

RADIOLOGISCH TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED

Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2001-2002



Michelle BOUCHONVILLE - Dr Lionel SOMBRÉ

December 2003 -

Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle

Departement Controle en Toezicht

Dienst Toezicht op het Grondgebied

Ravensteinstraat 36 te B-1000 Brussel - België

Auteurs :

Dr Lionel SOMBRÉ

Tel. : +32 (0)2 289 21 54

Fax : +32 (0)2 289 21 52

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

Mevr. Michelle BOUCHONVILLE

Tel. : +32 (0)2 289 21 64

Fax : +32 (0)2 289 21 52

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

Diensthoofd:

J.M. LAMBOTTE, ing.

Tel. : +32 (0)2 289 21 59

Fax : +32 (0)2 289 21 52

E-mail : jean.marie.lambotte@fanc.fgov.be

Secretariaat van de Dienst:

Tel. : +32 (0)2 289 21 51

Fax : +32 (0)2 289 21 52

Samenwerking met externe instellingen

De volgende instellingen en hun respectieve medewerkers hebben de basisgegevens verschaft om dit verslag te kunnen uitwerken:

Het Wetenschappelijk Instituut (voor de) Volksgezondheid - Louis Pasteur (WIV-LP) (ex-IHE: Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie) - Brussel

Onderzoeksverantwoordelijken: J-L. Avaux, P. Van Den Broeck, O. Laurent en V-H. Dang (2001) - J-L. Avaux, E. Minne en P. Van Den Broeck (2002)
Technische medewerkers: C. Falisse, G. Jossart, J. Vanderlinden en C. Dehaese (2001)
C. Falisse, G. Jossart, J. Vanderlinden, C. Dehaese, O. Laurent en V-H. Dang (2002)
Administratieve medewerkster: N. Marechal
Kwaliteitscoördinatrice: C. Delporte
Programmaleiders: S. Hallez en J-M. Flémal (2001) – J-M. Flémal (2002)
Sectiehoofden: G. Verduyn (2001) – S. Hallez (2002)

Het ‘Institut national des Radioéléments (IRE)’ - Fleurus

Verzamelen, gereedmaken en analyseren van de stalen - Dosimetrie : V. Adam, E. Calande, C. De Lellis, J-L. De Stercke, E. Ferrari, J. Gustin en D. Tomasevszky
Wetenschappelijke opvolging: Ph. van Put
Coördinatie: A. Terranova
Diensthofd Veiligheid en algemeen nut: A. Debauche

Het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK-CEN) - Mol

Sectie Radio-ecologie: P. Bens, J. Sannen, E. Tessens, E. Van Bogaert en J. Wannijn
Metingen lage niveaus: B. Bouwens, E. Dupuis, W. Van Baelen, B. Vennekens en R. Verkoyen
Interne Dienst voor Preventie en Bescherming op het Werk (IDPBW): Ph. Antoine
Onderhoud van de apparatuur: R. Boons, B. Marlein en M. Vreys
Analyses: het gehele laboratoriumpersoneel
Metingen lage niveaus (supervisie) : Ch. Hurtgen, F. Verzezen
Departement Safeguards en Metingen kernfysica (supervisie): M. Bruggeman
Instrumentarium, kalibrering en dosimetrie (supervisie) : F. Vanhavere
Wetenschappelijke opvolging: Ch.M. Vandecasteele
Coördinatie: M. Van Hees
Projectleider: F. Hardeman

in samenwerking met :

R.Z.O. : R. De Clerq

Meteo Luchtmachtbasis te Koksijde; Administratie van de Antwerpse haven

Universitaire Faculteit voor Landbouwwetenschappen te Gembloers (FUSA Gbx)

Verzamelen en gereedmaken van de stalen: M. Meurice-Bourdon en O. Burton
Analyses van de radioactiviteit: IRE
Wetenschappelijke opvolging: M. Meurice-Bourdon en O. Burton

INHOUDSTAFEL

1. INLEIDING	1
2. BESCHRIJVING VAN HET TOEZICHTSNETWERK IN DE OMGEVING VAN DE NUCLEAIRE SITES	3
2.1. UITSTOOT VAN NUCLEAIRE INSTALLATIES	3
2.2. NUCLEAIRE SITES	4
2.3. KUSTZONE	9
2.4. DRINKWATERVEROORZIENING	10
3. RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT EN IN NEERSLAG	11
3.1. STOFDEELTJES IN DE LUCHT	11
3.2. NEERSLAG	12
3.3. BESLUIT	13
4. RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM	15
BESLUIT	16
5. RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM EN LANDBOUWPRODUCTIE IN DE OMGEVING VAN CHOOZ	17
BESLUIT	17
6. RADIOACTIVITEIT IN EEN VLOEIBARE OMGEVING	18
6.1. RADIOACTIVITEIT VAN OPPERVLAKTEWATERS	18
6.1.1. <i>Maas</i>	18
Besluit	20
6.1.2. <i>Schelde</i>	20
Besluit	22
6.1.3. <i>Noordzee</i>	23
6.1.4. <i>Algemeen besluit</i>	23
6.2. RADIOACTIVITEIT IN HET SEDIMENT	24
6.2.1. <i>Maas en Samber</i>	24
Besluit	25
6.2.2. <i>Schelde en Netebekken (Laak)</i>	26
Besluit	27
6.2.3. <i>Noordzee</i>	28
Besluit	28
6.3. RADIOACTIVITEIT VAN DE FAUNA EN DE FLORA IN HET WATER	29
6.3.1. <i>Maas</i>	29
Besluit	30
6.3.2. <i>Schelde</i>	31
Besluit	32
6.3.3. <i>Noordzee</i>	32
Besluit	33
7. RADIOACTIVITEIT IN DE VOEDSELKETEN	34
7.1. DRINKWATERS	34
Besluit	37
7.2. MELK	37
Besluit	38
7.3. VLEES	39
Besluit	39
7.4. VIS	40
Besluit	40
7.5. GROENTEN	40
Besluit	40
7.6. OPMERKINGEN BETREFFENDE DE VOEDSELKETEN	40
8. ATMOSFERISCHE EN VLOEIBARE UITSTOOT VAN NUCLEAIRE SITES	42
8.1. ATMOSFERISCHE UITSTOOT	42
8.2. VLOEIBARE UITSTOOT	42
Besluit	43
9. DOSIMETRIE ROND DE NUCLEAIRE SITES	46
9.1. CENTRALE VAN TIHANGE	46
9.2. CENTRALE VAN DOEL	47
9.3. SITE VAN IRE TE FLEURUS	47
9.4. CENTRALE VAN CHOOZ	47
9.5. BESLUIT	47
10. ALGEMEEN BESLUIT	49

1. INLEIDING

Het radiologisch toezicht op het Belgisch grondgebied, hierin begrepen dit van de nucleaire sites, evenals de opvolging van de effecten op het leefmilieu, wordt, sinds september 2001, uitgeoefend onder de verantwoordelijkheid van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), overeenkomstig de 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.

Het wordt verzekerd in samenwerking met het Wetenschappelijk Instituut voor de Volksgezondheid - Louis Pasteur (WIV-LP), ex-Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE), het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK) te Mol, het Nationaal Instituut voor Radioelementen (Institut national des Radio-éléments: IRE) te Fleurus en de Universitaire Faculteit voor Landbouwwetenschappen te Gembloux (FUSAGbx).

Dit toezicht werd in het verleden beheerd door de Dienst voor Bescherming tegen Ioniserende Stralen (DBIS) van het Ministerie van Sociale Zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu.

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

1. Er borg voor staan dat de wettelijke en reglementaire voorschriften inzake de besmetting van het leefmilieu worden nageleefd;
2. Controle uitoefenen op i) de lozingsomstandigheden en de doeltreffendheid van de technische inrichtingen; ii) de goede werking van de lozingsinstallatie, zodanig dat een eventueel lek snel kan worden opgespoord en de juiste correctieve maatregelen kunnen worden genomen;
3. Desgevallend, een evaluatie maken van de doses waaraan bepaalde bevolkingsgroepen mogelijkerwijze werden blootgesteld;
4. Het publiek op een objectieve wijze informeren;
5. Aan de Europese Commissie alle gegevens overmaken die vereist zijn uit hoofde van de verschillende van kracht zijnde reglementeringen en richtlijnen.

Het radiologisch toezicht wordt niet enkel in de omgeving van de kerncentrales van Tihange en Doel uitgeoefend, maar eveneens in de gebieden van ons grondgebied in de omgeving van de Franse centrales van Chooz en Gravelines (Grevelingen), die zich vlakbij onze grens bevinden. Het SCK te Mol en het IRE te Fleurus maken eveneens het voorwerp uit van een nauwgezette controle. De rest van het grondgebied wordt ook in aanmerking genomen al naar gelang de vastgestelde transfermechanismen van de radioactiviteit.

In de praktijk wordt het toezicht op het grondgebied, bij een eventuele atmosferische besmetting, hoofdzakelijk op continue wijze uitgevoerd door middel van het nationale TELERAD netwerk.

Deze benaderingswijze dient evenwel te worden aangevuld met in situ staalnames en met verfijnde labometingen. Dat is de rol van het programma voor het radiologisch toezicht op het grondgebied dat berust op campagnes met staalnames en op metingen van de radioactiviteit aanwezig in verschillende vectoren die een rol spelen bij de transfer ervan in het leefmilieu (lucht / regen-, rivier-, zee-, drinkwater / het sediment in rivieren en in de zee / fauna en flora in rivieren en in de zee / voedselketen, enz.).

Het toezicht op het grondgebied is noodzakelijk met het oog op het opsporen van incidenten en/of ongevallen die zich kunnen voordoen ten gevolge van een niet gecontroleerde lozing/uitstoot van bovenmatige hoeveelheden radioactieve stoffen in het water of in de lucht.

Anderzijds dient elke lidstaat, ten aanzien van de Europese Unie (artikels 35 & 36 van het EURATOM-verdrag), de OSPAR-Convention (OSlo-PARis) ter bescherming van het mariene milieu van de Noordzee en het noordoostelijke deel van de Atlantische Oceaan, de verzekering te geven te beschikken over een doeltreffend programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied.

Het programma werd daarenboven in het verleden nog aangevuld met radio-ecologische studies die tot doel hadden te komen tot een betere kennis van het gedrag van de radionucleïden in het leefmilieu, om zo een juiste interpretatie te verzekeren van de uit de controle voortspuitende gegevens en van de jaarlijkse follow-ups.

Deze opdracht is essentieel om te kunnen garanderen dat in België de kennis van het milieu alsook de competentie inzake radio-ecologie / stralingsbescherming van het leefmilieu in stand worden gehouden. Dit soort ondersteuning maakt deel uit van de opdrachten van het FANC.

Om de controle van het leefmilieu te kunnen garanderen, werd de keuze van de locaties voor de staalname bepaald, ofwel in functie van de omstandigheden van de atmosferische verspreiding, ofwel om, na een voorafgaand terreinonderzoek, rekening te houden met bijzondere omstandigheden.

De frequentie waarmee stalen worden genomen en metingen worden uitgevoerd, werd zodanig bepaald dat men zou kunnen beschikken over de best mogelijke representatieve informatie betreffende een bepaalde radiologische situatie, dit alles rekening houdend met de technische en materiële mogelijkheden die ter onze beschikking staan.

De verzamelde gegevens hebben hoofdzakelijk betrekking op de meting van de radioactiviteit in stofdeeltjes in de lucht, in de neerslag, in de melk en de weides, dit wat de eventuele invloed van de gasvormige uitstoot betreft; deze zelfde gegevens hebben betrekking op de meting van de radioactiviteit in het water, het sediment, de vissen en de waterplanten, voor wat de invloed van de vloeibare lozingen betreft.

In dit verslag worden de resultaten van het toezichtsprogramma voor de periode 2001-2002 weergegeven. Deze resultaten worden beknopt weergegeven voor de verschillende onderzochte transfervectoren van de radioactiviteit (in de atmosfeer, het water en de voedselketen). Alle "ruwe"-gegevens kunnen op aanvraag ter beschikking worden gesteld.

De auteurs van dit verslag willen tenslotte de aandacht van de lezer vestigen op het feit dat de gegevens betreffende de voedselketen vooral betrekking hebben op de radioactiviteit in melk. Er werden in dit verslag evenwel ook enkele preliminaire gegevens met betrekking tot de andere voedingsmiddelen (meel, vlees, vis, groenten, enz.) opgenomen.

De specifieke verslagen betreffende het toezicht op de voedselketen voor de jaren 2000, 2001 en 2002 werden nu al gepubliceerd en zijn op aanvraag beschikbaar (zie hoofdstuk 7, punt 7.6).

2. BESCHRIJVING VAN HET TOEZICHTSNETWERK IN DE OMGEVING VAN DE NUCLEAIRE SITES

2.1. UITSTOOT VAN NUCLEAIRE INSTALLATIES

Metingen	Verkregen gegevens	Plaats van staalname
Gammaspectrometrie	Maandelijks	DOEL – TIHANGE
Totale alfa-bèta-activiteit		
H-3 meting		
Totale alfa-bèta-activiteit	Maandelijks	SCK (BELGOPROCESS 2)
H-3 meting		
Sr-90 meting		
I-131 meting Ra-226 meting		
Gammaspectrometrie	Wekelijks	BELGOPROCESS
Totale alfa-bèta-activiteit		
Actiniden		
Alfa-activiteit	Wekelijks	Compagnie Franco-Belge de Fabrication de Combustibles (FBFC)

2.2. NUCLEAIRE SITES

METINGEN	TIHANGE	
	Radioactiviteit in de lucht	
	Frequentie	Plaats van staalname
Stofdeeltjes in de lucht	Wekelijks	Tihange
Neerslag	Maandelijks	
Gamma dosisdebiet	Permanent	Ampsin hoeve (Ferme), Ampsin Socolie, Hoei (Huy), Ampsin steengroeve (Carrière)
Melk (hoeve)	Wekelijks	straal van 20 km rondom Tihange
Dosimetrie omgeving	Tweemaandelijks	Omheining en omgeving site van Tihange (30 meetpunten)
	Radioactiviteit in het water	
Gamma-activiteit	Permanente automatische meting	Ampsin
Gammaspectrometrie	Wekelijks	Hoei (Huy), Ampsin, Monsin
Totale alfa-bèta-activiteit	wekelijks	Hoei (Huy), Ampsin, Monsin
H-3 meting	Wekelijks	Hoei (Huy), Ampsin, Monsin
	Radioactiviteit in het sediment	
Gammaspectrometrie	Maandelijks	Lixhe, Amay, Lanaye
	Radioactiviteit van planten en dieren in het water	
Gammaspectrometrie	Driemaandelijks	Sluis van Ivoz-Ramet

METINGEN	DOEL	
	Radioactiviteit in de lucht	
	Frequentie	Plaats van staalname
Stofdeeltjes in de lucht	Maandelijks	Site van Doel
Melk (melkerij)	Wekelijks	Site van Doel
Bodem	Jaarlijks	Site van Doel
Dosimetrie omgeving	Driemaandelijks	Site van Doel (10 meetpunten)
	Radioactiviteit in het water	
Gamma-activiteit	Maandelijks	Antwerpen, Doel
Gammaspectrometrie	Wekelijks	Doel
Totale alfa-bèta-activiteit	Maandelijks	Doel
H-3 meting	Wekelijks	Doel
	Radioactiviteit in het sediment	
Gammaspectrometrie	Maandelijks	Doel
	Radioactiviteit van planten en dieren in het water	
Gamma-activiteit	Driemaandelijks	Hoofdplaat, Kloosterzande, Yerseke, Kieldrecht
Gammaspectrometrie	Driemaandelijks	Hoofdplaat, Kloosterzande, Yerseke, Kieldrecht

METINGEN	MOL – SCK – TESSENDERLO	
	Radioactiviteit in de lucht	
	Frequentie	Plaats van staalname
Stofdeeltjes in de lucht	Dagelijks	Site van het SCK
Neerslag	Wekelijks	Site van het SCK
Melk (melkerij)	Wekelijks	Dessel
Bodem	Jaarlijks	Site van SCK - Dessel
	Radioactiviteit in het water	
Gamma-activiteit	Wekelijks	Rupelbekken (Boom)
Gammaspectrometrie	Wekelijks	Molse Nete (Geel)
Totale alfa-bèta-activiteit	Maandelijks	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessenderlo) Grote Nete (Oosterlo)
H-3 meting	Wekelijks	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessenderlo) Grote Nete (Oosterlo)
	Radioactiviteit in het sediment	
Gamma-activiteit	Maandelijks	Molse Nete (Geel)
Gammaspectrometrie	Maandelijks	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessenderlo) Grote Nete (Oosterlo – Lier)

METINGEN	FLEURUS – IRE	
	Radioactiviteit in de lucht	
	Frequentie	Plaats van staalname
Stofdeeltjes in de lucht	Dagelijks	Site van het IRE – WIV-LP (Brussel)
Neerslag	Maandelijks	Site van het IRE
Gammadosisdebiet	Permanent	5 meetstations (omheining van de IRE site)
Melk (hoeve)	Wekelijks	Straal van 20 km rond Fleurus
Bodem – Gras	Jaarlijks	Site van het IRE – WIV-LP
Dosimetrie omgeving	Tweemaandelijks	Omheining en omgeving van de site van Fleurus (12 meetpunten)
	Radioactiviteit in het sediment	
Gammaspectrometrie	Maandelijks	Floriffoux, Andenne
	Radioactiviteit in de voedselketen	
Nationaal melkmengsel	Maandelijks	In de handel
Groenten		
Vlees		
Zeevis		
Riviervis		

