doel	
	meting (Bq/l)					
$^{134,137}\text{Cs}$	NM	NM	NM	NM	NM	0,1 tot 0,5
^{131}I	NM	NM	NM	NM	NM	0,1 tot 0,7
^{90}Sr	0,06 tot 0,25	0,02 tot 0,07	0,04 tot 0,10	NM	0,08 tot 0,17	0,02 tot 0,06
^{40}K	50 tot 56	47 tot 53	47 tot 53	42 tot 55	47 tot 53	

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

Samengevat:

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

7.3 RADIOACTIVITEIT VAN VOEDINGSMIDDELEN



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

Hiervoor worden veel gebruikte groenten verzameld: sla, prei, selderij, bloemkool, spruitjes, witte kool, rode kool, broccoli, bonen, wortelen, witloof, tomaten, komkommer, paprika, schorseneren, rapen, aardappelen, champignons, enz.

Ook vlees afkomstig van markten en slachthuizen wordt geanalyseerd: rund-, kalfs-, paarden-, varkensvlees, gevogelte (waaronder kip en kalkoen) duiven-, konijnen-, lams-, reevlees in het seizoen. Binnen eenzelfde dier houden de organen radionucliden op een verschillende manier vast. Deze verschillen houden verband met de metabolische wegen die de radio-elementen 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.

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 tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

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

	Groenten		Zeevissen		Zoetwatervissen	
	meting	DL	meting	DL	meting	DL
¹³⁴ Cs	NM	~ 0,2	NM	1,0 tot 3,4	NM	~ 1,1
¹³⁷ Cs	NM	~ 0,2	sporen (1,0 tot 10)	1,0 tot 3,4	NM	~ 1,1
⁹⁰ Sr	sporen (0,03 tot 0,07)	0,03 tot 0,04	NM	~ 0,03		
⁴⁰ K	60 tot 130		60 tot 140 (open water) 460 tot 700 (bodenvissen)		55 tot 150	

	Roodvlees (rundvlees, kalfsvlees, paardenvlees, lamsvlees, varkensvlees)		Wit vlees (gevogelte)	
	meting	DL	meting	DL
¹³⁴ Cs	NM	1,0 tot 1,1	NM	1,0 tot 1,1
¹³⁷ Cs	NM	1,0 tot 1,1	NM	1,0 tot 1,1
⁹⁰ Sr	NM	0,02 tot 0,04	NM	~ 0,06
⁴⁰ K	90 tot 160		95 tot 165	

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;
- De auteurs van dit verslag verwijzen de lezer naar de specifieke verslagen voor de voedingsketen die kunnen worden geraadpleegd op de website van het FANC op het adres: http://fanc.fgov.be/newfanc/nl/publications_sur_radio.htm, met als titel "Radiologisch toezicht op het grondgebied – Syntheseverslag van de gegevens met betrekking tot de voedselketen, jaren 2000 tot 2005;

Het verslag voor 2005 vermeldt de gegevens die werden verkregen in het kader van het toezicht op het grondgebied, **aangevuld met** die van het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen; zo werden bijna 380 stalen van voedingsproducten verzameld en hun gegevens geanalyseerd en geïnterpreteerd;

De belangrijkste conclusies van dit (deze) verslag(en) worden hierna samengevat:

*Dit uitgebreide controleprogramma bewijst, zoals dit ook de voorbije jaren al het geval was, dat de **invloed van de nucleaire installaties** (kerncentrales van Doel en Tihange, nucleaire sites van Mol/Dessel en het IRE in Fleurus) **niet waarneembaar is** in de voedingsmiddelen.*

De radiologische toestand van de onderzochte voedingsmiddelen is uitstekend, met vrijwel nooit aantoonbare kunstmatige radioactiviteit, en dit ondanks de bijzonder lage detectielimieten inzake de detectie van radioactiviteit.

Over het algemeen hebben op 380 in 2005 genomen monsters slechts enkele een meetbaar gehalte aan radiocesium (^{137}Cs) dat echter het detectieniveau niet overschrijdt. In de overige monsters werd geen kunstmatige radioactiviteit gedetecteerd.

