

## DIENST VOOR HET TOEZICHT OP HET GRONDGEBIED

**Radiologisch toezicht in België  
Syntheseverslag 1996-1997**



Michelle BOUCHONVILLE - Dr. Lionel SOMBRE

# **Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle**

*Dienst Controle en Toezicht*

*Dienst Toezicht op het Grondgebied*

*Ravensteinstraat 36 te B-1000 Brussel - België*

---

## ***Auteurs :***

**Dr. Lionel SOMBRE**

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

E-mail: [lionel.sombre@fanc.fgov.be](mailto:lionel.sombre@fanc.fgov.be)

**Mevr. Michelle BOUCHONVILLE**

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

E-mail: [michelle.bouchonville@fanc.fgov.be](mailto:michelle.bouchonville@fanc.fgov.be)

---

## ***Diensthofd :***

**J.M. LAMBOTTE, ing.**

Tel.: +32 2 289 21 59 – fax: +32 2 289 21 52

E-mail: [jean.marie.lambotte@fanc.fgov.be](mailto:jean.marie.lambotte@fanc.fgov.be)

***Secretariaat van de Dienst:***

**Tel.: +32 2 289 21 51 – fax: +32 2 289 21 52**

## **SAMENWERKING MET EXTERNE INSTELLINGEN**

De volgende instellingen en hun respectieve medewerkers hebben de gegevens geleverd op basis waarvan dit verslag is opgesteld:

### **WIV (toenmalige LP) Brussel**

G. Thiers, G. Verduyn, S. Hallez, J-M. Flémal, C. Delporte, H. Declercq-Versele, I. Cauwels, J-L. Avaux, J. François, P. Van Den Broecke, G. Van Paesschen, O. Laurent, K. Van Houtem, J. Van Der Linden, G. Jossart, L. Speeckaert

### **I.R.E. – Fleurus**

Radiochemie lage niveaus: V. Adam, D. Tomasevszky, J-L. Destercke

Metrologie & dosimetrie: C. De Lellis, J. Gustin, E. Ferrari

Hoofd van de dienst veiligheid en openbaar nut: A. Debauche

### **SCK – Mol**

Coördinatie: E. Vangelder, M. Van Hees

Afname en voorbereiding stalen: E. Tessens, B. Bouwens, R. Verkoyen, L. Jansen

Metingen lage niveaus:

*Toezicht*: Ch. Hurtgen, F. Verrezen

*Analyses* : J. Mermans, E. Dupuis, M. Verbist, D. Verstrepen, J. Neefs, W. Van Baelen

Nucleaire spectrometrie:

*Toezicht*: F. Hardeman, J.-L. Genicot, S. Pommé

*Analyses* : E. Daniëls, J.P. Alzetta, F. Janssens, P. Willeborts, I. Geboers, A. Damen

In samenwerking met:

Leveren van de visstalen uit de Noordzee: R. De Clercq (R.Z.O.)