METINGEN	CHOOZ (Frankrijk)	
	Radioactiviteit in de lucht	
	Frequentie	Plaats van stalname
Stofdeeltjes in de lucht	Dagelijks	Dourbes – Vielsalm
Neerslag	Maandelijks	Hastière – Vielsalm
Gammadosisdebiet	Permanent	Hastière, Dion, Felenne, Treignes
Melk (hoeve)	Wekelijks	Straal van 20 km rondom Chooz
Bodem – Gras	Jaarlijks	Hastière – Vielsalm – Dourbes
Dosimetrie omgeving	Tweemaandelijks	Omgeving Chooz (11 meetpunten)
	Radioactiviteit in het water	
Gamma-activiteit	Permanente automatische meting	Hastière
Gammaspectrometrie	Wekelijks	Hastière
Totale alfa-bèta-activiteit	Maandelijks	Hastière
H-3 meting	Wekelijks	Hastière
	Radioactiviteit in het sediment	
Gammaspectrometrie	Maandelijks Droogleggen en schoonmaken van de Maas (om de drie jaar)	Op verschillende plaatsen van de Boven-Maas (Tailfer) Givet
	Radioactiviteit van aquatische planten en dieren	
Gammaspectrometrie	Driemaandelijks	Hastière, Ham, Givet (mossen)
H-3 meting	Driemaandelijks	Hastière, Ham, Givet (mossen)
	Radioactiviteit van de landvegetatie	
Gammaspectrometrie	16 x/jaar	Chooz, Falmignoul (korstmossen)
Meting organisch H-3	16 x/jaar	Chooz, Falmignoul (korstmossen)
	Radioactiviteit in landbouwzones (bodem)	
Gamma-, alfaspectrometrie en Sr-90, Ra-226	30 meetpunten/jaar	Rondom de laars van Chooz
	Radioactiviteit in landbouwzones (plantaardige productie)	
Gammaspectrometrie en Sr-90, H-3 en C-14	30 meetpunten/jaar	Rondom de laars van Chooz

2.3. KUSTZONE

METINGEN	KUSTZONE	
	Radioactiviteit in de lucht	
	Frequentie	Plaats van staalname
Stofdeeltjes in de lucht	Maandelijks	Koksijde
Neerslag	Dagelijks	Koksijde (Koninklijk Meteorologisch Instituut : KMI)
Bodem	Jaarlijks	Koksijde
	Radioactiviteit in het water	
Gammaspectrometrie	Driemaandelijks	Zones 1, 2 en 3 Dumping 1 en 2
totale alfa-bèta-activiteit	Driemaandelijks	Zones 1, 2 en 3 Dumping 1 en 2
	Radioactiviteit in het sediment	
Gammaspectrometrie	Driemaandelijks	Bijdrage RZO, Belgica
	Radioactiviteit van aquatische planten en dieren	
Gamma-activiteit	Driemaandelijks	Bijdrage R.Z.O., Belgica
Gammaspectrometrie	Driemaandelijks	bijdrage R.Z.O., Belgica

2.4. DRINKWATERVOORZIENING

Metingen	Frequentie	Plaats van staalname
Gamma-activiteit Totale alfa-bèta-activiteit H-3 meting	Driemaandelijks	BIWM/CIBE (Brusselse Intercommunale Water-Maatschappij/Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux) : Modave, Assesse, Braine, Namen (Namur)
		TMVW (Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Watervoorziening) : St.-Ghislain, Beloeil
		SWDE (Société Wallonne (des Distributions) des Eaux) : St.-Léger, Walcourt, Soignies
		VMW (Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening) : Evergem
		Koksijde, De Panne, Luik (Liège), Clavier

3. RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT EN IN DE NEERSLAG

De analyse van de stofdeeltjes in de lucht is een doeltreffende methode om de uitstoot van radioactieve stoffen in de atmosfeer op te sporen. De aërosols (deeltjes $> 0,5 \mu\text{m}$) zijn inderdaad een van de vormen van atmosferische uitstoot afkomstig van nucleaire installaties; ze bevatten in hoofdzaak op een partikelkern gecondenseerde splijtingsproducten (β - γ -stralers). Soms worden er ook α -stralers aangetroffen.

Deze detectiemethode werd in het bijzonder gebruikt om de gevolgen van atmosferische nucleaire proeven - op het ogenblik dat ze werden uitgevoerd (« fall out ») - na te gaan, evenals voor de opvolging van het voorbijtrekken van de radioactieve wolken na de ramp in Tsjernobyl.

Deze stofdeeltjes kunnen zich rechtstreeks op de grond afzetten (droge afzetting) of ze kunnen worden uitgewoemd door de regen (natte afzetting). Dit is de reden waarom het meten van de radioactiviteit aanwezig in stofdeeltjes in de lucht en in de neerslag belangrijke en aanvullende elementen uitmaken bij een radiologisch controlenetwerk.

3.1. STOFDEELTJES IN DE LUCHT

Voor de *bètastralers* in de stofdeeltjes in de lucht, die op de site van het IRE te Fleurus, op de site van het SCK te Mol, en te Vielsalm (referentiezone) worden gemeten, liggen de waarden (uitgedrukt in mBq/m^3) van de totale gemeten bètastralers per kubieke meter zeer laag : $< 0,5 \text{ mBq/m}^3$ (grootteorde van 0,2 tot $0,5 \text{ mBq/m}^3$). Er dient te worden opgemerkt dat bij dit soort meting rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van producten met korte vervaltijd, afkomstig van het radiologisch verval van radon, van natuurlijke oorsprong, die overheersen in de radioactiviteit van de atmosfeer.

Beryllium 7, een natuurlijke radionucleïde geproduceerd door de kosmische stralingen, is aanwezig in aërosols met gemeten waarden die schommelen tussen 1 en 3 mBq/m^3 . Deze merker van de natuurlijke radioactiviteit wordt gemeten in de nabijheid van de nucleaire sites van het IRE te Fleurus, van het SCK te Mol, van Tihange en Doel, aan de kust te Koksijde, in de Ardennen te Vielsalm, te Dourbes (2001), en in een grote agglomeratie : Brussel (10% van de Belgische bevolking).

De gemeten waarden zijn van dezelfde grootteorde als deze die in andere Europese landen worden opgetekend (Zweden, Luxemburg, Frankrijk, Duitsland, Oostenrijk, Italië, enz.) alwaar deze in het algemeen variëren van 1 tot 30 mBq/m^3 .

Voor de *gammastralers* ($^{134,137}\text{Cs}$, $^{103,106}\text{Ru}$, $^{141,144}\text{Ce}$, ^{95}Nb , ^{95}Zr) die op dezelfde sites worden opgespoord, en voor ^{131}I rond het IRE, liggen de metingen steeds beneden de detectiedrempels van de spectrometrie-apparaten : tussen 3 à $30 \mu\text{Bq/m}^3$.

De metingen uitgevoerd voor de *totale alfa's* rond de nucleaire site van het SCK te Mol geven geregistreerde gehalten aan die in het algemeen tussen 20 à $30 \mu\text{Bq/m}^3$ lucht schommelen (detectielimiet op $\sim 5 \mu\text{Bq/m}^3$).

Deze waarden zijn geheel in overeenstemming met hetgeen in andere Europese landen kan worden opgetekend; in de streek rond Parijs kan inderdaad een jaarlijkse gemiddelde activiteit van alfastralers worden opgetekend die, in haar totaliteit, lager ligt dan $150 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ lucht. Het betreft hier bijna uitsluitend natuurlijke radioactiviteit.

Tot slot kan men stellen dat de lucht in België en in het bijzonder in de omgeving van de nucleaire installaties, geen enkel radiologisch probleem toont. De gemeten waarden liggen allen lager dan, of in de buurt van, de - zeer lage - detectiedrempels van de meetapparatuur.

3.2. NEERSLAG

De neerslag loogt de atmosfeer uit en vormt een goed controlemiddel voor de kwaliteit van de lucht in de omgeving evenals voor een eventuele radioactieve besmetting ervan.

De analyse van de resultaten met betrekking tot de **radioactiviteit** in de neerslag, die hoofdzakelijk rondom de nucleaire sites en in de Brusselse agglomeratie worden verzameld, geeft een activiteit aan die zeer laag blijft en die wordt verklaard door de aanwezigheid van radioactieve elementen van natuurlijke oorsprong.

In **Brussel** is de radioactiviteit die in het regenwater wordt vastgesteld inderdaad afkomstig van natuurlijke radioactieve elementen zoals :

- Be-7 – 53,2 dagen halfwaardetijd – veroorzaakt door kosmische straling;
- K-40 – $1,26 \times 10^9$ jaren halfwaardetijd – behorende tot de familie van de primaire natuurlijke radio-elementen, waarvan de oorsprong teruggaat tot het ontstaan van het zonnestelsel en waarvan de aanwezigheid een verklaring is voor de quasi-totaliteit van de totale gemeten bètaradioactiviteit en tenslotte,
- sporen van alfaradioactiviteit, eveneens van natuurlijke oorsprong (enkele mBq/l, detectielimiet op 4 mBq/l).

Er dient te worden opgemerkt dat Be-7 veruit het meest in het oog springt, terwijl dit element nochtans vanzelfsprekend zeer lage waarden behaalt : $< 1 \text{ Bq/liter}$ (detectielimiet rond 0,7-0,9 Bq/liter). Deze waarden zijn, zoals kan worden verwacht, rekening gehouden met de oorsprong van dit radio-element, geheel vergelijkbaar met deze die in de buurlanden van de Europese Unie kunnen worden gemeten.

De analyse van de verkregen resultaten, voor de alfa-, bèta- en gammastralers **rondom de nucleaire sites** (IRE te Fleurus, kerncentrale van Tihange, kerncentrale van Chooz in Frankrijk, gecontroleerd nabij de grens te Heer-Agimont, SCK te Mol), **in Brussel en in een "schone" site te Vielsalm**, toont aan dat de meeste radioactieve elementen waarnaar onderzoek wordt verricht, in het algemeen niet opspoorbaar zijn (metingen liggen lager dan de detectiedrempels van de toestellen).

Dit is in het bijzonder het geval voor de **gammastralers**, waarvan de detectiedrempels in het bereik van de meetapparatuur, voor **Brussel** bijvoorbeeld, zeer laag zijn : 0,17 - 0,18 Bq/l voor Ce-141; 0,5 Bq/l voor Ce-144; 0,08 tot 0,09 Bq/l voor Cs-134 en Cs-137; 0,3 à 0,4 Bq/l voor I-131; 0,1 Bq/l voor Nb-95; 0,1 Bq/l voor Ru-103; 0,7 tot 0,8 Bq/l voor Ru-106; 0,004 tot 0,006 Bq/l voor Sr-90; 0,004 Bq/l voor het totaal van de α - en 0,008 Bq/l voor het totaal van de β -activiteit.

Met betrekking tot de aanwezigheid van *alfa- en bètastralers in de omgeving van de nucleaire sites en in een controleregio (Vielsalm)*, toont de analyse van de resultaten, verkregen via vooraf gefilterd regenwater (analyses uitgevoerd op het filtraat en op het residu van de filtering), aan dat de metingen, voor het grootste deel van de tijd, onder de detectielimieten liggen en dat, wanneer er toch een meting mogelijk is, de gedetecteerde waarden nauwelijks boven deze limieten - die schommelen van 0,02 tot 0,03 Bq/l voor de totale β -activiteit, tussen 0,005 en 0,015 Bq/l voor Sr-90, en tussen 0,015 en 0,020 Bq/l voor de totale α -activiteit - uitstijgen.

De weinige waarden die voor gefilterd regenwater werden opgemeten, liggen zeer laag en overschrijden nauwelijks de detectiedrempels van de meetapparatuur : 0,03 à 0,12 Bq/liter. De waarden die in de omgeving van de nucleaire sites geregistreerd worden, zijn vergelijkbaar met deze die in de controleregio Vielsalm werden opgemeten. Dezelfde vaststelling aangaande de residu's na filtratie.

Het is bijgevolg evident dat de gedetecteerde sporen van *alfa- en bètastralers* kunnen worden verklaard door het feit dat er in dit water stralers aanwezig zijn van natuurlijke oorsprong.

De resultaten die *in de omgeving van de nucleaire site van het SCK te Mol* worden verkregen, hebben hoofdzakelijk betrekking op de *totale alfa- en bètastraling*. Deze resultaten worden uitgedrukt in Bq per oppervlakte-eenheid (m^2), via de neerslag gedeponeed.

De detectiedrempels bedragen respectievelijk 0,04 Bq/ m^2 en 0,3-0,4 Bq/ m^2 voor α en β stralers. De verkregen waarden, hoewel ze de detectielimieten overschrijden, blijven in absolute cijfers uitgedrukt, laag (waarden die 2 tot 3 maal de detectielimiet bereiken, geassocieerd met berekeningsfouten van 50 tot 100% bij de meting); de aanwezigheid van natuurlijke stralers is verantwoordelijk voor een groot deel van de voor deze familie van radio-elementen geregistreerde waarden.

De gegevens met betrekking tot de oppervlaktebesmetting (via droge of natte afzetting - regen in bakken gevuld met water - groot oppervlak en dunne waterfilm) die op *de site van het IRE* werden verkregen, bevestigen de metingen van het regenwater die op deze zelfde site werden uitgevoerd. De H-3 metingen liggen in het algemeen lager dan de detectielimieten (4 Bq/l), soms kan er een weinig tritium worden aangetroffen met waarden in de buurt van 5 à 7 Bq/l (geassocieerd met berekeningsfouten van ± 2 tot 3 Bq/l). Deze waarden, die zeer laag liggen, zijn bijgevolg nauwelijks significant en zonder gevaar voor de arbeiders en de bevolking.

Het netwerk voor de opsporing van de atmosferische radioactiviteit, via het meten van de radioactiviteit van de regen, geeft hiermee blijk van zijn doeltreffendheid in het ontdekken van zeer lage radioactiviteitswaarden, dankzij de detectiedrempels die door de meetapparatuur kunnen worden bereikt.

3.3. BESLUIT

- de natuurlijke radioactiviteit is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het - zeer lage - niveau van radioactieve besmetting van de atmosfeer;
- buiten elk ongevalsscenario, is de impact van de nucleaire installaties op de atmosfeer, en onrechtstreeks op het leefmilieu, steeds verwaarloosbaar en zelfs niet detecteerbaar;
- dit aspect van de controle van de atmosferische radioactiviteit berust op meetgegevens die continu door het geheel van de "lucht"-meetstations, die in het kader van het

automatisch toezichtsnet TELERAD over het grondgebied verspreid werden opgesteld, worden verstrekt.

4. RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM

De radioactieve besmetting van de bodem is hoofdzakelijk te wijten aan de neerslag van radioactieve elementen die in de atmosfeer aanwezig zijn (meestal geassocieerd met zeer fijne partikels of aërosols) door droge of vochtige afzetting (uitloging van de atmosfeer door de regen).

Bodemstalen worden, normaal gezien, eens per jaar genomen en geanalyseerd. Per plaats wordt de eventuele radioactieve afzetting onderzocht via stalen van grassen (oppervlakteafzettingen). Bij uitzonderlijke gevallen van besmetting (lekken in afvoerleidingen of bij opslag van radioactief afval) zouden bijkomende stalen worden genomen.

De analyses hebben betrekking op de detectie van gammastraling. De detectiedrempels kunnen variëren afhankelijk van de hoeveelheid en de densiteit van de bodemstalen, van de geometrie die wordt gebruikt om de metingen uit te voeren, en van het globale activiteitsniveau van het staal. De concentratie aan kalium 40 in de bodem volgt deze van het stabiele kalium (^{40}K vertegenwoordigt 0,0119% van het totale gehalte aan kalium) dat van bodem tot bodem verschilt en seizoensgebonden variaties toont.

Met betrekking tot de **afzetting op het gras**, werden de controles in de zone van **Dourbes** (regio ten westen van Chooz) en te **Brussel** uitgevoerd.

Enkel Be-7 - een natuurlijk kosmogeen radioactief element - springt in het oog. Op te merken valt dat de detectieniveaus die voor de andere gecontroleerde radioactieve elementen werden bekomen, zeer laag liggen: 4 Bq/kg voor Ce-141, 9 à 15 Bq/kg voor Ce-144, 1 tot 2 Bq/kg voor Cs-134 en Cs-137, < 20 Bq/kg voor I-131, 2,5 Bq/kg voor Nb-95 en Ru-103, en ~15 Bq/kg voor Ru-106.

De **bodemstalen** die in de **regio Vielsalm** (gekozen als “controleregio”, een bosrijk gebied en daardoor afgelegen, ver van de agglomeraties en van de nucleaire installaties) werden genomen, zijn “radiologisch” gezien ‘schoon’.

Deze bodemstalen werden genomen op een oppervlakte van 1m^2 en op een diepte van ongeveer 10 cm (wat overeenkomt met de organische en hemi-organische horizontale oppervlaktelagen, die samengesteld zijn uit organisch materiaal in ontbinding, min of meer vermengd met mineraal materiaal - waarop zich in het bijzonder radiocesium vastzet - en betrokken zijn bij het vasthouden van radio-elementen die langs atmosferische weg worden afgezet).