Wat betreft de enkele monsters verzameld door het FAVV waarin sporen van ^{137}Cs werden gedetecteerd, bereiken sommige vleessoorten concentraties van 1 Bq/kg – hetzij een gehalte 600 maal lager dan de limiet van 600 Bq/kg vastgesteld in het kader van de invoer van voedingsmiddelen afkomstig uit landen getroffen door het ongeval van Tchernobyl. Het ligt voor de hand dat deze metingen niet significant zijn omdat ze belast zijn met een foutenmarge in dezelfde orde van grootte als de meting zelf en omdat ze bovendien binnen de gebruikelijke detectielimieten blijven.

In groot wild werden significantere gehalten ^{137}Cs (54 ± 40 Bq/kg) gemeten, maar ook hier bleven ze ver onder de door de EG vastgestelde limiet (van 40 tot 6 maal lager, gemiddeld 10 maal lager).

Wilde paddestoelen en bessen – ook verzameld door het FAVV - bevatten meetbare sporen van ^{137}Cs (respectievelijk 6 tot 40 Bq/kg en 8 tot 330 Bq/kg) voornamelijk toe te schrijven aan de fall-out van Tchernobyl. Deze voedingsmiddelen houden echter geen significante radiologische risico's in. Hun consumptie stelt geen problemen, des te meer omdat ze strikt aan een precieze periode van het jaar is gebonden.

*Uit de gegevensanalyse kan worden **geconcludeerd** dat de kunstmatige radioactiviteit **geen significante impact heeft op de gezondheid van de bevolking en op de omgeving**. Een “pessimistische” en dus conservatieve benadering bevestigt deze resultaten.*

Op grond van de uitgevoerde routinecontrole kan dus worden bevestigd dat de gezondheid van de consument absoluut niet in gevaar wordt gebracht door de consumptie van de voedingsmiddelen die in België in de handel zijn.

7.4 RADIOACTIVITEIT VAN DE PROEFMAALTIJDEN

Elke maand worden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, in Vlaanderen en Wallonië in bedrijfsrestaurants of –kantines "proefmaaltijden" genomen (EG-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/kg vers)

	Brussel (WIV)		Wallonië (Fleurus)		Vlaanderen (SCK•CEN)	
	meting	WL	meting	WL	meting	WL
$^{134,137}\text{Cs}$	NM	0,12 tot 0,14	NM	~ 0,20	NM	~ 0,36
^{90}Sr	NM	~ 0,02	sporen 0,03 tot 0,05	~ 0,02	NM	~ 2,4
^{40}K	40 tot 90		50 tot 80		20 tot 80	
^{14}C	NM**	~ 1**	NM*	~ 40	NM**	~ 1**

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

* uitgedrukt in verhouding tot droge stof (Bq/kg droge stof).

** 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. CONTROLE VAN DE DOSIMETRIE NABIJ DE NUCLEAIRE SITES

De dosimetrie wordt uitgevoerd met behulp van TLD'S (thermoluminescentiedosimeters) die op verschillende punten van het grondgebied in de onmiddellijke omgeving van de nucleaire sites en in de omliggende agglomeraties worden geplaatst op ongeveer 1 m boven de grond, om een realistisch beeld te krijgen van de omgevingsdosis waaraan de bevolking is blootgesteld (foto rechts). Ze worden over het algemeen om de 2 maanden vervangen om de meting te kunnen verrichten.



Deze dosimeters meten voornamelijk de natuurlijke tellurische en kosmische gammastraling (net als de TELERAD-meetstations voor de omgevingsdosimetrie). De jaarlijkse doses verschillen naar gelang de aard van het gesteente, en zijn over het algemeen hoger op oudere formaties die uit kristallijn gesteente bestaan. Bovendien registreren deze dosimeters ook de blootstelling aan Radon, een natuurlijk radioactief gas dat vrijkomt uit bepaalde bodemsoorten (met name rotsbodems zoals in de Ardennen).