# INHOUDSTAFEL

<b>1. INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2. BESCHRIJVING VAN HET NET ROND DE NUCLEAIRE SITES</b>	<b>4</b>
Site van Chooz	4
Site van Tihange	5
Site van Doel	6
Site van Mol	7
Site van Fleurus	8
Site aan de kust	9
<b>3. RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT EN DE NEERSLAG</b>	<b>10</b>
<b>3.1. ZWEVENDE DEELTJES IN DE LUCHT</b>	<b>10</b>
<b>3.2. REGEN</b>	<b>13</b>
Conclusies	18
<b>4. RADIOACTIVITEIT IN DE BODEM</b>	<b>19</b>
Conclusies	29
<b>5. RADIOACTIVITEIT IN EEN VLOEIBARE OMGEVING</b>	<b>31</b>
<b>5.1. RADIOACTIVITEIT VAN HET WATER</b>	<b>31</b>
5.1.1. De Maas	31
5.1.2. De Schelde	35
5.1.3. Het water van de Noordzee	47
5.1.4. Conclusies	47
<b>5.2. RADIOACTIVITEIT IN DE AFZETTINGEN</b>	<b>49</b>
5.2.1. Afzettingen van de Maas en de Samber	49
Conclusie	55
5.2.2. Sedimenten van de Schelde en het Netebekken (Laak)	56
Conclusies	61
5.2.3. Sedimenten in de Noordzee	62
Conclusies	63
<b>5.3. RADIOACTIVITEIT IN DE WATERFAUNA EN -FLORA</b>	<b>64</b>
5.3.1. Fauna en flora in de Maas	64
Conclusies	70
5.3.2. Fauna en flora van de Schelde	71
Conclusies	73
5.3.3. Fauna en flora in de Noordzee	75
Conclusies	82
<b>6. RADIOACTIVITEIT VAN DE VOEDSELKETEN</b>	<b>83</b>
<b>6.1. Het DRINKWATER</b>	<b>83</b>
Conclusies	93
<b>6.2. MELK</b>	<b>94</b>
Conclusies	96
<b>6.3. VLEES</b>	<b>96</b>
Conclusies	97
<b>6.4. VIS</b>	<b>98</b>
Conclusies	99
<b>6.5. GROENTEN</b>	<b>99</b>
Conclusies	99
<b>7. ATMOSFERISCHE EN VLOEIBARE LOZINGEN VAN DE NUCLEAIRE SITES</b>	<b>100</b>
CONCLUSIES	103
<b>8. ALGEMENE CONCLUSIES</b>	<b>104</b>

# 1. INLEIDING

Het radiologische toezicht op het grondgebied, met inbegrip van het toezicht van de nucleaire sites en de opvolging van de invloed ervan op het milieu, wordt beheerd door de DBIS (Dienst Bescherming van de Ioniserende Stralen) van het Ministerie van Sociale Zaken, Volksgezondheid en Milieu in samenwerking met het Wetenschappelijk Instituut voor Volksgezondheid Louis Pasteur (WIV - het vroegere LP), het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK) te Mol en het Nationaal Instituut voor Radio-elementen (I.R.E.) te Fleurus.

Dit toezicht wordt uitgeoefend overeenkomstig de artikelen 70 en 71 van het Koninklijk Besluit houdende de Bescherming van de Bevolking en de Werknemers tegen de Gevaren van ioniserende straling. Deze verantwoordelijkheid zou in de loop van 2000 overgedragen moeten worden aan het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle.

Rond de nucleaire installaties, heeft men met dat toezicht tot doel om:

1. te garanderen dat de wettelijke en reglementaire voorschriften inzake besmetting van de omgeving nageleefd worden
2. in te staan voor de controle van i) de lozingsvoorwaarden en de doeltreffendheid van de technische bepalingen; ii) de goede werking van de lozingsystemen. Zo wil men een snelle detectie mogelijk maken van eventuele lekken zodat de gepaste corrigerende maatregelen kunnen genomen worden;
3. in voorkomend geval, de potentieel opgelopen dosissen van bepaalde bevolkingsgroepen te evalueren
4. het publiek op een objectieve manier te informeren
5. aan de Europese Commissie alle gegevens over te maken die geëist worden op basis van de verschillende reglementen en richtlijnen die van kracht zijn.

Er wordt niet enkel radiologisch toezicht uitgeoefend rond de kerncentrales van Tihange en Doel, maar ook op het grondgebied in de buurt van de Franse kerncentrales te Chooz en Gravelines, die vlak bij de grens liggen. De kerncentrale van Mol en het Nationaal Instituut voor Radio-elementen van Fleurus worden ook aandachtig gevolgd. Ook over de rest van het grondgebied wordt via de gecontroleerde radioactiviteitstransmissiekanalen gewaakt.

In de praktijk wordt het grondgebied vooral via de automatische netten bewaakt tegen een eventuele atmosferische besmetting. Dat gebeurt ononderbroken via de netten die uitgewerkt werden door het I.R.E. rond de Waalse sites van Tihange en Fleurus en rond de site van Chooz - aan Belgische zijde - en nu ook via het nationale net TELERAD. Dat laatste net zal in de nabije toekomst de voorgaande netten vervangen.