Enkel sporen van Cs-137 (1 tot 3 kBq/m², wat overeenkomt met de zeer zwakke fall-out van Tsjernobyl) en van Be-7 (natuurlijk kosmogeen) worden gedetecteerd en, natuurlijk, de aanwezigheid van kalium 40, beide laatste natuurlijke radioactieve elementen.

Hetzelfde soort resultaten wordt verkregen voor de **bodemstalen** afkomstig van de streek ten noorden van **Chooz** te **Hastière** - 0,4 à 0,8 kBq/m² (in de mogelijke invloedzone van de Franse kerncentrale van Chooz), de bodemstalen van **Tihange** - 1 tot 2 kBq/m², en **Fleurus** - 0,5 à 0,8 kBq/m². Daar opnieuw komt de natuurlijke radioactiviteit openlijk en duidelijk tot uiting (kalium 40).

In de omgeving van de sites van **Doel**, **Mol**, **Dessel** en **Koksijde**, is de radioactiviteit die wordt gedetecteerd in de gemeten bodemstalen hoofdzakelijk te wijten aan de natuurlijke radio-elementen (K, Ra, Th en U), en zijn sporen van radiocesium aanwezig (10 tot 17 Bq/kg te Mol, 6 à 7 Bq/kg te Doel en 8 à 9 Bq/kg te Koksijde). De detectiedrempels zijn ook hier zeer laag: 2,0 à 2,5 Bq/kg voor Co-60, 2 Bq/kg voor Cs-137,-134, 1 Bq/kg voor de U-isotopen en 0,8 tot 1,3 Bq/kg voor Pu-238,-239, enz.

In de streek van **Dessel** kan enkel natuurlijke radioactiviteit (uranium) worden gedetecteerd (enkele Bq/kg), en worden in de bodem geen sporen van zware elementen teruggevonden die behoren tot de familie van americium en plutonium die afkomstig zouden kunnen zijn van de uitstoot van de installaties van de site, waaronder deze van Belgoprocess 1 (Cilva - verbrandingsoven voor vast afval, Pamela - verglazingsfabriek voor hoogradioactief afval), deze van Belgoprocess 2 (oude verwerkingszone voor het afval van het SCK) en deze van Belgonucleaire, betrokken door de uitstoot van alfastralers en Pu. Er dient te worden opgemerkt dat FBFC International - fabriek voor de aanmaak van nucleaire brandstof verrijkt met U-235 en op dit ogenblik van MOX - hier niet bij betrokken is, vermits zijn atmosferische uitstoot in termen van activiteit verwaarloosbaar is.

De **bodemstalen** afkomstig van de **kuststreek** te **Koksijde** bevatten zeer weinig radioactiviteit; deze is hoofdzakelijk van natuurlijke oorsprong (K, Ra, Th).

BESLUIT

De kerncentrales en de nucleaire installaties van de site van Dessel, het SCK en het IRE hebben geen meetbare impact op hun omgeving. Dit is een bevestiging van de afname - die sinds de jaren 1991-95 wordt waargenomen - van de artificiële radioactiviteit die door deze installaties in het leefmilieu wordt afgegeven.

5. RADIOACTIVITEIT VAN DE BODEM EN VAN DE LANDBOUWPRODUCTIE IN DE OMGEVING VAN CHOOZ

In 2001 en 2002 werd de radio-ecologische kwaliteit - op het Belgisch grondgebied - van de bodem en van de typische landbouwproductie in de omgeving van de in werking zijnde kerncentrale van Chooz (straal van 15 km -meer dan 30 meetpunten voor staalname) gecontroleerd met als doel:

- er de radioactiviteitconcentraties te bepalen die in reële omstandigheden van landbouwproductie kunnen worden waargenomen;
- de jaarlijkse evolutie van deze concentraties op te volgen en te interpreteren.
- Er werden al eerder meerdere soortgelijke campagnes gevoerd in het kader van contracten die met de Dienst voor Bescherming tegen Ioniserende Stralingen (DBIS) van het Ministerie van Sociale Zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu werden afgesloten.

De analyses inzake radioactiviteit houden in :

- * voor de bodem : gammaspectrometrie, alfaspectrometrie, Sr-90, Ra-226;
- * voor de vegetatie (weidegras, luzerne, hooi, tarwe, maïs, diverse granen, aardappels, bieten) : gammaspectrometrie, Sr-90, organisch H-3, C-14.

BESLUIT

- De metingen die werden uitgevoerd, tonen in het algemeen zeer lage waarden, zelfs zeer vaak lager dan de detectielimiet van de meetapparatuur. Dit fenomeen is gemeenschappelijk aan de radionucleïden van natuurlijke en van artificiële oorsprong.
- Voor de resultaten van de gammaspectrometrie, liggen de concentraties van isotopen van natuurlijke oorsprong ver boven deze die worden aangetroffen voor de isotopen van artificiële oorsprong die, met uitzondering van Cs-137 in de bodem, niet meer worden gedetecteerd.
- De concentraties die in 2002 en 2001 werden bekomen, zijn helemaal in dezelfde grootteorde als van deze die bij voorgaande campagnes werden verkregen.
- De waargenomen concentraties aan artificiële radio-isotopen die in het licht werden gesteld, blijven naar alle waarschijnlijkheid te wijten aan de restanten van de fall-out in de jaren 60 (Sr-90 en Cs-137) en van het ongeval te Tsjernobyl (Cs-137).
- De impact van de nucleaire site van Chooz is dus in het geheel niet meetbaar en kan daardoor als onbestaande worden beschouwd.
- Aangezien de plaatsen voor de staalname precies werden uitgekozen en de overeenkomstige bodemsoorten duidelijk werden gedefinieerd (pedologie); laat dit toe om, in het kader van de radio-ecologische opvolgingscampagnes, een vergelijking te maken van de resultaten die op verschillende ogenblikken voor geïdentificeerde “afnamestations” werden verkregen.

6. RADIOACTIVITEIT IN EEN VLOEIBARE OMGEVING

6.1. RADIOACTIVITEIT VAN DE OPPERVLAKTEWATERS

6.1.1. DE MAAS

De Maas is een belangrijke stroom die de radioactieve lozingen te verwerken krijgt van de nucleaire site van Chooz in Frankrijk, van deze van Tihange en van het IRE via de Samber. Beide rivieren ontvangen eveneens de lozingen van de ziekenhuizen en laboratoria in de grote agglomeraties zoals Charleroi, Hoi (Huy), Namen (Namur), Luik (Liège), ... waar radio-elementen worden aangewend.

De Maas is, na behandeling, een belangrijke drinkwaterbron voor een belangrijk deel van de Belgische en Nederlandse bevolking. Daarom wordt er gezocht naar de totale α - en β -radioactiviteit, en worden er ook gammaspectrometrieën uitgevoerd.

Deze controles zullen in de toekomst des te meer actueel zijn door het toepassen van de nieuwe 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 begin 2004 zouden moeten gepubliceerd worden.

Teneinde het voor de radioactiviteit fixerend vermogen van zwevend materiaal en van fijne sedimentpartikels te kunnen evalueren, worden analyses uitgevoerd op gefilterd en op niet gefilterd water. Het sediment, dat in rivierbeddingen en tegen de oevers wordt afgezet, vormt een belangrijk compartiment waarin zich radioactieve elementen kunnen vastzetten. Daarop worden afzonderlijke metingen verricht.

De staalname- en controleplaatsen voor de radioactiviteit in het water werden zodanig gekozen dat de impact van de kerninstallaties langsheen de hele loop van de Maas kan worden geverifieerd:

- de site van Hastière; hier worden de lozingen van de Franse kerncentrale van Chooz evenals deze van de Franse ziekenhuizen uit het Maasbekken geïntegreerd;
- de site van Hoi; hier wordt de toevloed via de Samber geïntegreerd, deze van het IRE te Fleurus en de lozingen afkomstig van de ziekenhuizen van de agglomeraties van Namen en Charleroi;
- de site van Ampsin, stroomafwaarts gelegen van de kerncentrale van Tihange, laat ons door vergelijking met de gegevens van Hoi toe om de impact van de vloeibare lozingen vanuit Tihange in de Maas te controleren;
- de site van Ivoz-Ramet, nog iets meer stroomafwaarts van de centrale van Tihange, vóór Luik;
- de site van Monsin, stroomafwaarts van Luik, hierbij wordt het aandeel van de aanbreng vanuit de Luikse ziekenhuizen geïntegreerd;
- de site van Lanaye; hier wordt de gehele Belgische aanbreng aan de Nederlandse grens geïntegreerd.

De resultaten tonen aan dat er sporen van radioactiviteit worden aangetroffen die te wijten zijn aan het geheel van de bètastralers (~ 0,10-0,15 Bq/liter) en aan de alfastralers in hun totaliteit (waarden ~ de detectielimiet die ongeveer 0,03 Bq/liter bedraagt), dat er geen activiteit voor jodium-131 (limiet ~ 0,2 Bq/liter) en voor radiocesium (limieten < 0,2 Bq/liter) wordt gemeten. Kalium-40 ligt eveneens onder de detectielimieten (< 2,0-2,5 Bq/liter). Met een gunstigere geometrie (stalen genomen te Lanaye), kunnen de gehalten aan K-40 worden bepaald, die van een grootteorde zijn van 0,1 Bq/l.

Enkel tritium wordt routinematig gedetecteerd en dit hoofdzakelijk in de stations die onmiddellijk stroomafwaarts van de centrales van Chooz en Tihange gelegen zijn (Heer-Agimont voor Chooz en Ampsin en Monsin voor Tihange): ongeveer 10 tot 25 Bq/liter te Heer-Agimont, 10 à 50 Bq/liter te Ampsin. Van zodra men zich verder van de centrales verwijderd, speelt het verdunningseffect en nemen de waarden af om te schommelen rond 5 à 15 Bq/liter te Hoei, en van 8 tot 30 Bq/liter te Monsin, stroomafwaarts van Luik.

De gegevens die voor tritium werden verkregen, blijken seizoensgebonden fluctuaties te tonen die reeds zichtbaar zijn te Heer-Agimont en meer uitgesproken zijn vanaf Hoei; deze vertalen zich in verhoogde concentraties 's zomers en in het begin van de herfst, die in verband moeten gebracht worden met de lagere debieten van de rivier gedurende deze periodes evenals met maandelijks puntlozingen die iets meer uitgesproken zijn.

Toch blijven de gehalten aan tritium in absolute cijfers zeer laag en, hoewel het hier onbehandeld niet drinkbaar water betreft, blijven ze in aanzienlijke mate beneden de waarde die, op Europees niveau, door de Richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water (drinkwater), gepubliceerd in 1998 (Richtlijn 98/83/EG van de Raad van 3 november 1998), werd vastgelegd. Hierin worden immers twee parameters vermeld, één betreffende *tritium*, met een concentratie van: *100Bq/liter* en de andere een dosiswaarde – *totale indicatieve dosis* (behalve tritium) – vastgelegd op *0,1 mSv/jaar*.

Zo blijkt direct dat het onbewerkte Maaswater, dat als dusdanig niet voor menselijke consumptie kan gebruikt worden, toch ruimschoots deze parameter van 100 Bq/liter voor tritium respecteert.

De invloed van Chooz te **Heer-Agimont** is “zichtbaar” wat tritium betreft, maar de gevolgen ervan zijn verwaarloosbaar vanuit het gezichtspunt van de stralingsbescherming van de bevolking. De gegevens die voor de site van **Hoei** werden verkregen, tonen aan dat de site van het IRE geen enkele impact heeft op de rivier.

De bijdrage (aanbreng van tritium) van de nucleaire site van Tihange is, zoals in het geval van de centrale van Chooz, en hoewel weinig uitgesproken, detecteerbaar stroomafwaarts van de centrale te **Ampsin** evenals te **Monsin**, wat een aanwijzing is voor een geringe impact van de centrale.

Met betrekking tot Lanaye (grens met Nederland), kan het merendeel van de totale bètaradioactiviteit door de aanwezigheid van K-40 worden verklaard. Deze bètaradioactiviteit is dus hoofdzakelijk van natuurlijke oorsprong. De sporen van Sr-90 zijn te wijten aan (zeer) zwakke lozingen afkomstig van de centrale te Tihange, deze van de alfastralers in hun totaliteit (en van Ra-226) zijn van natuurlijke oorsprong.

Besluit

Indien dit water rechtstreeks voor menselijke consumptie bestemd moest zijn, dan zou het, zelfs zonder behandeling, aan de criteria van de Europese richtlijn betreffende radioactiviteit voldoen. Daarenboven houdt de totale indicatieve dosis, waarvan de maximale waarde vastgelegd is op 0,1mSv/jaar, geen rekening met K-40, met radon en de ervan afstammende producten die, heel zeker, een aandeel hebben in de totaliteit van de gemeten bèta-activiteit.

Het Maaswater dus geen bijzonder radiologisch probleem. Toch dient er, via deze radiologische opvolging, verder te worden gecontroleerd of de aangiften die door de elektriciteitsproducenten in verband met de lozingen worden gedaan, met de realiteit overeenstemmen.

6.1.2 DE SCHELDE

Deze krijgt niet alleen de radioactieve lozingen van de kerncentrale van Doel, en van het SCK te Mol, via de Molse Nete - bijrivier van de Grote Nete - te verwerken, maar ook Ra-226 dat in verband kan worden gebracht met de industriële lozingen in het Netebekken, afkomstig van de industriële bedrijven van Kwaadmechelen en Tessengerlo, meer bepaald in de Grote Laak en de Winterbeek.

In de **Molse Nete**, die de vloeibare lozingen van de site van Mol opneemt, springen een aantal radioactieve elementen duidelijk in het oog.

Bètastralers - behalve tritium -, waaronder Sr-90, worden gedetecteerd met waarden van respectievelijk minder dan 0,5 Bq/liter en 0,2 Bq/liter.

Sporen van alfastralers zijn nog meetbaar: bepaalde zijn van natuurlijke oorsprong, zoals Ra-226, U-234/235 en U-238, andere van kunstmatige oorsprong; het betreft hier elementen die zwaarder zijn dan uranium zoals Pu-238/239/240 en Am-241. De gemeten activiteitsniveaus van de alfastralers zijn zeer zwak, zelfs nauwelijks hoger dan de detectielimieten van de meetapparatuur. In het algemeen dient er te worden opgemerkt dat het niveau van de totale alfa-activiteit van een grootteorde van 0,01 Bq/liter is en dat deze van de urania 234 en 238 0,001 Bq/l bedraagt.

Alleen het Am-241 wordt dikwijls gemeten met gehalten in de buurt van 0,1 à 0,2 mBq/l (nauwelijks hoger dan de detectielimieten die gemiddeld van 0,11 tot 0,13 mBq/l bedragen). Op te merken valt dat de detectielimieten voor de plutonia 0,13-0,14 bedragen.

De oorsprong van deze radio-elementen in het leefmilieu is te vinden in activiteiten die, wat de natuurlijke radio-elementen betreft, verband houden met de brandstofproductie, en, voor de artificiële, met de activiteiten van de nucleaire onderzoekscentra en deze van de kernreactoren.

Voor de Molse Nete is deze aanvoer te wijten aan de lozingen van de installatie Belgoprocess 2 (voormalige verwerkingsinstallatie voor vloeibare lozingen van het SCK). Inderdaad dit complex, dat alle vloeibare lozingen van de andere nucleaire installaties van de site ontvangt, kan effluënten lozen in de rivier à rato van 166 GBq/maand aan alfa-, bèta- en gammaradioactiviteit, volgens de volgende formule:

$[\beta \text{ totaal}] + 5[\alpha \text{ totaal}] + 3[^{131}\text{I}] + 7.5[^{90}\text{Sr}] + 300[^{226}\text{Ra}] + 10^{-3}[^3\text{H}] \leq 166 \text{ GBq/maand}$ in de rivier de Molse Nete.

Met betrekking tot de lozingen van tritium liggen de gehalten hoger: ze zijn in het algemeen lager dan 50 Bq/liter, met pieken tot 200 à 300 Bq/l, hetzij hoger dan de parameterwaarde van 100 Bq/l die in de Europese richtlijn betreffende het drinkwater werd vastgelegd.

Uit deze waarneming kan worden afgeleid dat de lozingen van tritium in deze waterloop niet verwaarloosbaar zijn en bijgevolg nauwgezet moeten worden gecontroleerd. De ecologische situatie van deze rivier is problematisch, gezien de chemische vervuiling in het algemeen. Vanuit radiologisch standpunt bevatten deze waterlopen abnormaal hoge radioactieve waarden (o.a. van tritium), het resultaat van de nucleaire industriële activiteit van de site die evenwel de voor haar vastgelegde lozingslimieten respecteert.

Deze vaststelling vergt enige afweging waarbij opgemerkt wordt dat dit water niet als zodanig voor menselijke consumptie kan worden bestemd. Het doorstroomt echter wel landbouwzones die aldus plaatselijk besmet kunnen worden – vooral dan chemisch (bermen, zones waar baggerspecie wordt afgezet, enz.). Het zou raadzaam zijn in de toekomst de toevoer van chemische en radioactieve contaminanten te verminderen.