Globaal toont de dosimetrie dat de doses vrijwel steeds lager of gelijk aan 1 mSv/jaar blijven.

De doses die worden geregistreerd in de onmiddellijke omgeving van de nucleaire sites zijn dus toe te schrijven aan een natuurlijke oorzaak – natuurlijke tellurische en kosmische straling – zoals wordt bevestigd door de continue metingen uitgevoerd door het TELERAD netwerk, met doses lichtjes hoger dan 1 mSv/jaar in de Ardennen en in een orde van grootte van 0,8 tot 0,9 mSv/jaar in Vlaanderen (hoofdstuk 1, punt 1.4 van dit rapport).

Hieruit kunnen we concluderen dat de nucleaire installaties geen meetbare dosimetrische impact hebben op hun omgeving.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Gemiddelde metingen van de omgevingsdosimetrie (TLD) uitgedrukt in mSv/jaar

Site van het IRE	Site van Tihange	Site van Doel	Site van Mol-Dessel	Site van Chooz	Site van Brussel
0,83 (0,70 tot 0,92)	0,73 (0,60 tot 0,98)	0,74 (0,62 tot 0,98)	0,93 (0,58 tot 1,20)	0,77 (0,68 tot 0,87)	0,79 (0,60 tot 0,90)

Samengevat:

- De omgevingsdosimetrie rond het IRE gebeurt op 12 punten met behulp van TLD's die op de omheining zijn aangebracht en om de 2 maanden worden uitgelezen. De gemeten doses schommelen rond 0,83 mSv/jaar. Dit niveau van achtergrondstraling bevestigt dat de site geen enkele impact heeft op de omgevingsdosis;
- De omgevingsdosimetrie rond de site van Mol-Dessel gebeurt op 31 punten met behulp van TLD's die om de 3 maanden worden uitgelezen. De geregistreerde doses zijn gemiddeld van de orde van grootte van 0,93 mSv/jaar. Dit niveau van achtergrondstraling bevestigt dat de site geen enkele impact heeft op de omgevingsdosis;
- De dosimetrie rond Tihange gebeurt door middel van TLD's die om de 2 maanden worden uitgelezen en die zijn geplaatst op 30 punten rond de site (aan de rand van de site ter hoogte van de omheining) alsook in verschillende agglomeraties of plaatsen in de omgeving van de nucleaire site: Tihange, Ampsin, Amay, Solière (gelegen tussen Hoei en Andenne) en de waterkrachtcentrale van Socolie;

Voor de nucleaire site worden doses gemeten van de gemiddelde orde van 0,73 mSv/jaar. In de omliggende agglomeraties zijn de gemeten doses van dezelfde grootteorde;

Voor Socolie, stroomafwaarts van de centrale aan de oevers van de Maas, zijn de doses systematisch lager: gemiddeld 0,6 mSv/jaar. Deze vermindering van de achtergrondstraling moet in verband worden gebracht met de aard van de ondergrond (aanvulling en betonning van de oevers) en met de aanwezigheid van een grote watermassa (de rivier zelf) in de onmiddellijke omgeving. Hieruit kunnen we dus afleiden dat de kerncentrale van Tihange geen verhoging van de omgevingsdosis veroorzaakt;

- De omgevingsdosimetrie rond Doel gebeurt met behulp van 10 TLD's die om de 2 maanden worden uitgelezen en die zijn geïnstalleerd op verschillende punten op de site zelf en op verschillende plaatsen in de omgeving (Doel, Kieldrecht, het fort van Lillo, een raffinaderij enz.);

De gemeten doses schommelen gemiddeld rond 0,74 mSv/jaar. Dit niveau van achtergrondstraling wordt ook gemeten op de site van de centrale, wat bevestigt dat zij, net als Tihange, geen enkele impact heeft op de omgevingsdosis. De lagere waarden die hier worden geregistreerd, moeten in verband worden gebracht met de aard van de bodem, die veel zanderiger en minder kristallijn is dan in de omgeving van Tihange;