Toch moet deze aanpak verder aangevuld worden met staalafnamen in situ en doorgedreven metingen in laboratoria. Daarvoor staat het programma inzake radiologisch toezicht in. Dat is gebaseerd op campagnes inzake monsternamen en het meten van de radioactiviteit die aanwezig is in de verschillende transmissievectoren in het milieu (de lucht; het regen-, het oppervlakte- en het drinkwater; de afzettingen van rivieren en kuststreken, de fauna en flora van de rivieren en de zee; de producten van de voedselketen, enz.).

Het grondgebied moet bewaakt worden om incidenten en/of ongevallen te kunnen detecteren die zich voordoen als gevolg van ongecontroleerde lozingen van buitengewone hoeveelheden radioactieve substanties in het water of de lucht. Anderzijds moet iedere lidstaat

ervoor zorgen dat hij voor de Europese Gemeenschap een controleprogramma opzet dat steeds verder doorgedreven en bindend is.

Dat programma werd in het verleden verder vervolledigd door het uitvoeren van stralingsecologische studies. Zo wil men een betere kennis krijgen van het gedrag van de radionucliden in het omgevingsmilieu en een correctie interpretatie mogelijk maken van de gegevens die resulteren uit het toezicht en de jaarlijkse opvolging.

Deze taak, die essentieel is om in België de kennis van het milieu en de vakkennis inzake stralingsecologie/stralingsbescherming van het milieu te kunnen behouden, wordt op dit ogenblik niet meer verzekerd omdat er een te klein budget voor werd vrijgemaakt. Hopelijk kan het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle zodra zij beschikt over de bevoegdheden die op dit ogenblik toegekend zijn aan de DBIS zich hier opnieuw volledig voor inzetten.

Om het milieu te kunnen controleren werden de gekozen meetpunten voor het verzamelen van stalen ofwel in functie van de atmosferische dispersievoorwaarden, ofwel na een onderzoek van de bodem, ofwel op basis van specifieke situaties bepaald.

De frequentie van de staalafname en de metingen van de stalen werd zodanig bepaald dat wij beschikken over zo representatief mogelijke informatie van een gegeven radiologische situatie waarbij rekening gehouden wordt met de technische en materiële mogelijkheden die ons ter beschikking werden gesteld.

De ingezamelde gegevens hebben hoofdzakelijk betrekking op de meting van de radioactiviteit in de zwevende deeltjes in de lucht, de neerslag, de melk en de weides bij de studie van de eventuele invloed van gasemissies. Daarnaast hebben ze betrekking op de meting van de radioactiviteit in het water, de afzettingen, de vissen en de waterplanten als het gaat om de invloed van de vloeibare emissies.

In dit verslag staan de resultaten van het toezichtprogramma voor de jaren 1996 en 1997.

De resultaten die verkregen werden op basis van het radiologische toezicht, worden in het kort beschreven voor de verschillende transmissievectoren van radioactiviteit die werden bestudeerd (de radioactiviteit in de atmosfeer, het water en de voedselketen).

In de grafieken ziet u de maandelijkse evolutie van de radioactiviteit (in de grafieken met het cijfer 1 tot 12) in functie van de gecontroleerde radiologische elementen, de gekozen meetstations of de bewuste onderdelen van het ecosysteem (water, afzettingen, voedsel, enz.).

Het teken "\*" dat in sommige grafieken voorkomt, betekent dat de jaargemiddelden tot stand kwamen op basis van een beperkt aantal dagen of weken waarvoor de meting hoger was dan de detectiedrempel van de radioactiviteitsdetectietoestellen. De berekende gemiddelden kunnen dus overschat zijn.

Alle "ongezuiverde" gegevens staan gedetailleerd in de bijlagen van dit document. Deze bijlagen worden gegroepeerd en daarbij vermeldt men de nummering van de hoofdstukken en de onderdelen ervan die in deze tekst gebruikt werd.

Ten slotte vestigen de auteurs van dit document de aandacht van de lezer op het feit dat de gegevens inzake de voedselketen vooral gaan over de radioactiviteit van melk. Er staan

ook enkele andere voorafgaande gegevens over de andere voedingsproducten (bloem, vlees, vis, groenten, enz).