De auteurs van dit verslag raden aan om in deze regio chemische en radiologische effectstudies uit te voeren ten einde de besmette zones te bepalen en een toepasselijke strategie uit te stippelen om zo een (radio-)ecologisch meer aanvaardbare situatie te herstellen.

Meer stroomafwaarts op de **Grote Nete**, nabij Geel, kunnen er nog steeds bètastralers worden gedetecteerd: de activiteitsniveaus van de totale bètastraling liggen voornamelijk lager dan 0,3 Bq/liter. Deze waarden zijn van dezelfde grootteorde als deze van het (natuurlijke) kalium 40. Sporen van alfastralers (meting van de alfastraling in haar totaliteit) kunnen nog worden vastgesteld (waarden in de buurt van de detectielimieten: 0,02 Bq/liter).

Tritium is steeds aanwezig, maar de waarden liggen lager dan deze in de Molse Nete: in het algemeen minder dan 10 Bq/liter met enkele “pieken” in de buurt van 17 Bq/liter.

Het is onmogelijk om deze variaties perfect te doen correleren met de geregistreerde waarden in de Molse Nete voor dezelfde periodes. Deze waterlopen krijgen inderdaad enorm veel afvalwater van de industrie te verwerken en dit heeft een duidelijke invloed op het hydrosysteem van deze rivieren en bijgevolg op de dilutiefenomenen en dus op de gerapporteerde meetresultaten die per volume-eenheid (Bq/liter) worden weergegeven.

Met betrekking tot de **Grote Laak**, die afvalwater van het industriegebied van Tessenderlo te verwerken krijgt, wordt er hoofdzakelijk alfa- en bèta-emissie gedetecteerd.

Sinds 1993 kan er een afnemende tendens worden vastgesteld van de waarden van de alfastralers in hun totaliteit (waaronder ^{226}Ra): van gemiddeld 4-5 Bq/liter gaat men nu naar gemiddeld 0,1-0,2 Bq/liter. Ter herinnering; deze afname is te wijten aan een wijziging van de verwerkingsprocédés voor het afval afkomstig van de productie-installaties van fosfaathoudende producten te Tessenderlo. De gehalten aan (natuurlijk) K-40 liggen grotendeels aan de basis van de totale bèta-activiteit die in deze waterlopen kan worden opgetekend (2-3 Bq/l).

Sinds 2000 krijgt een andere waterloop de lozingen van de installaties te verwerken: de **Winterbeek**. De totale alfa-activiteit die in deze waterloop wordt opgemeten, ligt in de buurt van deze in de Laak: ≤ 1 Bq/liter. Het gehalte aan Ra-226 schommelt van 0,1 tot 0,3 Bq/liter.

De radiologische situatie van deze wateren wordt beter en is niet gevaarlijk, toch is het noodzakelijk verder te gaan met de controle van de impact van deze effluenten op deze waterlopen (Grote Laak en Winterbeek).

Inderdaad, Ra-226 - een natuurlijk radio-element - met een fysische halfwaardetijd van 1620 jaar, wordt ondergebracht in de categorie van de zeer hoogradiotoxische radionucleïden (dochterproducten zijn radon 222 in gasvorm, 3,8 dagen halveringstijd, en lood 210 22 jaar halveringstijd).

Bij deze niveaus van 0,1 tot 0,3 Bq/liter voor Ra-226, die in verband moeten worden gebracht met de Europese richtlijn betreffende drinkwater waarin een 'screeningwaarde' voor de totale α - straling wordt voorgesteld van 0,1 Bq/liter, en hoewel het onbehandeld water betreft dat sterk vervuild is met zware metalen en niet voor consumptie geschikt is, kan men niet geheel uitsluiten dat er zich in bepaalde omstandigheden nefaste biologische gevolgen kunnen manifesteren. Inderdaad, deze waterlopen, waarvan het debiet quasi volledig door de lozing van chemische effluenten van het complex te Tessenderlo wordt bepaald, doorstromen ook woon- en landbouwgebieden. Een duidelijk waarneembare besmetting van de bermen werd nu al vastgesteld. In bepaalde zones kan er dus worden gevreesd voor een overdracht naar de voedselketen.

De auteurs van dit verslag raden in ieder geval aan om in deze regio chemische (zware metalen) en radiologische (radium) effectstudies uit te voeren teneinde de besmette zones af te bakenen en een toe te passen strategie uit te stippelen om zo een (radio-)ecologisch meer aanvaardbare situatie te herstellen.

Te Boom, op de **Rupel**, kon enkel Ra-226 worden gemeten. Hier moet het verdunningseffect bij de afvoer vanuit het stroomgebied van de Nete worden geverifieerd. De waarden zijn afgenomen en zijn van hetzelfde niveau als deze die sinds 1994 werden opgemeten: tussen 0,010 en 0,015 Bq/liter. Dit water blijkt nog steeds met een chronisch probleem, van een nog steeds niet onbelangrijk belastende radiumvervuiling, te kampen.

Nabij **Antwerpen** en in **Doel** zijn de opgemeten waarden voor radium verwaarloosbaar (enkele mBq/liter tot een tiental mBq/liter).

Stroomafwaarts van **Doel** (kerncentrale) vindt men blijvend de zware elementen onder de vorm van sporen terug (uranium van natuurlijke oorsprong), of kan men ze zelfs niet meten (plutonium en americium). De bètastralers kunnen iets beter worden gedetecteerd, maar ook deze waarden blijven op een laag activiteitsniveau: in het algemeen 1 tot 2 Bq/liter.

Besluit

De waterlopen van het Netebekken (Molse Nete, Laak, Winterbeek) moeten verder worden gecontroleerd want, zelfs indien hun grootste probleem te wijten is aan zware chemische vervuiling, moet hun gehalte aan Ra-226 (en de concentratie ervan in het sediment en in het slib) in de gaten worden gehouden.

Het is daarentegen wel geruststellend te constateren dat de installaties die hun afval in deze waterlopen lozen, zich belangrijk hebben ingespannen om hun impact op deze ecosystemen te verminderen. Toch zijn de geloosde hoeveelheden nog steeds niet te verwaarlozen en komt dit bovenop een “historiek” die beter zou moeten begrepen worden door studies die erop gericht zijn de getroffen gebieden exact te lokaliseren en strategieën uit te werken die toelaten de radiochemische kwaliteit binnen deze ecosystemen opnieuw op een meer aanvaardbaar niveau te brengen.

6.1.3. HET NOORDZEEWATER

Verschillende plaatsen vóór de Belgische kust werden gekozen voor het nemen van stalen van het zeewater, het sediment en de bodemvissen; dit wordt 4x/jaar georganiseerd door het oceanografische schip de “Belgica”. De uitgevoerde metingen hebben betrekking op een opvolging van de gehalten aan radio-elementen die alfa-, bèta-, en gammastralen uitzenden en van K-40 voor wat betreft de natuurlijke radioactiviteit.

De verkregen resultaten tonen aan dat de activiteitsniveaus van het zeewater, die in hoofdzaak te wijten zijn aan sporen van bètastralers, zeer zwak zijn en van dezelfde grootteorde blijven als de natuurlijke achtergrondstraling (^{40}K): $\sim 11\text{Bq/liter}$.

6.1.4. ALGEMEEN BESLUIT

Uit voorgaande resultaten blijkt dat de impact van kerninstallaties op het rivier- of zeewater verwaarloosbaar is en geen gevolgen heeft voor de gezondheid van de mens.

Inderdaad, enkel de aanwezigheid van tritium wordt regelmatig vastgesteld in het Maaswater (enkele tientallen Bq) en in het water van de rivieren in het Netebekken (oorsprong : Mulse Nete). Voor de andere radio-elementen liggen de gerapporteerde waarden meestal nauwelijks hoger dan de detectiedrempels van de meetapparatuur.

Ra-226 wordt regelmatig gedetecteerd in de rivieren van het Netebekken maar de gehalten die nabij Tessenderlo (Grote Laak en Winterbeek) worden gemeten, blijven de “hoogste” (< dan de waarden van kalium 40). De Grote Laak en de Winterbeek, waarvan het debiet bijna volledig wordt bepaald door de lozingen vanuit het chemisch complex te Tessenderlo, doorstromen eveneens woon- en landbouwzones waarbij gevreesd kan worden dat er in bepaalde zones een overdracht naar de voedselketen kan plaatsvinden.

Het is wenselijk dat er effectstudies worden gevoerd om de chemische (zware metalen) en radiologische (radium) gevolgen in deze regio te bepalen, met als doel de besmette zones af te bakenen en een toe te passen strategie uit te stippelen om zodoende opnieuw tot een meer aanvaardbare (radio-)ecologische situatie te komen.

Het radio-element dat vervolgens het meest in het licht wordt gesteld is K-40, een natuurlijk radioactief element. Wanneer bèta- of gammastraling wordt opgemeten, vindt men een lager of, meer nog, een radioactiviteitsniveau van dezelfde grootteorde als dit van K-40.

6.2. RADIOACTIVITEIT IN HET SEDIMENT

In het sediment van de rivieren worden in belangrijke mate de in het water aanwezige radio-isotopen geconcentreerd. Ze stapelen zich langzaam op en kunnen dusdanig een zeer interessante “fotografische opname” leveren van de evolutie in de besmetting van de rivier.

Daarenboven wordt baggerspecie soms als meststof gebruikt en kan ze dus in bepaalde omstandigheden bij kritieke bevolkingsgroepen tot gezondheidsproblemen leiden doordat de radioactiviteit, langs de weg van overdracht via de voedselketen, bij de mens kan terecht komen.

6.2.1. SEDIMENT VAN DE MAAS EN DE SAMBER

Het sediment van de Maas wordt maandelijks bemonsterd: in Frankrijk te Givet, in België in Tailfer, Andenne, Amay, Lixhe en Lanaye. Wat betreft de Samber worden op een plaats stroomafwaarts van de site van het IRE, stalen genomen: te Floriffoux. Een gammaspectrometrie wordt op de stalen uitgevoerd.

In de sites van **Givet** en **Tailfer** worden de lozingen, in de Maas, van de kerncentrale van Chooz in Frankrijk geïntegreerd.

Voor alles wordt de aanwezigheid van K-40 en Be-7 (natuurlijke radio-elementen) opgemerkt met gehalten die duidelijk hoger liggen dan deze van de andere kunstmatige radioactieve elementen (200 tot 400 Bq/kg).

Ook radiocesium (^{137}Cs), sporen van kobalt (^{60}Co) en van strontium (^{90}Sr) worden gedetecteerd evenals soms de aanwezigheid van zeer geringe hoeveelheden transuranen ($^{238-239}\text{Pu}$ en ^{241}Am). Al deze kunstmatige radio-elementen zijn afkomstig van de lozingen van de centrale van Chooz in Frankrijk. Het sediment gedraagt zich als een val in de mate waarin het, door zijn minerale aard, een groot aantal specifieke plaatsen aanbiedt waarop de radio-elementen zich kunnen vastzetten (bijvoorbeeld cesium). Dit is de reden waarom het sediment een zeer goede indicator (integrator) is voor de aanvoer van radioactiviteit.

Wat Cs-137 betreft; het gehalte neemt, sinds 1986, datum van het ongeval te Tsjernobyl, langzaam af. Deze afname is te wijten aan het feit dat de besmette lagen met nieuwe “zuivere” sedimentlagen worden afgedekt.

Sinds 1991 fluctueerden de waarden van Cs-137 rond de 60 à 80 Bq/kg. Op dit ogenblik lijken ze af te nemen met voor 2001-2002 een schommeling rond 10 tot 20 Bq/kg.

Dit min of meer constant aanwezigheidsniveau van radiocesium dient in verband te worden gebracht met de vloeibare lozingen van de kerncentrale van Chooz in Frankrijk, gelegen nabij de Frans-Belgische grens.

De site van **Floriffoux**, op de Samber, brengt ook de lozingen in rekening van de nucleaire installaties van Fleurus (IRE) en van de ziekenhuizen uit de streek van Charleroi.

Hier ook hebben de hoogste vastgestelde waarden betrekking op de natuurlijke radioactiviteit: K-40 en Be-7. Ook vindt men nog de aanwezigheid van Cs-137 (< 10 Bq/kg).

De site van **Andenne** omvat de toevoer van de Maas en de Samber stroomafwaarts van de Naamse agglomeratie. In dit opzicht illustreren de gegevens die uit het sediment worden

verkregen perfect de situatie zoals ze te Tailfer en te Floriffoux kon worden vastgesteld. Sporen van I-131 werden in juni 2002 te Andenne gedetecteerd. Deze aanwezigheid is de “handtekening” van de lozingen vanuit de ziekenhuizen in de streek van Namen.

De site van **Amay**, stroomafwaarts van de kerncentrale van Tihange, zal ook de toevoer van deze laatste omvatten evenals van de lozingen van de ziekenhuizen uit de streek van Hoei.

Inderdaad werden bijvoorbeeld in de herfst van 2001 hogere waarden van Co-58 en Co-60 geregistreerd, die, hoewel ze ruim onder de toegelaten limieten bleven, te wijten waren aan meer uitgesproken lozingen van de eenheden 2 en 3 van de centrale. In 2002 kon in september/oktober hetzelfde worden vastgesteld met betrekking tot de lozingen van in het bijzonder eenheid 3.

In de site van **Lixhe**, gelegen aan de grens met Nederland, integreert men alle radioactiviteit die via de Belgische Maas wordt aangevoerd. Steeds worden er sporen van Cs-137, Co-58 en Co-60 gevonden met concentraties die variëren van 10 à 20 Bq/kg. De natuurlijke radioactiviteit veroorzaakt door K-40 en Be-7 blijft steeds veruit de hoogste: van 200 tot 500 Bq/kg.

I-131 was meer uitgesproken aanwezig in juni 2002. Dit radio-element kan enkel van de Luikse agglomeratie, en in het bijzonder van de ziekenhuizen van de stad Luik, afkomstig zijn.

De site van **Lanaye**, gelegen in Nederland vlakbij de grens, iets meer stroomafwaarts op de Maas, integreert eveneens alle radioactiviteit die vanuit België afkomstig wordt aangevoerd. Er wordt regelmatig I-131 (2002) gedetecteerd, dat afkomstig moet zijn van ziekenhuislozingen, waarschijnlijk van de stad Eijsden in Nederland.

Net als te Lixhe worden er routinematig sporen van Cs-137, Co-58 en Co-60 gevonden (5 à 30 Bq/kg), waarvan de oorsprong ligt in de lozingen afkomstig van de kerncentrale te Tihange.

Besluit

Uit regelmatige analyses van het sediment van de Maas en de Samber blijkt dat de radiologische toestand van dit ecosysteem goed is. De waarden van de kunstmatige radioactiviteit liggen inderdaad zeer ver beneden deze die worden vastgesteld voor de natuurlijke radioactiviteit gebonden aan K-40 en Be-7.

Anderzijds laten deze waarnemingen eveneens toe om alle routinelozingen van de kerncentrales, wanneer deze ook maar een beetje belangrijker zijn dan normaal, in het licht te stellen. Deze lozingen blijven ruim onder de limieten die aan de elektriciteitsproducenten worden opgelegd.

Er is zeer duidelijk aangetoond dat de ziekenhuizen vaak een meer “zichtbare” impact hebben op de rivieren dan de kerninstallaties. Ondanks de gelukkig korte fysische halfwaardetijd: 8,05 dagen, wordt I-131 chronisch gedetecteerd met waarden die in de buurt liggen van die gemeten voor de natuurlijke radioactiviteit (⁷Be).

6.2.2. SEDIMENT IN DE SCHELDE EN IN HET NETEBEKKEN (LAAK)

In het Netebekken liggen de meetstations voor het sediment, sinds 2000, op de Grote Laak nabij Tessenderlo en de Winterbeek (industriecomplex van Tessenderlo), op de Molse Nete te Geel (nucleaire site van Mol) en op de Nete-Grote Nete te Lier. Wat de Schelde betreft, worden de stalen genomen in de nabijheid van de kerncentrale van Doel.

De analyse bestaat eveneens in het uitvoeren van een gammaspectrometrie. Deze omvat de bepaling van andere radio-elementen waaronder Ra-226.

De gegevens verkregen voor het sediment van de **Grote Laak** en de **Winterbeek** tonen aan dat het sediment Ra-226 accumuleert dat geloosd wordt door de industriële sites van Kwaadmechelen en Tessenderlo. De concentraties schommelen in het algemeen van 300 tot 600 Bq/kg voor beide waterlopen. Dit geeft duidelijk aan dat een belangrijk deel van de lozingen in de Winterbeek terecht komen (deze lozingen hebben begin 2000 een aanvang genomen).

Men noteert steeds de aanwezigheid van Cs-137 (~ 5Bq/kg); afkomstig van de fall-out van Tsjernobyl. Voor alle andere bemonsterde elementen worden de detectielimieten bereikt: enkele Bq/kg (< 5) voor de meeste, 10-15 Bq/kg voor Ce-144 en Ru-106, 40-70 Bq/kg voor I-131 en Be-7.

De **Molse Nete** ontvangt de vloeibare lozingen van de site van Mol - installatie Belgoproces 2 (voormalige verwerkingsinstallatie voor de vloeibare lozingen van het SCK).