- De dosimetrie rond Chooz gebeurt met behulp van TLD's die om de 2 maanden worden uitgelezen en die op 8 punten rond de site zijn geïnstalleerd in verschillende agglomeraties in België (gelegen in rechte lijn tussen 5 en 8 km van de Franse centrale): Heer-Agimont, voor het grondgebied ten oosten van de laars van Givet in Massembre, Feschaux, Winenne, Felenne, Bourseigne-Vieille, en voor het grondgebied ten westen van de laars van Givet in Petit Doische en Vaucelles, alsook op 12 andere punten (TLD's halfjaarlijks uitgelezen), in Watou, Rosee, Oignies en Thierache, Houyet, Lo, Heer-Agimont, Hastière, Gedinne, Furnes, Philippeville, Dinant en Beauraing;

De gemeten doses zijn van dezelfde grootteorde: ze schommelen gemiddeld rond 0,77 mSv/jaar. Hieruit kunnen we dus afleiden dat de Franse centrale geen verhoging van de omgevingsdosis veroorzaakt;

- De dosimetrie in de Brusselse agglomeratie (1 TLD) toont dat de doses gemiddeld schommelen rond 0,80 mSv/jaar.
- Al deze resultaten bevestigen de gegevens van het TELERAD-net (hoofdstuk 1, punt 1.4 van dit verslag).

9. OPVOLGING VAN DE UITSTOOT VAN NUCLEAIRE SITES

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).

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: stoot geen radioactief vloeibaar afval uit in het milieu. Is historisch niet opgenomen in deze opvolging. Het Agentschap onderzoekt momenteel of het al dan niet noodzakelijk is deze site toe te voegen aan zijn programma;
- Niet-nucleaire site van Tessenderlo (fabriek van kunstmeststoffen) die ^{226}Ra loost in de Grote Laak en de Winterbeek.

Globaal wijst de analyse van de beschikbare atmosferische emissiewaarden – die van de kerncentrales van Tihange en Doel – en 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.

Enkel de vloeibare lozingen van tritium zijn significant en vertegenwoordigen ongeveer 31% (Tihange) en 38 % (Doel) van de toegelaten maximumwaarden. Merk op dat deze waarden wel gedaald zijn in vergelijking met de periode 1985-1990, toen zij maximaal 47% bedroegen voor Tihange en 67% voor Doel.

De vloeibare lozingen in de Molse Nete zijn minder verwaarloosbaar en maakt controle van dit ecosysteem bijzonder 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.

9.1 ATMOSFERISCHE UITSTOOT

Enkel de gegevens van de kerncentrales zijn beschikbaar.

Er wordt geen enkel radiologisch probleem vastgesteld: alle lozingen blijven ruimschoots onder de geldende limieten, met name voor edelgassen, jodia en aërosols.

De volgende tabel geeft een overzicht van alle beschikbare resultaten.

Metingen van de radioactiviteit van de atmosferische uitstoot van de kerncentrales van Tihange en Doel, uitgedrukt in percentage van de wettelijk vastgelegde limieten

	Tihange		Doel	
	Percentage	Limiet	Percentage	Limiet
edelgassen	0,63	2,2210 ⁶ GBq	0,0023	3,00 10 ⁶ GBq
aërosols (β-γ)	0,029	1,11 10 ⁵ MBq	0,0004	1,50 10 ⁵ MBq
jodia	0,36	1,48 10 ⁴ MBq	0,12	1,50 10 ⁴ MBq
³ H	11,73	5,55 10 ⁴ GBq	0,53	8,90 10 ⁴ GBq

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

9.2 VLOEIBARE UITSTOOT

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).

9.2.1 Kerncentrales

Voor de *site van Tihange*, drie reactoren met een totale capaciteit van 2985 MWe, zijn de limieten voor de vloeibare lozingen vastgesteld op 1,48 10⁵ GBq voor ³H en op 8,88 10⁵ MBq voor bèta- en gammastralers; voor de *site van Doel*, vier reactoren met een totale capaciteit van 2817 MWe, zijn ze vastgesteld op 1,04 10⁵ GBq voor ³H en op 1,50 10⁶ MBq voor bèta- en gammastralers.

Meer gedetailleerd:

- Voor de centrale van Tihange: de vloeibare lozingen die het hoogst zijn in activiteit, worden gevormd door tritium: deze zijn van de orde van 31 % van de toegelaten limiet. De uitstoten van bèta-gammastralers zijn daarentegen aanzienlijk lager dan de limiet: ze schommelen rond 2,1% ervan;
- Voor de centrale van Doel: ook hier bestaan de vloeibare lozingen voornamelijk uit tritium die 38% van de grenswaarden vertegenwoordigen. De uitstoten van bèta-gammastralers zijn ook hier aanzienlijk lager dan de limiet: van de orde van 0,56 tot 0,30% hiervan.

De volgende tabel geeft een overzicht van alle beschikbare resultaten.

Metingen van de radioactiviteit van de vloeibare lozingen van de kerncentrales van Tihange en Doel, uitgedrukt in percentage van de wettelijk vastgelegde limieten en in uitgestoten hoeveelheid

	Tihange		Doel	
	Percentage	Limiet	Percentage	Limiet
^3H	31	$1,48 \cdot 10^5 \text{ GBq}$	38	$1,04 \cdot 10^5 \text{ GBq}$
Totaal β - γ	2,1	$8,88 \cdot 10^5 \text{ MBq}$	0,3	$1,50 \cdot 10^6 \text{ MBq}$
	Hoeveelheid (MBq)		Hoeveelheid (MBq)	
β totaal	0		3,7	
α totaal	$2,11 \cdot 10^{-3}$		0	

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

9.2.2 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. Deze lozingen moeten beneden een limiet blijven die is vastgesteld op 166 GBq/maand of 1,99 TBq/jaar volgens de onderstaande wegingformules:

$$2,5[\alpha \text{ totaal}] + 0,4[{}^{90}\text{Sr}-{}^{90}\text{Y}] + 0,025[{}^3\text{H}] + [{}^{60}\text{Co}] + 1,5[{}^{134}\text{Cs}] + 1,5[{}^{137}\text{Cs}] + 0,1[\beta] \leq 166 \text{ GBq/maand}$$

in de rivier de Molse Nete.

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

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

Meer gedetailleerd:

- De gegevens tonen aan dat de totale gewogen uitstoot 3% van de jaarlijkse limiet bedraagt;
- Metingen uitgevoerd op de gamma- en bètastralers van de geloosde effluenten tonen aan dat geregeld radio-elementen zoals ${}^{137}\text{Cs}$ (van 1 tot 10 Bq/l), ${}^3\text{H}$ (van $2 \cdot 10^2$ tot $5 \cdot 10^5$ Bq/l), ${}^{90}\text{Sr}$ (1,0 tot 2,1 Bq/l), ${}^{60}\text{Co}$ (1 tot 20 Bq/l) worden waargenomen;
- De uitstoot van totale alfa-activiteit varieert van 0,30 tot 8 Bq/l en die van totale bèta-activiteit ligt tussen 5 en 35 Bq/l;
- Wat de transurane elementen betreft, wordt ${}^{241}\text{Am}$ gemeten in concentraties die schommelen van 0,1 tot 1,2 Bq/l (voor limieten in de orde van in het algemeen 0,3 Bq/l). ${}^{239,240}\text{Pu}$ worden regelmatig gedetecteerd in concentraties onder of in de buurt van 0,5 Bq/l. Dezelfde opmerking kan worden gemaakt voor ${}^{238}\text{Pu}$.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verkregen resultaten.