Dit complex centraliseert alle vloeibare afval van de andere nucleaire installaties van de site en kan vloeibare effluenten in de Molse Nete lozen aan 166 GBq/maand alfa-, bèta- en gammaradioactiviteit, op basis van de volgende formule:

$$[\text{totaal } \beta] + 5[\text{totaal } \alpha] + 3[{}^{131}\text{I}] + 7.5[{}^{90}\text{Sr}] + 300[{}^{226}\text{Ra}] + 10^{-3}[{}^3\text{H}] \leq 166 \text{ GBq/maand in de rivier.}$$

De metingen onthullen de aanwezigheid van een groot aantal kunstmatige (splijtingsproducten – Cs, Sr...; activeringsproducten – Co, Fe, Mn, Zn, ...; en transuranen – Pu en Am) en natuurlijke radio-elementen (${}^{228, 230, 232}\text{Th}$, ${}^{234, 235, 238}\text{U}$, ${}^{226}\text{Ra}$, ${}^{40}\text{K}$ en ${}^7\text{Be}$).

De concentraties van Cs-134, -137 liggen in de buurt van en zelfs hoger dan deze die in het algemeen voor K-40 worden vastgesteld (~ 200 - 250 Bq/kg): 100 à 700 Bq/kg voor Cs-137 (met een “piek” nabij 1000 Bq/kg in 2001) en sporen van Cs-134 (enkele Bq/kg). Er wordt 10 tot 30 Bq/kg voor Co-60 vastgesteld (met enkele waarden die oplopen tot 50 à 70 Bq/kg in 2001). Sr-90 is soms aanwezig met waarden beneden 20 Bq/kg (detectielimiet van ongeveer 7 Bq/kg).

Wat de zware elementen betreft; deze zijn detecteerbaar aan concentraties ver beneden deze van K-40.

Niettemin worden er naast Ra-226 (met normale waarden van ongeveer 30 à 60 Bq/kg), natuurlijke alfastralers gedetecteerd: U-234 en U-238 (van 10 tot 30 Bq/kg), die voornamelijk bij het productieproces van nucleaire brandstof vrijkomen, komen voor in proporties die in de buurt liggen van deze die in de Maas worden gemeten. Transuranen (kunstmatige alfa's), zoals Pu-239 en -238 (van 5 Bq/kg à ~ 30 Bq/kg) en Am-241 (van 10 tot 70 Bq/kg, met waarden van gewoonlijk ~ 20 -30 Bq/kg), zijn eveneens zichtbaar.

Het regelmatig opduiken van deze radioactieve elementen in “verse” maandelijks genomen stalen van het sediment in bezinkings- of decanteerbakken, bevestigt het chronisch karakter van de lozingen in deze waterloop.

Het zou goed zijn om, in de toekomst, staalnamecampagnes te voeren met het nemen van bodemmonsters uit de bedding van deze waterloop om zo een meer realistisch beeld te krijgen van de aanwezige besmetting (door integratie over de dikte van de afzettinglagen).

In de **Grote Nete** nabij Geel, aan de monding van de Molse Nete, bevat het sediment nog Cs-137: van 30 tot 90 Bq/kg met een piek in oktober van 500 Bq/kg in 2001 en lagere waarden in 2002 - van 15 tot 20 Bq/kg; Cs-134 in 2001 (< 1 Bq/kg), Co-60 ($< 4 - 5$ Bq/kg met een piek in oktober van 50 Bq/kg in 2001 en < 2 Bq/kg in 2002), en sporen van I-131 in 2002. Er dient te worden opgemerkt dat de situatie verbetert sinds 1998 en hoofdzakelijk in 2002.

Te Lier, aan de samenvloeiing van de **Nete** met de **Grote Nete**, is de aanvoer via de Grote Laak en de Molse Nete duidelijk zichtbaar ondanks een zekere verdunning van de vloeibare effluënten afkomstig van Tessenderlo en de installaties van Mol: de gedetecteerde waarden van Ra-226 zijn gedaald tot 100 à 150 Bq/kg in 2001 en 20 tot 60 Bq/kg in 2002. Men noteert nog de aanwezigheid van Cs-137 - waarden ~ 20 Bq/kg in 2001 en 55 tot 75 Bq/kg in 2002, net als deze van Co-60 - concentraties $\sim 4 - 16$ Bq/kg in 2002 en in de buurt van de detectielimiet van 1,5 Bq/kg in 2001. Voor de andere onderzochte radio-elementen ($^{54}\text{Mn} \sim 1$ Bq/kg, $^{57,58}\text{Co} - ^{95}\text{Nb} - ^{95}\text{Zr} - ^{103}\text{Ru} \sim 0,5 - 2$ Bq/kg, $^{106}\text{Ru} \sim 5 - 9$ Bq/kg, $^{141}\text{Ce} \sim 2$ Bq/kg, $^{144}\text{Ce} \sim 4 - 5$ Bq/kg) werden de detectielimieten bereikt. Tenslotte is, op de Schelde te Doel, een zeer complex estuarien ecosysteem gezien vanuit het oogpunt van de fysicochemische watersedimentuitwisselingen, de natuurlijke radioactiviteit te wijten aan K-40 (500 à 600 Bq/kg) veel hoger dan deze veroorzaakt door de kunstmatige elementen. De waarden van Ra-226 liggen hier nog lager: 40 tot 70 Bq/kg. Th-228 en -232 (natuurlijke alfastralers) worden ook routinematig gedetecteerd met waarden rond 35 à 50 Bq/kg. Ook noteert men de aanwezigheid van Cs-137 (en soms van ^{134}Cs met concentraties $< 0,5$ Bq/kg, of op het niveau van de detectielimieten) en van Co-60 met waarden respectievelijk rond 10 - 15 Bq/kg en 2 - 4 Bq/kg.

Besluit

Zoals voor de voorgaande jaren kan dezelfde vaststelling worden gemaakt: het “Nete-Schelde” rivierbekken wordt gekenmerkt door een significante “stralingsbelasting” met zware radio-elementen. In het bijzonder wordt steeds radium gedetecteerd dat in het ganse bekken aanwezig is. Hoewel de radiologische situatie niet gevaarlijk is voor de mens, blijft ze toch niet minder “storend” en vraagt ze daarom een bijzondere aandacht.

Inderdaad dit type radiologische opvolging moet, hoewel reeds verbeterd, in de toekomst verder gezet worden via een betere standaardisering van de hoeveelheid verzameld sediment, een grotere harmonisering van het “palet” aan opgespoorde radio-elementen en vooral door de systematische analyse van K-40 als “getuige van de natuurlijke radioactiviteit”. Deze verbetering werd in 2003 opgestart en zal worden verder gezet om in 2004 te worden voltooid.

Daarenboven moet dit complex waterecosysteem – immers een zoetwatertype voor het Netebekken en een zoutwatertype voor het Schelde-estuarium - verder worden opgevolgd in het kader van praktische en van andere, meer theoretische studies.

Een praktische benadering heeft betrekking op de evaluatie van de zones die te hoge concentraties aan radium bevatten evenals op een schatting van de technische en financiële middelen met het oog op de rehabilitatie van deze zones.

Theoretische studies zouden moeten worden opgezet met het oog op het bepalen en kwantificeren van de parameters die verantwoordelijk zijn voor de dynamiek van de radio-elementen tussen het sediment en het water, in functie van fysische parameters zoals debiet, temperatuur, variaties in zoutgehalte, en biologische factoren zoals activiteit van flora en fauna van het sediment, enz.

Een betere wetenschappelijke kennis van dit ecosysteem zou immers de noodzakelijke gegevens kunnen verschaffen voor de berekening van de doses voor de bevolking evenals voor het verkrijgen van de voor de modelvorming nuttige parameters en bijgevolg voor het voorzien van de beweging van de in dit zoetwaterecosysteem geïnjecteerde radio-elementen, dat dientengevolge "verzilt".

6.2.3. SEDIMENT VAN DE NOORDZEE

Nabij de Belgische kust wordt, ter gelegenheid van campagnes met de Belgica, het sediment vanuit de zee van jaar tot jaar op dezelfde plaatsen bemonsterd. Veertien staalnames worden verricht in een strook van 5 tot 25 km langs de kust ter hoogte van de steden Koksijde, Nieuwpoort, Oostende, en Blankenberge (een punt ligt op 37 km loodrecht t.o.v. Wenduine, nabij Blankenberge).

Deze stalen laten toe sporen van Cs-137 (0,5 - 2 Bq/kg, met als detectielimiet 0,66 Bq/kg) en Co-60 (0,5 tot 2 Bq/kg, met een detectielimiet van 0,6 - 0,7 Bq/kg) in het licht te stellen. De andere onderzochte radio-elementen zijn niet detecteerbaar (waarden lager of gelijk aan de detectiedrempels van de meetapparatuur, alle < 1 Bq/kg).

Besluit

Het sediment van de zee dat wordt verzameld, brengt geen bijzonder radiologisch probleem aan het licht.

6.3. RADIOACTIVITEIT VAN DE WATERFAUNA EN -FLORA

De watermossen en -planten zijn, op korte en middellange termijn, bijzonder gevoelig voor de vloeibare lozingen want deze organismen hebben een groot vermogen tot concentratie van de stabiele of radioactieve chemische elementen. Als dusdanig gedragen ze zich als biologische indicatoren of bio-indicatoren. Wat de vissen betreft; zijn deze, op langere termijn, betere integratoren van de radioactiviteit.

In de rivieren :

De bio-indicatoren voor de eventuele besmetting van de flora worden in verscheidene meetpunten op de Maas bemonsterd: te Ham-sur-Meuse, nabij Chooz, en te Givet wat de boven - Maas betreft (site van Chooz), te Hastière, te Falmignoul en tenslotte te Ivoz-Ramet stroomafwaarts van Tihange. Men meet er de belangrijkste gammastralers evenals Ra-226 en Th-232.

In het estuarium :

Op de Schelde, in het estuarien gedeelte, worden algen bemonsterd in Nederland te Yerseke, te Kloosterzande en in Hoofdplaat aan het uiteinde van het estuarium. Garnalen worden gevangen te Kieldrecht in Nederland. Men meet er eveneens de belangrijkste gammastralers evenals Ra-226, Th-232 en Sr-90.

In de Noordzee :

Deze laatste ontvangt rechtstreeks, niet alleen de vloeibare effluenten van de Franse kerninstallaties (de kerncentrale van Gravelines (Grevelingen), via het Kanaal deze van Penly, van Paluel, van Flamanville, en het opwerkingsbedrijf van la Hague) én van de Engelse (de centrales van Dungeness, Bradwell en Sizewell), maar vormt tegelijk het eindpunt van meerdere rivieren die zelf radioactieve effluenten ontvangen, o.a. van de Maas en de Schelde wat België betreft.

Dit is de reden waarom ze, door alle Noordzeelanden, die de conventies van Oslo en Parijs (OSPAR-akkoorden) hebben ondertekend, nauwlettend in de gaten wordt gehouden.

Hier worden hoofdzakelijk algen, vissen, week- en schaaldieren bemonsterd, wegens hun accumulerende en concentrerende capaciteit, om er de belangrijkste splijtings- en activeringsproducten te meten, evenals Th, Pu en U.

6.3.1. FAUNA EN FLORA IN DE MAAS

Wat de **flora** betreft; de vegetatie die als bio-indicator voor de atmosferische vervuiling gekozen werd, is samengesteld uit korstmossen: *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* en *Ramalina farinacea*, en voor de watervervuiling in het zoetwaterecosysteem is het een algemeen voorkomend mos: *Cinclidotus danubicus*.

Voor de atmosferische vector, worden er korstmossen bemonsterd nabij de sites van Chooz A (actueel ontmanteld) en Chooz B (in werking) evenals in België in Falmignoul nabij Hastière, net voorbij de Frans-Belgische grens.

De korstmossen uit de nabijheid van de site van Chooz hebben een weinig Cs-137 geconcentreerd (gehalten voornamelijk < 10 Bq/kg). Men heeft van 1998 tot 2000 een tendens

tot verlaging genoteerd. De huidige waarden (2001 en 2002) zijn van dezelfde grootteorde als deze die in 2000 werden gemeten. In België, te Falmignoul, bevatten de bemonsterde korstmossen nog steeds een beperkte concentratie aan Cs-137 (< 10 Bq/kg) en H-3 (17 Bq/kg in januari 2001). Ook hier werd van 1998 tot 2000 een tendens tot vermindering van de concentratie aan radiocesium genoteerd met voor 2001-2002 waarden in de buurt van deze van 2000.

Geen bijzondere radiologische problemen te signaleren.

Wat de watervector betreft, staan de mossen bekend als goede integratoren van de radioactiviteit die in zoetwater wordt geloosd.

De watermossen die op de site van **Ham-sur-Meuse** (Frankrijk), stroomopwaarts van de kerncentrale van Chooz, worden bemonsterd, geven een “nulpunt”beeld van de flora in de Maas voor er ook maar enige vloeibare lozing afkomstig van de centrale in terecht kwam.

De resultaten geven in het algemeen gehalten weer die lager liggen dan of gelijk zijn aan de detectiedrempels van de meetapparatuur.

Ter herinnering; de site van **Givet** in Frankrijk en deze van **Hastière** in België, net achter de Frans-Belgische grens, integreren de lozingen van de Franse kerncentrale van Chooz en deze van de ziekenhuizen van Givet en Charleville.

Vlakbij de nucleaire site van Chooz, kunnen de stalen genomen te **Givet** niets anders in het licht stellen dan de aanwezigheid van sporen van cesium 137 evenals deze van de natuurlijke radio-elementen: radium 226 en thorium 232.

Iets meer stroomafwaarts van de centrale ten noorden van Givet in België, tonen de stalen genomen te **Hastière** lage activiteitsniveaus die ook hier, wanneer ze meetbaar zijn, rond de detectiedrempels liggen: Cs-137 wordt soms gedetecteerd evenals Ra-226.

De site van **Ivoz-Ramet** integreert de lozingen van de kerncentrale van Tihange evenals de aanvoer vanuit het Samberbekken, van de ziekenhuizen van de Naamse regio en van het bekken van Charleroi.

De activiteitsniveaus liggen voornamelijk zeer laag. De mossen hebben hogere concentraties aan radiokobalt (60 en 58). Deze gehalten aan kobalt (van 3 tot 60 Bq/kg, voor detectielimieten die schommelen van 4 tot 5 Bq/kg) zijn te wijten aan meer uitgesproken lozingen van dit radio-element afkomstig van de nucleaire site.

Met betrekking tot de **fauna** zijn er geen resultaten beschikbaar, aangezien er geen vis werd gevangen.

Besluit

De voor de radioactieve besmetting van het water gekozen bio-indicatoren, laten, doordat ze in staat zijn de radio-elementen in het water op korte en middellange termijn te concentreren, toe om sporen van radioactiviteit van dezelfde grootteorde als deze van de natuurlijke radio-elementen Ra-226 et Th-232 in het licht te stellen.

Elke, ook maar een beetje belangrijker lozing (Cs en Co), afkomstig van de kerncentrales (hoewel zeer ruim beneden de toegelaten limieten) wordt door deze waterplanten in het licht gesteld. Deze “biologische” controle laat dus, door dit vermogen om radioactiviteit te integreren, toe om elke ietwat meer radioactieve lozing, die anders onopgemerkt zou gebleven

zijn in de voor routinemetingen genomen waterstalen, op te sporen en (op korte-middellange termijn) in het geheugen op te slaan.

Dit soort controle zal in de toekomst moeten behouden blijven zij het aangevuld met metingen van dierlijke bio-indicatoren zoals vissen (voorn, rivierbaars, ...) of tweeschaligen (zoetwatermossels - *Dreissena polymorpha* - soms in grote hoeveelheid aanwezig langs de bermen van de Maas).

Globaal gezien is de radiologische situatie van het Maaswater goed, zonder dat er bijzondere problemen te signaleren zijn.

6.3.2. FAUNA EN FLORA IN DE SCHELDE

De bio-indicatoren die voor de **flora** van de Schelde weerhouden worden bestaan uit zeealgen (*Fucus vesiculosus*) die te **Yerseke** worden bemonsterd (noordoostelijk gebied van het schiereiland Beveland in Nederland) en die praktisch geen radioactiviteit concentreren.

Hooguit kan men sporen vinden van Ra-226, dat van nature uit in de biosfeer aanwezig is en ook gedeeltelijk afkomstig is van het industriebekken van de Nete, van Sr-90, dat niet afkomstig is van de lozingen vanuit de centrale van Doel maar zeker tekenend is voor de aanwezigheid van lozingen uit opwerkingsfabrieken (waarschijnlijk Sellafield in het Verenigd Koninkrijk), en van Th-232, een natuurlijk primair radio-element dat bij de opbouw van het zonnestelsel werd gevormd.

Wat de sites **Kloosterzande** en **Hoofdplaat** betreft, gelegen op het Schelde-estuarium ten noorden van de Belgisch-Nederlandse grens; de algen (*Fucus vesiculosus*) die er bemonsterd worden concentreren hoofdzakelijk Ra-226 als ook sporen van thorium. Deze prelevatiezones zijn inderdaad meer blootgesteld aan de toevoer van dit radio-element (^{226}Ra) via de Scheldewateren die deze afkomstig van het Netebekken ontvangen.

Voor radium blijven de gehalten ervan in de algen uit de verscheidene sites van de grootteorde van de meetwaarden uit de voorgaande jaren (10 tot 15 Bq/kg). Dit bevestigt de vaststellingen die met betrekking tot de sedimenten en de wateren van Schelde en Nete werden gemaakt die aantonen dat de gehalten aan radium van de orde zijn van deze die in de loop van de vorige jaren werden geregistreerd (men had er, van 1991 tot 1995, een progressieve vermindering van vastgesteld).

De bio-indicatoren die voor de **fauna** in de Schelde (estuariumgebied) werden weerhouden zijn samengesteld uit weekdieren (zeemosselen: *Mytilus edulis*) en schaaldieren bemonsterd te **Yerseke** (noordoostelijk gebied van het schiereiland Beveland in Nederland) evenals garnalen (*Crangon sp.*) afkomstig van **Kieldrecht** (estuarium van de Schelde stroomafwaarts van de centrale van Doel).

De zeefauna afkomstig van Yerseke toont de aanwezigheid van natuurlijke radioactiviteit aan (K, Ra, U, Th). Sporen van Sr-90 worden soms in het licht gesteld (de handtekening van een nucleaire activiteit zoals die van een opwerkingsfabriek of een kerncentrale).

De garnalen van Kieldrecht zijn radiologisch gezien "schoon". Inderdaad, naast de aanwezigheid van natuurlijke radioactiviteit detecteert men zeer zelden sporen van kunstmatige radioactiviteit, zoals Cs-137 (~ 0,1 Bq/kg - grootteorde van de detectielimieten,

bijgevolg niet significant), van Sr-90 (eveneens van de grootteorde van de detectielimieten, hetzij ~ 3 à 6 Bq/kg).

Besluit

De analyse van voorgaande resultaten toont aan dat de radiologische situatie van het Schelde-estuarium en van de naburige maritieme zones goed is. De impact van de menselijke activiteiten in de nucleaire industrie is soms detecteerbaar maar enkel op het niveau van sporen; deze kunnen in het licht gesteld worden door de zeer lage detectieniveaus die de meettechnieken voor radioactiviteit toelaten.

Niettegenstaande dit alles moet men de mariene bio-indicatoren voor de radioactiviteit van het water blijven verzamelen, want het zijn enkel deze laatste die op korte en middellange termijn iedere wijziging in de concentratie van bepaalde radio-elementen in het water kunnen aantonen.

Deze waarnemingen vervolledigen en verfijnen de gegevens die door de analyse van de sedimenten worden aangebracht die, hoewel er een concentratie van radioactiviteit plaats grijpt, op langere termijn de integratie van een radiologische situatie bewerkstelligen.

6.3.3. FAUNA EN FLORA IN DE NOORDZEE

Flora : de belangrijkste radio-elementen die in de zeeplanten (*Fucus vesiculosus*), bemonsterd op een golfbreker te **Oostende**, worden gedetecteerd zijn natuurlijke elementen: K-40, evenals zware elementen zoals U-234, -238 en Th-228, -230, -232.

Toch worden sporen van kunstmatige radio-elementen teruggevonden: I-131 (2 tot 8 Bq/kg), activiteitsmerker in de nucleaire geneeskunde, en plutonia (op het niveau van de detectielimieten). Deze sporen van kunstmatige radioactiviteit zijn afkomstig van de nucleaire industrie: centrales en zeker opwerkingsfabrieken voor nucleaire brandstof.

Fauna in de zee (vissen, week- en schaaldieren): mosselen en garnalen worden eveneens te Oostende bemonsterd, terwijl voor de vissen door de Belgica bemonsteringscampagnes worden verricht in volle zee, ter hoogte van Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge (in een strook van ongeveer 10 km).

De mosselen concentreren een weinig Co-60 (van 0,1 tot 0,3 Bq/kg, detectielimieten ~ 0,14-0,27 Bq/kg), en Cs-137 (~ 0,1 Bq/kg voor een detectielimiet van ~ 0,1-0,2 Bq/kg). Sporen van transuranen worden eveneens gevonden: $\leq 0,08$ Bq/kg van Pu-238, -239, -240. De detectielimieten voor de plutonia komen in de buurt van 0,02 Bq/kg. Het spreekt vanzelf dat men nauwelijks naar voren kan brengen dat er sporen van kunstmatige radioactiviteit worden gevonden.

De garnalen bevatten eveneens sporen van Cs-137 : de gehalten zijn in het algemeen $\leq 0,1$ Bq/kg (waarden van de grootteorde van de detectielimieten). Enkele sporen van plutonium ($^{239,240}\text{Pu}$) worden in het licht gesteld (gehalten gelijk aan de detectielimieten). Ook daar zijn deze metingen weinig of niet significant.

De vissen, voornamelijk platvissen (tong, schar, schol, ...) die op de zeebodem leven, bevatten sporen van Cs-137 (< 1 Bq/kg, gehalten op het niveau van de detectielimieten), van H-3 (15 à 18 Bq/kg, de detectielimieten bedragen 14-15 Bq/kg) en soms sporen van Co-60.

In alle gevallen wordt de natuurlijke radioactiviteit gemakkelijk gemeten, met waarden die oplopen tot 10^2 Bq/kg voor K-40, en enkele Bq/kg voor U-238 bij de mosselen, enz.

Besluit

Geen bijzondere radiologische problemen te noteren. De gehalten aan kunstmatige radio-elementen liggen zeer ver beneden deze van de natuurlijke radioactiviteit.

7. RADIOACTIVITEIT IN DE VOEDSELKETEN

Sinds het begin van de jaren 60, werd er door het WIV-LP (het toenmalige IHE) een studie naar de radioactieve besmetting van de voedselketen ondernomen. Daartoe worden er maandelijks stalen van het leidingwater en van de voedingsmiddelen zoals van melk, vlees, zee- en riviervissen, evenals van groenten, uit de handel, verzameld. Deze stalen worden vervolgens geanalyseerd en hun gehalte aan radionucleïden wordt bepaald.

De radioactieve besmetting van de voedingswaren komt hoofdzakelijk van de aanwezigheid van splijttingsproducten met lange halfwaardetijd zoals Sr-90 en Cs-137 die voornamelijk een gevolg zijn van de nucleaire proeven die in de jaren '60 in de atmosfeer plaats hebben gevonden.

In het geval van een eventueel ongeval (zoals dit van Tsjernobyl), zal een verhoging van de radioactieve besmetting op korte termijn vooral veroorzaakt worden door de eventuele aanwezigheid van I-131 en op lange termijn door deze van Cs-137, Cs-134, Sr-90, en eventueel van Ru-103, -106, enz. .

Dit controleprogramma stelt, na vele jaren van observaties, het feit in het licht dat de invloed van de nucleaire installaties op de metingen van de radioactiviteit in de voedingsmiddelen nauwelijks merkbaar is.

7.1. DRINKWATERS

Deze waters maken het voorwerp uit van een nauwlettend toezicht omwille van de belangrijke rol die ze kunnen spelen bij de overdracht van de radioactiviteit naar de mens.

De controle van de kwaliteit van het leidingwater wordt in verscheidene Belgische gemeenten uitgevoerd. De waterdistributie valt onder de bevoegdheid van verscheidene maatschappijen en een groot aantal kleine intercommunales.

Men meet er de totale alfa-, bèta-activiteit, Ra-226 en K-40 (natuurlijke radio-elementen), evenals tritium (kunstmatig radio-element). Enkel dit laatste kan worden gedetecteerd; de metingen, wanneer ze significant zijn, blijven nauwelijks boven de detectiedrempels van de meetapparatuur.

Tot in 1998 waren er geen Europese normen voor de radioactiviteit van de drinkwaters, waarop het "ALARA" ("As Low as Reasonably Achievable", d.w.z. zo laag als redelijkerwijze mogelijk) – principe van toepassing was. Een aanbeveling van de WGO (Wereldgezondheidsorganisatie) heeft niettemin de volgende niveaus vastgelegd:

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

Sinds november 1998 heeft de Europese Gemeenschap een richtlijn vastgesteld met referentie **98/83/EG van de Raad van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van de voor menselijke consumptie bestemde waters**. Deze richtlijn handelt over de microbiologische, chemische en radioactieve aspecten. Wat dit laatste punt betreft, wordt de laatste hand gelegd

aan de technische bijlagen die de uit te voeren analyses en de toepassingsmodaliteiten van de richtlijn verduidelijken (publicatie waarschijnlijk in 2004).

Daarentegen preciseert de richtlijn twee parameterwaarden die moeten worden nageleefd: *100 Bq/liter voor tritium (^3H)* en een *totale jaarlijkse indicatieve dosis van 0,1 mSv* (bij de berekening van deze dosis wordt geen rekening gehouden met het aandeel van tritium, kalium-40, van radon en de producten die ervan afstammen).

Met betrekking tot de al dan niet noodzakelijke berekening van de totale indicatieve dosis, richt men zich in de technische bijlagen op twee benaderingen gebaseerd op “screening”-waarden. De lidstaten zullen kunnen opteren voor de ene of de andere benadering, in functie van hun gewoontes en voorkeuren inzake het radiologisch toezicht op het leefmilieu en de bevolkingen.

Deze “screening”-waarden zullen daarentegen toelaten de controle van de waters te vergemakkelijken en het aantal dure analyses niet onnodig uit te breiden terwijl men er zich toch van verzekert dat de watervoorziening wel degelijk aan de normen beantwoordt. In beide gevallen dient de parameterwaarde van 100 Bq/liter voor tritium ook als “screening”-waarde.

De eerste benadering, de zo gezegd “globale”, berust op een evaluatie van de globale natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit met “screening”-waarden van 0,1 Bq/liter totale alfa- en 1 Bq/liter totale bèta-activiteit. Deze waarden zullen toelaten de waters snel te “sorteren”. Worden deze gehalten overschreden, dan zal men dienen na te gaan of de natuurlijke radioactiviteit niet verantwoordelijk is voor de gemeten waarden en, in het tegenovergestelde geval, zal men een maximaal aantal radio-elementen moeten analyseren (gamma-, bèta- en alfa-spectrometrie).

Het is de benadering die door België in het kader van zijn programma voor radiologisch toezicht op de drinkwaters wordt gevolgd (met daarenboven het systematisch uitvoeren van gammaspectrometrie-analyses).

De tweede benadering, zogenaamd van “*specifieke analyses van radionucleïden*”, berust op de meting van een bepaald aantal radio-elementen (Uranium, β -stralers : C-14 en Sr-90, α -stralers : Pu-239 en Am-241, β - en γ -stralers : Co-60, Cs-134, -137 en I-131) waarvan de gehalten lager moeten liggen dan de referentieconcentraties.

In geval de een of andere “screening”-waarde of referentieconcentraties worden overschreden, zullen volledige analyses van alfa’s, bèta’s en gamma’s moeten worden uitgevoerd ten einde de totale indicatieve dosis te berekenen waarbij men zich bedient van de conversiefactoren die in de “Basic Safety Standards” van Richtlijn 96/29/EURATOM voorkomen (voor een jaarlijkse inname van 250 liter bij de kinderen jonger dan 1 jaar, 350 liter voor de kinderen van 1 tot 10 jaar, en 730 liter voor de volwassenen of de kinderen van meer dan 10 jaar).

België, dat honderden winplaatsen telt, met name in Wallonië in kleine gemeenten, zal een algemeen controleplan voor zijn waters moeten opstellen zodanig dat deze nieuwe richtlijn kan worden toegepast en nageleefd.

Het programma voor het radiologisch toezicht op het grondgebied controleert reeds de grootste distributeurs van drinkwater.

De **BIWM** voorziet een belangrijk deel van de Belgische bevolking van water, onder andere de agglomeraties van Brussel en Antwerpen. Vier controlepunten (ondergrondse waterbekkens) werden weerhouden: Modave, Crupet (Assesse), Vedrin (Namur/Namen), Eigenbrakel (Braine-l'Alleud).

Ook al beantwoorden deze waters in het algemeen aan de Europese normen, een doorgedreven analyse van de resultaten laat zien dat de winning te Namen problemen kan geven. Inderdaad de gehalten aan alfa's in hun totaliteit zijn in de orde van de "screening"-waarde van 0,1 Bq/liter. Deze situatie wordt verklaard door de hogere gehalten aan (natuurlijk) Ra-226 die schommelen van 0,03 tot 0,05 Bq/liter, dus minder dan 20% van de waarde van de referentieconcentratie die op 0,5 Bq/l, hetzij 0,1 Bq/l werd vastgelegd. Het past dus deze winning meer speciaal in het oog te houden.

Men detecteert eveneens sporen van tritium in de verschillende winningen: van 2 tot 20 Bq/liter (detectielimiet: ~ 2 Bq/liter).

De **TMVW**, met twee weerhouden controleplaatsen (ondergrondse waterbekkens) – Hautrage (St.-Ghislain) en Blicquy (Leuze-en-Hainaut/Henegouwen - Beloeil), bedekt water waarvan de radiologische kwaliteit gelijkend is.

De winning te St.-Ghislain, en in mindere mate deze van Leuze-en-Hainaut – Belœil, geven enkele problemen want de gehalten aan alfa's in hun totaliteit overstijgen soms de "screening"-waarde van 0,1 Bq/liter en zullen om die reden in de toekomst meer in detail moeten geanalyseerd worden indien, na behandeling en vóór de distributie, deze gehalten nog worden vastgesteld: volledige spectrometries en berekening van de totale indicatieve dosis.

De gemeten gehalten aan alfa's in hun totaliteit worden gedeeltelijk verklaard door de aanwezigheid van Ra-226 (tussen 0,03 en 0,05 Bq/l).

Het zal hier dus ook nodig zijn om in de toekomst meer doorgedreven analyses uit te voeren indien deze situatie blijft voortduren (wat het geval zou moeten zijn). De berekening van de totale indicatieve dosis zal eveneens moeten worden uitgevoerd indien deze waters als zodanig worden bedekt.

De **SWDE**, met drie gecontroleerde distributieplaatsen (ondergrondse waterbekkens)-Neufvilles (Soignies), St.-Léger en Yves-Gomezée (Walcourt) - bedekt eveneens waters die soms een probleem geven ten aanzien van de gehalten aan alfa's in hun totaliteit.

Immers, de waters gewonnen te St.-Léger en in mindere mate deze van Soignies, overschrijden steeds de "screening"-waarde van 0,1 Bq/liter aan totale alfa's: wat St.-Léger betreft hebben ze gehalten die inderdaad schommelen van 0,2 à 0,3 Bq/l.

Deze waarden zijn, zoals eerder verduidelijkt, gedeeltelijk te wijten aan de aanwezigheid van Ra-226 waarvan de gehalten de 0,1 Bq/l overschrijden, d.w.z. 20% van de referentieconcentratie voor dit element. In het algemeen wordt er in St.-Léger een gehalte van 0,10 tot 0,25 Bq/l aan Ra-226 gemeten. Opmerking: wanneer tritium detecteerbaar is, dan is het aanwezig in geringe concentraties, rondom en nabij de detectielimiet (~ 2 Bq/liter).

Het zal in de toekomst hier ook noodzakelijk zijn om deze winningen in detail te controleren ten einde de totale indicatieve dosis te kunnen berekenen.

de **VMW** betreft ; wordt er een controlepunt (ondergronds waterbekken) te Kluizen (Evergem) in aanmerking genomen.

Deze waters beantwoorden probleemloos aan de Richtlijn drinkwater van de Europese Commissie. Er wordt soms een beetje tritium gedetecteerd: 2 Bq/l.

Wat de **Luikse Intercommunale** betreft; worden twee plaatsen gecontroleerd (ondergrondse waterbekkens) : Ocquier (Clavier) en Hollogne (Grâce-Hollogne – Liège/Luik).

Voor Clavier en Grâce-Hollogne - Luik, globaal gezien, geen problemen. De waarden van tritium schommelen rond de 3 Bq/liter (waarde van de detectielimiet: ~ 2 Bq/liter).

Dezelfde vaststelling voor wat de waters betreft die door de **IWVA** (Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne Ambacht) aan de Belgische kust, te Adinkerke (De Panne) en te Oostduinkerke (Koksijde), worden bedeed.

BESLUIT

De radiologische impact van de nucleaire industrie op de gecontroleerde winningen is verwaarloosbaar want deze ligt ruim onder de nieuwe normen die door de Europese richtlijn voor de drinkwaters werden opgesteld.

Er dient te worden opgemerkt dat het grootste gedeelte van de bètaradioactiviteit wordt verklaard door de aanwezigheid van K-40, een natuurlijk radio-element waarvan het aandeel, voor het berekenen van de dosis die aan de mens wordt bezorgd, niet in aanmerking moet genomen worden.

Met de toepassing van de nieuwe Europese richtlijn zullen de lidstaten, en België in dit geval, in de toekomst worden verplicht controles uit te voeren op de plaatsen van winning of de distributie van waters.

Nu al toont de analyse van de resultaten van het huidige programma voor radiologisch toezicht aan dat de voor menselijke consumptie bestemde waters globaal gezien conform de normen zijn, maar dat men bereid moet zijn een gerichte, bijzondere aandacht te besteden aan de gehalten aan alfastralers in hun totaliteit, waarvan de grootste bijdrage komt van het (natuurlijk) Ra-226.

Dit laatste is soms aanwezig in concentraties hoger dan 0,1 Bq/liter, een waarde die overeenkomt met 20% van de toekomstige referentieconcentratie (bepaald in de ontwerpen van technische bijlagen “radioactiviteit”) en waarboven meer doorgedreven analyses zullen moeten worden uitgevoerd om te komen tot de berekening van de totale indicatieve dosis. Deze dosis zal lager moeten zijn dan 0,1 mSv/jaar (parameterwaarde bepaald in de richtlijn) opdat het water, vanuit radiologisch oogpunt, als drinkwater zou beschouwd worden.