Radioactiviteitsmetingen van de vloeibare lozingen van de nucleaire sites Mol-Dessel, uitgedrukt in percentage van de wettelijk vastgelegde limieten en in hoeveelheid (TBq) door Belgoprocess 2

	Percentage	Gewogen hoeveelheid (TBq)	Jaarlijkse uitstootlimiet
Gewogen totaal	3	$6,01 \cdot 10^{-2}$	1,99 TBq
α totaal		$1,04 \cdot 10^{-4}$	
^{90}Sr - ^{90}Y		$2,76 \cdot 10^{-5}$	
^3H		$5,93 \cdot 10^{-2}$	
^{60}Co		$1,09 \cdot 10^{-4}$	
^{134}Cs		$8,40 \cdot 10^{-5}$	
^{137}Cs		$4,73 \cdot 10^{-4}$	
β totaal		$2,14 \cdot 10^{-5}$	

Samengevat: de site blijft volkomen beneden haar uitstootlimiet.

Site van FBFC International:

De vloeibare lozingen van **FBFC International**, fabriek voor nucleaire brandstof en MOX-assemblage, wordt naar een zinkput geleid die zich op de site bevindt. Deze lozingen bereiken de Melse Nete niet. Toch worden de lozingen regelmatig (maandelijks) gecontroleerd.

Meer gedetailleerd:

Maandelijks worden er meetbare hoeveelheden alfastralers geloosd: van 0,2 tot 0,5 Bq/liter (we zien hier een daling in vergelijking met de jaren 2001-2002, toen metingen van enkele Bq/l werden opgetekend). Merk op dat de detectielimieten van de orde van 0,2 Bq/l zijn, wat aangeeft dat deze uitstoot nauwelijks meetbaar is.

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)

Radio-element	meting	DL
α totaal	0,15 tot 0,40	0,21
β totaal	0,35 tot 1,90	0,50
^{234}U	0,07 tot 0,50	
$^{235,236}\text{U}$	0,003 tot 0,022	~ 0,006
^{238}U	0,02 tot 0,07	
^{241}Am	$1,0 \cdot 10^{-4}$ tot $1,2 \cdot 10^{-3}$	~ $0,6 \cdot 10^{-3}$
^{238}Pu	$(0,2 \text{ à } 8,0) \cdot 10^{-3}$	~ $1,2 \cdot 10^{-3}$
$^{239+240}\text{Pu}$	$(0,1 \text{ à } 1,0) \cdot 10^{-3}$	~ $0,9 \cdot 10^{-3}$

Samengevat: geen radiologische problemen te melden.

9.2.3 Niet-nucleaire sites

Sinds 2000 worden de lozingen van *Tessenderlo Chemie* rechtstreeks gemeten in het lozingskanaal dat uitmondt in de Winterbeek. De totale hoeveelheden alfastralers schommelen van 1 tot 7 Bq/liter (tegenover 0,4 tot 3,3 Bq/liter voor ^{226}Ra).

Deze natuurlijke radioactiviteit wordt dus kunstmatig ingevoerd in het Netebekken, vroeger via de Grote Laak en nu eveneens via de Winterbeek.

9.2.4 Gegevens van Electrabel in verband met de kerncentrales

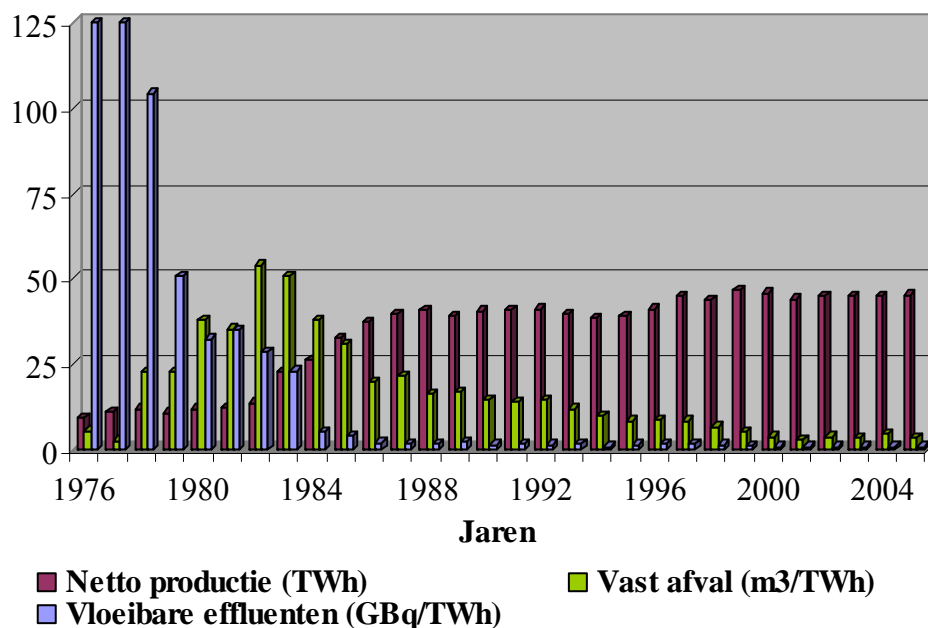
Een ander interessant punt dat moet worden belicht, betreft de hoeveelheid vloeibaar en vast afval die door de kerncentrales wordt voortgebracht (volgende grafiek).