7.2. MELK

Melk is tegelijk een in grote hoeveelheid geconsumeerd voedingsmiddel en een belangrijke biologische indicator voor de overdracht van radionucleïden bij de mens via de voedselketen. Dit is de reden waarom hij het voorwerp uitmaakt van een bijzonder toezicht.

Regelmatige controle van de radiocontaminatie van melk afkomstig van melkerijen is te verkiezen boven te aselechte steekproeven van te consumeren voedingsmiddelen. Deze

maatregel geeft inderdaad een tamelijk goed beeld van de gemiddelde totale inname van kunstmatige radionucleïden door de bevolking.

Doorgaans bij routine kan de detectie van Cs-137, aanwezig in een gewogen mengsel van melk, voldoende zijn om het effectieve dosisdebiet te berekenen dat aan de voeding te wijten is. Toch wordt ook melk opgehaald bij boerderijen en melkerijen.

De melkerijen, die in een dichte straal rond de kerncentrales (20 km) gelegen zijn, werden gekozen in functie van de belangrijkheid van hun productie. Ze integreren nagenoeg de totaliteit van de melkproductie van de streek.

De boerderijen liggen op de lijn van de overheersende windrichtingen; ze dienen als typeplaatsen (plaatselijk referentieniveau voor de radioactiviteit van melk).

De radionucleïden waarnaar in de melkstalen hoofdzakelijk gezocht wordt zijn: K-40 voor de natuurlijke radioactiviteit en Sr-90, Cs-134 en Cs-137 voor wat betreft de kunstmatige radioactiviteit (β - en γ - stralers).

Elke maand wordt een **nationaal mengsel** bereid van melk uit de belangrijkste Belgische melkerijen. Dit mengsel wordt gewogen in functie van het relatieve belang van elk van deze melkerijen.

De resultaten met betrekking tot de natuurlijke radioactiviteit van de melk uit dit nationaal mengsel (^{40}K) tonen aan dat het gemiddelde gehalte van een liter melk constant blijft op ongeveer 50-55 Bq.

De andere radio-elementen: bèta- (^{90}Sr) en gammastralers (134 en ^{137}Cs) zijn niet detecteerbaar (zeer lage detectielimieten van 0,1 Bq/l voor de cesia en 0,02-0,05 Bq/l voor strontium).

Deze waarden liggen dus heel ruim onder de limieten die door de Commissie van de Europese Gemeenschap worden vastgelegd: 370 Bq/kg (Gemeenschapsreglementering inzake Stralingsbescherming n° 737/90 van 22 maart 1990 verlengd door de besluiten n° 686/95 van 28 maart 1995 en n° 616/2000 van 20 maart 2000).

De gegevens die werden verkregen voor de **melkstalen uit de nabijheid van de kerninstallaties** in ons land (Doel, Tihange, Fleurus, Mol/Dessel) en Chooz in Frankrijk bevestigen wel te verstaan deze resultaten.

Wat K-40 betreft; schommelt de gemiddelde concentratie in de melk rond 50 Bq/liter. Rekening houdend met de afwijkingen van het gemiddelde is het duidelijk dat de concentratie van K-40 in de melk, zoals men zich eraan kan verwachten, stabiel is rond de waarde van 50 Bq/liter, en dit wat ook de plaats van afname zij.

Voor Cs-137 blijven de gemeten waarden meestal onder de detectiedrempels. Wat betreft Sr-90 laten de uitgevoerde metingen toe om het te detecteren bij gehalten die nauwelijks boven de limieten liggen: van 0,02 tot 0,20 Bq/liter voor limieten in de buurt van 0,02 tot 0,05 Bq/l.

BESLUIT

De maandelijks opvolging van de radioactieve besmetting van melk roept de volgende bedenkingen op:

- de gehalten te wijten aan de kunstmatige radioactiviteit in een routineperiode (buiten accidentele uitstoten) blijven zeer laag als ze zich niet in de buurt bevinden van de detectiedrempels van de meetapparatuur,
- effect van de nucleaire installaties is dus volledig verwaarloosbaar,
- de gehalten te wijten aan de natuurlijke radioactiviteit zijn verreweg de hoogste.

7.3. VLEES

Bij eenzelfde dier concentreren de organen op een verscheidene wijze de radionucleïden; deze verschillen houden verband met de metabolische wegen waarvan door de radio-elementen gebruik wordt gemaakt om het organisme binnen te dringen en er zich eventueel in vast te zetten.

Bij wijze van voorbeeld; cesium zet zich hoofdzakelijk vast in de spieren en op langere termijn in de beenderen; strontium gedraagt zich als calcium en zet zich vast in de beenderstructuren. De fysiologische concentratiefactoren, de verschillen in vet- en watergehalte van de organen, kunnen eveneens een invloed hebben op de concentratiemechanismen van de radionucleïden.

Echter het eetbare gedeelte bestaat, in het algemeen, uit spieren. Het volstaat dan ook aandacht te schenken aan het gehalte aan radioactief cesium in de spieren om een globaal idee te hebben van de hoeveelheid radioactiviteit die naar de mens kan worden overgedragen.

Meerdere vleessoorten worden in aanmerking genomen:

- rundvlees;
- varkensvlees;
- paardenvlees (weinig geconsumeerd in België);
- schapenvlees;
- vlees van hertachtigen;
- gevogelte (kip, eend, kalkoen);
- diverse vleessoorten (konijn, struisvogel, enz.).

De gegevens waarover we beschikken, tonen de goede radiologische staat aan van het consumptievlees. Inderdaad, de stalen tonen bijna geen opspoorbare activiteit (het grootste gedeelte van de gemeten stalen hebben niet meetbare activiteitsniveaus, want lager of gelijk aan de detectiedrempels van de meetapparatuur).

Bovendien liggen de waarden van de kunstmatige radioactiviteit (van cesium en strontium) ver beneden deze van de natuurlijke radioactiviteit (van kalium).

Men vindt in het vlees inderdaad van 100 tot 130 Bq/kg aan K-40 tegenover minder dan 0,9 Bq/kg aan Cs-137 in het vlees.

BESLUIT

Geen radiologische problemen te melden; de Europese normen stipuleren dat de, voor de invoer en de consumptie toegelaten maximale gehalten aan Cs-134 en -137, , de 600 Bq/kg niet mogen overschrijden.

7.4. VIS

Er worden twee categorieën beschouwd:

- riviervis (b.v.: brasem, voorn, rivierbaars, karper);
- zeevis (b.v.: daurade, kabeljauw: vaker geconsumeerd).

Ook hier meet men, als ze kunnen gedetecteerd worden, zeer lage waarden.

Het enige detecteerbare radio-element is Cs-137. Maar zelfs in dit geval zijn de gehalten nauwelijks significant: ze schommelen inderdaad van 0,4 tot 3,5 Bq/kg voor zeevis en van 1 tot 1,6 Bq/kg voor riviervis, afhankelijk van de soort (vis in open water of vissoort die het sediment “omwoelt”, wat de besmetting van deze soort bevordert).

De gehalten aan K-40 zijn ook daar aanzienlijk hoger: ze liggen in de buurt van 100 - 120 Bq/kg voor beide vissoorten.

BESLUIT

Hier eveneens geen radiologische problemen te melden; de Europese normen bepalen dat de maximumgehalten aan Cs-134 en -137, die toegelaten zijn voor de invoer en de consumptie, niet boven 600 Bq/kg mogen uitstijgen.

7.5. GROENTEN

De volgende groenten worden onderzocht: kropsla, veldsla, spinazie, prei, selderij, bloemkool, spruitjes, wortelen, witloof, tomaten, komkommers, schorseneren, aardappelen, enz.

De geanalyseerde gegevens tonen de goede radiologische toestand van de voor consumptie bestemde groenten aan. Inderdaad, enkel radiostrontium en radiocesium zijn soms, en dit in uiterst kleine hoeveelheden, detecteerbaar: van de grootteorde van enkele tienden Bq/kg. De waarde die voor K-40 gedetecteerd wordt, bedraagt 70 à 130 Bq/kg.

BESLUIT

Hier zijn er, nog maar eens, geen radiologische problemen te melden.

7.6. OPMERKINGEN BETREFFENDE DE VOEDSELKETEN

De metingen die werden uitgevoerd op de, in België, courant geconsumeerde voedingsmiddelen tonen aan dat hun radiologische toestand goed is.

Deze controle is evenwel noodzakelijk, vermits ze een goed hulpmiddel vormt voor de detectie van een nucleair incident of accident; de producten die aan deze metingen worden onderworpen, spelen vaak de rol van indicatoren voor een radioactieve besmetting.

De auteurs van het huidige rapport verwijzen de lezer naar de specifieke verslagen met betrekking tot de voedselketen van 2001 (en 2002, die begin 2004 op de website van het FANC zal worden gepubliceerd) die voor het publiek beschikbaar zijn gesteld op de internetsite van het FANC en dit op het volgende adres: http://fanc.fgov.be/newfanc/nl/publications_sur_radio.htm, met als titel “Radiologisch

toezicht op het grondgebied – Syntheseverlag van de gegevens met betrekking tot de voedselketen voor het jaar 2001 (en 2002)”.

Dit verslag neemt de gegevens over die in 2001 werden verkregen in het kader van het toezicht op het grondgebied (177 stalen) vermeerderd met deze die door het ex-Instituut voor Veterinaire Keuring (IVK) werden geleverd (104 stalen); dit instituut maakt de basisstructuur uit van het nieuwe Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen.

Zo werden er in totaal ongeveer 300 stalen van voedingsmiddelen gecontroleerd en werden de gegevens geanalyseerd en geïnterpreteerd.

De belangrijkste besluiten uit dit (deze) verslag(en) worden hieronder hernomen:

*Dit geïntensifieerde controleprogramma vestigt, zoals dit reeds de vorige jaren het geval was, de aandacht op het feit dat er **geen merkbare invloed is van de nucleaire installaties** op de metingen van de radioactiviteit in de voedingswaren. De radiologische toestand van de gecontroleerde levensmiddelen is uitstekend met een nagenoeg nooit opspoorbare artificiële radioactiviteit en dit, ondanks de buitengewoon lage detectielimieten met betrekking tot het opsporen van de radioactiviteit.*

In het algemeen tonen, op ongeveer 280 onderzochte stalen, slechts een dertigtal stalen een “waarneembaar” gehalte aan radiocesium, hoewel dit op het niveau van de detectielimieten blijft. Het is evident dat deze meetwaarden niet echt significant zijn, want ze zijn negatief gekenmerkt door een afwijking van dikwijls dezelfde grootteorde als deze van de meting zelf.

Anderzijds blijven de concentraties aan radiocesium verscheidene ordes van grootheid (2 à 3) beneden de limieten die door de Europese Commissie in haar verordening 616/2000 van de Raad werden vastgelegd. Een “pessimistische”, dus conservatieve, benadering bevestigt deze resultaten.

*Deze analyses laten toe te besluiten dat er **geen significante kunstmatige radioactiviteit aanwezig** is in de geanalyseerde eetwaren. Een pessimistische, dus conservatieve, benadering bevestigt deze resultaten.*

Er kan dus, op grond van de uitgevoerde routinecontrole, worden bevestigd dat de gezondheid van de consument absoluut niet in gevaar wordt gebracht door de consumptie van voedingsmiddelen die op het Belgische grondgebied worden verstrekt.

8. ATMOSFERISCHE EN VLOEIBARE LOZINGEN VAN DE NUCLEAIRE SITES

8.1. ATMOSFERISCHE LOZINGEN

Enkel de gegevens die afkomstig zijn van de kerncentrales zijn beschikbaar.

Voor de **site van Tihange** ligt alle uitstoot ruim onder de limieten die door de geldende wetgeving zijn vastgelegd: de in 2001 en 2002 uitgestoten activiteit schommelt van 0,21 tot 0,38% van de limiet voor de edelgassen, van 0,024 tot 0,070% voor de aërosols (bèta-gamma), van 0,005 tot 0,052% voor de jodia en van 9,48 tot 10,2% voor tritium.

Wat de **site van Doel** betreft, ligt alle uitstoot hier eveneens ver beneden de limieten die door de geldende wetgeving worden bepaald: de in 2001 en 2002 uitgestoten activiteit schommelt van 0,0009 tot 0,011% van de limiet voor de edelgassen, van 0,0009 tot 0,0033% voor de aërosols (bèta-gamma), van 0,027 tot 0,063% voor de jodia en van 0,37 in 2001 tot 1,16% in 2002 voor tritium.

Rekening gehouden met deze resultaten zijn er geen radiologische problemen te signaleren.

8.2. VLOEIBARE LOZINGEN

Kerncentrales:

Voor de **site van Tihange**, drie reactoren die samen een totaalvermogen van 2937 MWe bereiken, werden de limieten voor de vloeibare lozingen vastgelegd op $1,48 \cdot 10^5$ GBq voor H-3 en op $8,88 \cdot 10^5$ MBq voor de bèta- en gammastralers.

De vloeibare lozingen met de meest belangrijke activiteit worden gevormd door tritium: ze schommelen van 27,7% (in 2001) tot 40,3% (in 2002) van de limiet.

De lozingen met bèta- en gammastralers liggen daarentegen zeer ruim onder de limiet: ze schommelen van 3,0 tot 3,7% hiervan.

Voor de **site van Doel**, vier reactoren met een totaalvermogen van 2776 MWe, werden de lozingslimieten vastgelegd op $1,04 \cdot 10^5$ GBq voor H-3 en op $1,50 \cdot 10^6$ MBq voor de bèta-gammastralers.

Ook hier zijn de belangrijkste vloeibare lozingen samengesteld uit tritium: ze gaan van 36,5 naar 26,4% van de limiet, van 2001 naar 2002.

De lozingen van bèta- gammastralers liggen daar nog zeer ruim onder de limiet: ze zijn in de orde van 0,45 tot 0,78% hiervan.

Nucleaire installaties:

De vloeibare lozingen van de **nucleaire site van Mol** gebeuren in de Molse Nete via de installaties van Belgoproces 2 (voormalige verwerkingsinstallatie voor de vloeibare lozingen van het SCK). Deze lozingen moeten de vastgelegde maandelijkse limietwaarde van 166 GBq/maand respecteren, hetzij 1,99 TBq/jaar, volgens de volgende wegingsformule:

$[\beta \text{ totaal}] + 5[\alpha \text{ totaal}] + 3[^{131}\text{I}] + 7.5[^{90}\text{Sr}] + 300[^{226}\text{Ra}] + 10^{-3}[^3\text{H}] \leq 166 \text{ GBq/maand}$ in de rivier de Molse Nete.

De gegevens tonen aan dat deze lozingen maximaal 0,3% van de limiet vertegenwoordigen.

Metingen die naar de gammastralers van de geloosde afvalwaters werden uitgevoerd tonen aan dat er routinematig radio-elementen zoals Cs-137 (van 1 tot 18 Bq/l), H-3 ($5 \cdot 10^3$ à $3 \cdot 10^6$ Bq/l), Co-60 (in het algemeen van 1 tot 15 Bq/l) worden gedetecteerd.

De lozingen van alfa's in hun totaliteit bedragen van 0,3 tot 15 Bq/l en deze van bèta's in hun totaliteit installeren zich in het algemeen in de buurt van 8 tot 30 Bq/l.

Wat de transuranen betreft, wordt Am-241 gemeten aan gehalten die schommelen van 0,1 tot 10 Bq/l (voor limieten in de orde van in het algemeen 0,3 à 0,5 Bq/l). Pu-239, -240 worden routinematig gedetecteerd aan gehalten die beneden of in de buurt van één Bq/l liggen. Dezelfde opmerking kan worden gemaakt voor Pu-238.

De vloeibare lozingen van **FBFC International**, een fabriek voor nucleaire brandstoffen en MOX-assemblage, worden naar een zinkput geleid die zich op de site bevindt. Deze lozingen bereiken de Molse Nete niet. Maandelijks worden er meetbare hoeveelheden alfastralers geloosd: van 1 tot 10 Bq/liter in 2001 en < 1 Bq/l in 2002 (in maart 2002 werd een waarde van 25 ± 49 Bq/l genoteerd, teken van een eventuele besmetting hoewel over de meting grote onzekerheid bestaat). Er dient te worden opgemerkt dat de detectielimieten in het algemeen in de orde zijn van 0,2 tot 1 Bq/l, al naar gelang de afgenomen volumes.

Chemische fabrieken (fosfaathoudende meststoffen) :

Vanaf 2000 werden de lozingen verricht door **Tessenderlo Chemie** rechtstreeks gemeten in het kanaal voor de lozing van deze laatste in de Winterbeek. De totale hoeveelheden alfastralers in hun totaliteit schommelen van 2 tot 4 Bq/liter voor 0,5 à 1,5 Bq/liter aan Ra-226 (in mei 2002 wordt een "piek" genoteerd van 4 Bq/l, die duidelijk maakt waarom er diezelfde maand een eveneens meer verhoogde waarde aan totale alfa's werd gemeten).

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

BESLUIT

De analyse van de vloeibare lozingen die door de kerncentrales worden verricht, toont duidelijk aan dat deze installaties de limieten die hen werden opgelegd respecteren, en dit des te meer voor zover de lozingen ver beneden de desbetreffende limieten liggen.