Hoewel de totale elektriciteitsproductie de voorbije jaren min of meer gelijk is gebleven, met om en bij de 45 TWh, is de hoeveelheid radioactiviteit die in de vloeibare effluenten werd geloosd fors gedaald tot een waarde die zich stabiliseert rond 42 GBq in 2005 (of 0,93 GBq/TWh).

Deze vaststelling wordt nog versterkt wanneer we ook gaan kijken naar het volume vaste afvalstoffen dat wordt voortgebracht per geproduceerd TWh en wordt opgehaald voor verwerking door het NIRAS (Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte splijtstoffen): de huidige volumes bedragen 3,5 m³/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.

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



10. 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 radio-elementen 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 2005, 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 hoger is dan dat gemeten in de nabijheid van de kerncentrale van Doel, waarvan de radiologische impact op het leefmilieu verwaarloosbaar is.

De radiocontaminatieniveaus van de onderzochte stalen zijn over het algemeen extreem laag, zodat het grootste gedeelte van de verkregen gegevens niet significant zijn. De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K en ^7Be) is veel groter en sterker aanwezig dan de meeste kunstmatige bèta- en gammastralers. Het toezichtsprogramma bewijst zijn belang en zijn capaciteit om de impact van de radio-elementen 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. Elke uitstoot die ook maar iets groter is, wordt onmiddellijk en nauwkeurig gemeten.

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 "afdalend" tot metingen van zeer lage radioactiviteitsniveaus, de enige mogelijkheid om betrouwbare – want 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 beken 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.

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 fosfaathoudende meststoffen in de streek van Tessenderlo. Zo bevatten de sedimenten van de Molse Nete een significante concentratie aan ^3H , splijtingsproducten (^{137}Cs) en kunstmatige zware radio-elementen, in de vorm van sporen van transurane elementen ($^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am). De activiteit van ^{226}Ra is eveneens relatief hoog in de sedimenten van de Grote Laak en de Winterbeek in de omgeving van Tessenderlo, waar deze echter beneden de activiteit van ^{40}K blijft.

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 van fosfaathoudende kunstmeststoffen de voorbije jaren duidelijk verminderd is.

Analyse van de resultaten voor 2005 bevestigt de indruk die de voorgaande jaren overheerste: een betere kennis van het estuariene ecosysteem van de Schelde is nog altijd noodzakelijk om i) nauwkeurige parameters te ontwikkelen om te bepalen aan welke doses de bevolking is blootgesteld, rekening houdend met de lozingen van de nucleaire installaties van het Netebekken en die van de centrale van Doel, en ii) de reële radiologische impact van deze installaties op het achterliggende mariene ecosysteem te bepalen (zowel op het vlak van kunstmatige als natuurlijke radioactiviteit).

Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle voert momenteel haalbaarheidsstudies uit voor de installatie van automatische en permanente meetstations voor de gammaradioactiviteit in de oppervlaktewateren. Als in de toekomst dergelijke meetstations konden worden ingezet, zouden continu gegevens beschikbaar zijn 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 (CE), België zeer goed voldoet aan zijn nationale en internationale verplichtingen.