Enkel de lozingen van tritium zijn significant en vertegenwoordigen ongeveer 30 à 40% (Tihange) en 25 à 30% (Doel) van de maximaal toegestane waarden. Er dient te worden

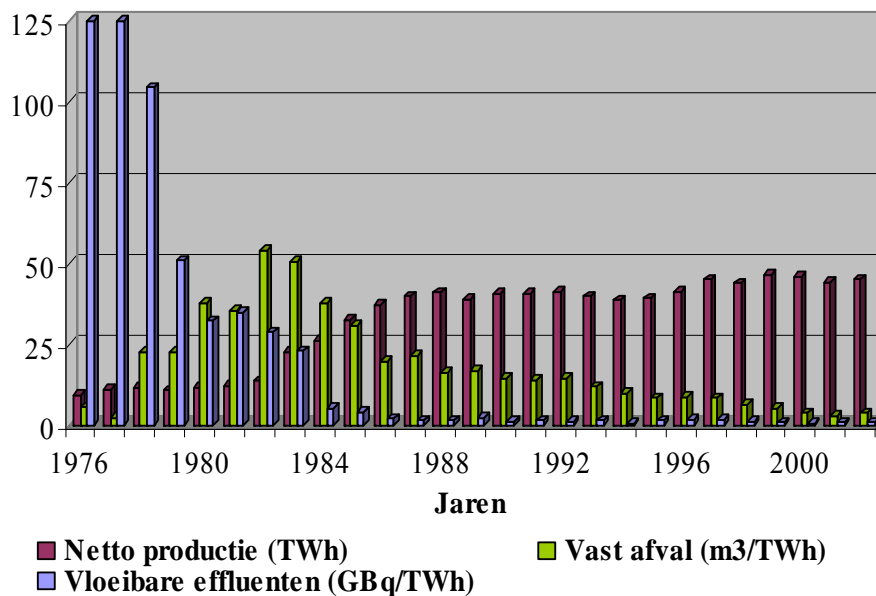
opgemerkt dat deze niveaus afnemen in vergelijking met deze die gedurende de periode 1985-1990 werden bereikt; toen bedroegen ze maximaal 47% voor Tihange en 67% voor Doel.

De lozingen verricht in de Molse Nete zijn minder verwaarloosbaar en maken de controle van dit ecosysteem hoogst noodzakelijk. De aanwezigheid van een chemische industrie te Tessenderlo en haar lozingen van Ra-226 versterken de plicht om de radio-ecologische toestand van deze streek op te volgen.

Studies op het gebied van de chemische vervuiling, met name door zware metalen zouden, evenzeer en vooral, in het ganse Netebekken moeten worden uitgevoerd.

Een ander interessant punt dat in het licht moet worden gesteld, heeft betrekking op de hoeveelheid vloeibare en vaste afval die door de kerncentrales wordt gegenereerd: indien de totale elektriciteitsproductie min of meer constant blijft, dan heeft de hoeveelheid radioactiviteit die verwijderd wordt in de vloeibare effluenten de neiging af te nemen, en deze vaststelling wordt nog meer bewaarheid wanneer men belangstelt in het volume aan vaste afvalstoffen dat per geproduceerd TWh wordt gegenereerd (volgende grafiek) en voor verwerking door het NIRAS wordt opgehaald.

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



Deze grafiek laat de inspanningen zien die de Belgische elektriciteitsproducenten aan de dag hebben gelegd om enerzijds, de doelstellingen betreffende de optimalisering van de industriële exploitatie op elkaar af te stemmen, namelijk op het gebied van de herleiding van de volumes van de voortgebrachte afvalstoffen en het terugbrengen van de ermee gepaard gaande kosten, terwijl anderzijds, de lozingen van afvalwaters zoveel mogelijk worden “geminimaliseerd”. Deze beoordelingselementen tonen ruimschoots de toepassing van het B.A.T. (‘Best Available Technology’ of ‘Beste Beschikbare Technologie’) -concept aan, op het gebied van vloeibare en vaste afvalstoffen.

Deze geruststellende vaststelling mag geen domper zetten op de noodzaak om een nauwlettende controle van de nucleaire installaties te blijven verzekeren.

Dit toezicht moet continu worden gerealiseerd via het automatisch controlenetwerk TELERAD, evenals door middel van campagnes met het nemen van stalen op de sites die mogelijke ontvangplaatsen zijn voor de radioactiviteit die routinematig of accidenteel wordt geloosd en/of uitgestoten.

9. DOSIMETRIE ROND DE NUCLEAIRE SITES

De dosimetrie wordt uitgevoerd met behulp van TLD's (Thermoluminescentie Dosimeters) geplaatst op ongeveer 1 m van de grond, op verscheidene punten van het grondgebied, in de onmiddellijke omgeving van de nucleaire sites en in de naburige agglomeraties, ten einde een realistisch beeld te verkrijgen van de omgevingsdosis die door de bevolking ontvangen wordt.

Deze dosimeters meten hoofdzakelijk de natuurlijke tellurische en kosmische straling. De jaarlijkse doses variëren afhankelijk van de aard van het gesteente; ze zijn in het algemeen meer uitgesproken in oude formaties, samengesteld uit kristallijne gesteentes zoals gneis en graniet. Meer nog, deze dosimeters registreren eveneens een blootstelling aan radon, een natuurlijk radioactief gas dat uit bepaalde gronden vrijkomt (namelijk uit rotsachtige gronden zoals in de Ardennen).

De dosislimiet voor de bevolking, vastgelegd op 1 mSv/jaar, is hier niet van toepassing, want zij houdt geen rekening met de natuurlijke straling die verband houdt met de kosmische straling, noch met deze gelieerd aan de radioactiviteit van de bodem en de ondergrond.

9.1. CENTRALE VAN TIHANGE

De dosimetrie wordt uitgevoerd met de hulp van TLD's die op 25 punten rondom de site van Tihange zijn geplaatst (aan de rand van de site, ter hoogte van de afsluitingen) evenals in verscheidene agglomeraties of plaatsen in de nabijheid van de nucleaire site: Tihange, Ampsin, Amay, Solières (gelegen tussen Hoei (Huy) en Andenne) en de waterkrachtcentrale van Socolie.

Voor de nucleaire site zijn de geregistreerde dosissen in de orde van 960 μ Sv/jaar, te weten 0,96 mSv/jaar in 2001 en 1070 μ Sv/jaar, of 1,07 mSv/jaar in 2002, dus in de buurt van 1 mSv/jaar.

In de naburige agglomeraties zijn de opgetekende dosissen van dezelfde grootteorde: ze schommelen rond de 0,7 à 1,1 mSv/jaar (Ampsin en Solières registreren de "hoogste" waarden met jaarlijkse dosissen van 1 - 1,1 mSv/jaar). Er dient te worden opgemerkt dat Amay en Solière, wegens hun ligging op meerdere tientallen kilometers van de kerncentrale, de achtergrondstraling registreren.

Voor Socolie, stroomafwaarts van de centrale aan de oevers van de Maas, liggen de dosissen systematisch lager: gemiddeld rond 0,65 - 0,68 mSv/jaar. Deze vermindering van de achtergrondstraling moet in verband worden gebracht met de aard van de ondergrond (aanaarding en betonning van de opgehoogde bermen) evenals met de aanwezigheid van een belangrijke watermassa (de rivier zelf) in de onmiddellijke nabijheid.

Men kan er dus uit afleiden dat de centrale geen verhoging van de omgevingsdosis teweegbrengt.

De dosimetrie toont aan dat de dosissen over het algemeen lager blijven dan of gelijk blijven aan 1 mSv/jaar. De dosislimiet voor de bevolking, vastgelegd op 1 mSv/jaar, is hier niet van

toepassing want ze houdt enkel rekening met de bestraling die verband houdt met de kunstmatige stralingen of met de natuurlijke straling in het geval waar menselijke activiteiten een niet natuurlijke verhoging van deze straling met zich meebrengen (voorbeeld van de mijnen).

9.2. CENTRALE VAN DOEL

De dosimetrie van de omgeving wordt uitgevoerd met behulp van TLD's ingeplant op verscheidene plaatsen op de site zelf als ook op verschillende plaatsen in de omgeving (Doel, Kieldrecht, het fort Lillo, een raffinaderij, enz.).

De geregistreerde dosissen schommelen rond 0,62 tot 0,80 mSv/jaar. Dit niveau van achtergrondstraling wordt gemeten op de site van de centrale, wat bevestigt dat ze, zoals in Tihange, geen invloed heeft op de omgevingsdosis.

De genoteerde lagere waarden dienen in verband te worden gebracht met de aard van de grond die veel zanderiger is en minder kristallijn dan in de omgeving van Tihange.

9.3. SITE VAN HET IRE TE FLEURUS

De omgevingsdosimetrie wordt verricht op 12 plaatsen met behulp van TLD's vastgezet op de afsluiting.

De geregistreerde dosissen schommelen rond 0,99 mSv/jaar in 2001 en 0,68 mSv/jaar in 2002. Dit niveau van achtergrondstraling bevestigt dat de site geen enkele invloed heeft op de omgevingsdosis.

9.4. CENTRALE VAN CHOOZ

De dosimetrie wordt uitgevoerd met behulp van TLD's ingeplant op 9 plaatsen rond de site in verscheidene agglomeraties in België (gelegen in rechte lijn tussen 5 en 8 km van de Franse centrale): Hastière, ten noordwesten van de laars van Givet, voor het grondgebied ten oosten van de laars van Givet (van boven naar beneden) te Massembre, Feschaux, Dion, Winenne, Felenne, Bourseigne-Vieille, en voor het grondgebied ten westen van de laars van Givet (van boven naar beneden) te Petit Doische, Doische en Vaucelles.

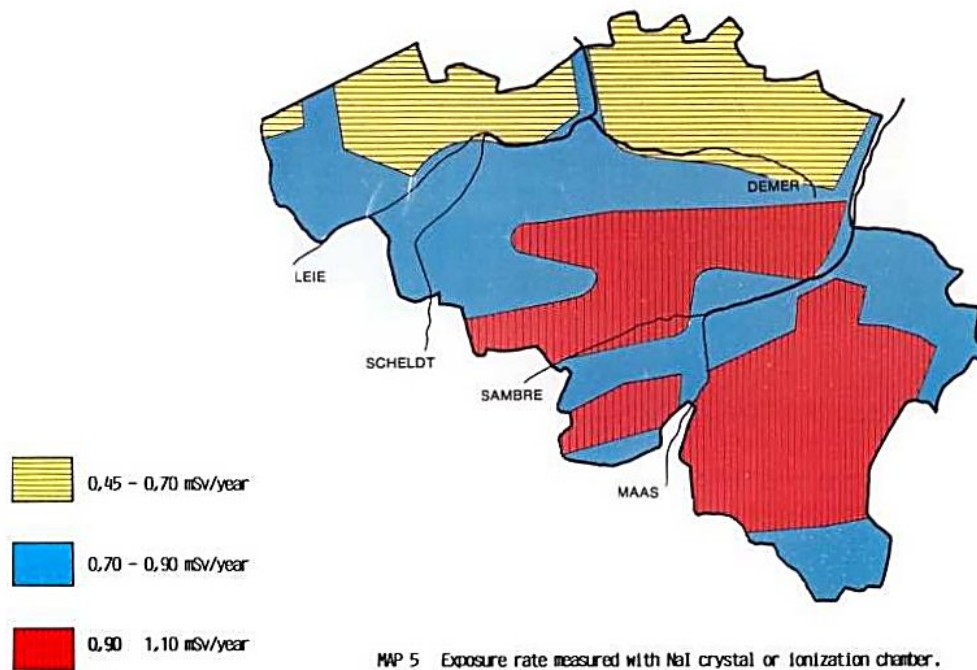
De geregistreerde dosissen zijn van dezelfde grootteorde: ze schommelen rond 0,70 à 0,88 mSv/jaar in 2001 en 0,55 tot 0,73 mSv/jaar in 2002. De schommelingen die van jaar tot jaar voor eenzelfde plaats zijn vastgesteld, moeten in verband worden gebracht met de min of meer belangrijke uitwasemingen van radon.

Men kan er dus uit afleiden dat de centrale geen verhoging van de omgevingsdosis induceert.

9.5. BESLUIT

De in de directe omgeving van de nucleaire sites geregistreerde dosissen zijn te wijten aan een natuurlijke oorsprong – natuurlijke tellurische en kosmische straling – zoals de resultaten van de momentmetingen uitgevoerd in het kader van een eerdere studie (1988), geleid door het WIV-LP (toenmalig IHE) en het SCK (verslag BLG 607 met als titel “Measurement of the natural radiation of the Belgian territory”), het bevestigen.

De volgende figuur geeft een samenvatting van de toen verkregen resultaten.



10. ALGEMEEN BESLUIT

De analyse van de resultaten verkregen in het kader van het radiologisch toezicht op het Belgisch grondgebied van 2001 tot 2002, leidt tot de volgende opmerkingen:

De uitstoot-/lozingslimieten die van kracht zijn, worden door de exploitanten van de kerninstallaties, zeer goed nageleefd.

Globaal genomen zijn de niveaus van radiocontaminatie van de gemeten stalen over het algemeen uiterst laag en is daardoor het grootste deel van de verkregen gegevens niet significant.

De natuurlijke radioactiviteit (^{40}K en ^7Be) is verreweg belangrijker en meer aanwezig dan de meeste van de kunstmatige bèta-gammastralers.

Het toezichtsprogramma toont zijn belang aan en zijn vermogen om de impact van de radio-elementen op de omgeving en van daaruit op de mens “scherp” te controleren: “sporen” van kunstmatige radioactiviteit, ruim onder de natuurlijke radioactiviteit, worden routinematig gedetecteerd. Elke uitstoot/lozing die ietwat belangrijker is, wordt onmiddellijk nauwkeurig gemeten.

Deze situatie is geruststellend op het vlak van de gezondheid maar wordt vervelend wanneer het erom gaat nuttig gebruik te maken van de resultaten: significante metingen laten inderdaad een preciezere en meer reële voorstelling toe van de radiologische situatie. Dan kunnen parameters voor de overdracht van de radioactiviteit worden ontdekt en worden van daaruit de berekeningen van de dosissen voor de bevolking vergemakkelijkt. Dit impliceert dus dat het volume of het aantal van de stalen wordt verhoogd ten einde te kunnen “af dalen” naar metingen van zeer laag niveau, die alleen dan (want significant) in staat zijn betrouwbare waarden te leveren. De Europese Commissie vraagt trouwens dat soort inspanning van de lidstaten voor bepaalde metingen (opstellen van een gespatieerd netwerk van meetpunten waar men tot zeer lage niveaus “afdaalt”).

Ook al is de radiologische situatie op het Belgisch grondgebied helemaal bevredigend, toch weerhoudt één ecosysteem de aandacht door zijn abnormaal hoge belasting aan kunstmatige radioactiviteit, maar bovenal aan natuurlijke radioactiviteit (^{226}Ra): het betreft het geheel van het netwerk Laak-Winterbeek-Nete-Schelde.

Ten einde een diepgaande opvolging van dit geheel te kunnen verzekeren, wordt een meer routinematige controle van de sedimenten en een verbetering van de “fijnheid” van deze van het water in het vooruitzicht gesteld.

Meer nog, de analyse van de resultaten die voor de jaren 2001-2002 werden verkregen, bevestigt de indruk die reeds bij deze van de voorgaande jaren de overhand had: een betere kennis van het estuarien ecosysteem van de Schelde is steeds noodzakelijk ten einde, i) precieze parameters te verschaffen met het oog op het evalueren van de dosissen voor de bevolking door het integreren van de lozingen van de kerninstallaties van het Netebekken en deze van de centrale van Doel en, ii) de reële impact van deze installaties op het ontvangende mariene ecosysteem te evalueren (zowel vanuit het gezichtspunt van de kunstmatige als van de natuurlijke radioactiviteit).

Daartoe is het noodzakelijk om precieze gegevens te verkrijgen over de lozingen/de uitstoot van de industriële en nucleaire sites van het Netebekken en/of om een afgebakend toezichtsnetwerk bij deze installaties te installeren om het belang van deze lozingen/deze uitstoot te kunnen bepalen en te kunnen kwantificeren. De aandacht dient inderdaad te worden getrokken op de noodzaak van een meer nauwgezette en meer exhaustieve opvolging van de lozings-/uitstootbronnen (waaronder in het bijzonder radium en thorium).

Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle heeft nu al deze inspanning opgebracht in het kader van een herziening van het volledige programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied, dat in 2003 geïmplementeerd werd en in 2004 zal beëindigd worden. Een bijzondere inspanning wordt geleverd om de bibliotheken van de radio-elementen die op het ganse grondgebied worden gemeten, in het kader van elk van de mogelijke overdrachtvectoren van de radioactiviteit die gecontroleerd worden (lucht, rivieren, gronden, zee, voedselketen, enz.), te harmoniseren.

Aan de eisen van de internationale instanties (Europese Commissie, OSPAR ten opzichte van de akkoorden van Sintra in het kader van het beleid inzake de bescherming van de Noordzee en de Atlantische Oceaan) wordt in de mate van het mogelijke, via een aanpassing in die zin van het programma voor het toezicht op het grondgebied, voldaan.