## 2. BESCHRIJVING VAN HET NET ROND DE NUCLEAIRE SITES

METINGEN	CHOOZ (SENA)	
	<b>Radioactiviteit in de lucht</b>	
	<b>Frequentie</b>	<b>Meetstation</b>
<b>zwevende deeltjes in de lucht</b>	Dagelijks	Dourbes - Vielsalm
<b>neerslag</b>	Maandelijks	Chooz - Vielsalm
<b>gammadosisdebiet</b>	Permanent	Hastière, Dion, Felenne, Treignes
<b>melk (boerderij)</b>	Wekelijks	straal 20 km rond Chooz
<b>bodem</b>	1 x/jaar	Hastière - Vielsalm
<b>omgevingsdosimetrie</b>	Tweemaandelijks	Omgeving van Chooz (12 punten)
	<b>Radioactiviteit in het water</b>	
<b>gamma-activiteit</b>	Automatisch en permanent	Brusselse Intercommunale Watermaatschappij Hastière
<b>gammaspectrum</b>	Wekelijks	Hastière
<b>totale alfa-beta-activiteit</b>	Maandelijks	Hastière
<b>H-3 meting</b>	Wekelijks	Hastière
	<b>Radioactiviteit in de afzettingen</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Maandelijks  Stilstand van de Maas (om de 3 jaar)	Op verschillende plaatsen in de Bovenmaas (Tailfer)
	<b>Radioactiviteit in de fauna en flora in het water</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Driemaandelijks	Hastière, Ham (Mos)
<b>H-3 meting</b>	Driemaandelijks	Hastière, Ham (Mos)
	<b>Radioactiviteit in de fauna op het land</b>	
<b>gammaspectrum</b>	16 x/jaar	Chooz (korstmos)
<b>organische H-3 meting</b>	16 x/jaar	Chooz (korstmos)



<b>METINGEN</b>	<b>TIHANGE</b>	
	<b>Radioactiviteit in de lucht</b>	
	<b>Frequentie</b>	<b>Meetstation</b>
<b>zwevende deeltjes in de lucht</b>	Wekelijks	Tihange
<b>neerslag</b>	Maandelijks	
<b>gammadosisdebiet</b>	Permanent	Ampsin boerderij, Ampsin Socolie, Huy, Ampsin Steengroeve
<b>melk (boerderij)</b>	Wekelijks	straal 20 km rond Tihange
<b>omgevingsdosimetrie</b>	Tweemaandelijks	Omheiningen en omgeving van de site van Tihange (12 punten)
	<b>Radioactiviteit in het water</b>	
<b>gamma-activiteit</b>	Automatisch en permanent	Ampsin
<b>gammaspectrum</b>	Wekelijks	Huy, Ampsin, Monsin
<b>totale alfa-beta-activiteit</b>	Wekelijks	Huy, Ampsin, Monsin
<b>H-3 meting</b>	Wekelijks	Huy, Ampsin, Monsin
	<b>Radioactiviteit in de afzettingen</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Maandelijks	Lixhe, Amay, Barrage d'Ivoz-Ramet, Dam van Monsin
	<b>Radioactiviteit in de fauna en flora in het water</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Driemaandelijks	Sluis van Ivoz-Ramet

<b>METINGEN</b>	<b>DOEL</b>	
	<b>Radioactiviteit in de lucht</b>	
	<b>Frequentie</b>	<b>Meetstation</b>
<b>zwevende deeltjes in de lucht</b>	Maandelijks	Site van Doel
<b>melk (melkerij)</b>	Wekelijks	Site van Doel
<b>bodem</b>	1 x/jaar	Site van Doel
<b>omgevingsdosimetrie</b>	Driemaandelijks	Site van Doel
	<b>Radioactiviteit in het water</b>	
<b>gamma-activiteit</b>	Maandelijks	Antwerpen, Doel
<b>gammaspectrum</b>	Wekelijks	Doel
<b>totale alfa-beta-activiteit</b>	Maandelijks	Doel
<b>H-3 meting</b>	Wekelijks	Doel
	<b>Radioactiviteit in de afzettingen</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Maandelijks	Doel
	<b>Radioactiviteit in de fauna en flora in het water</b>	
<b>gamma-activiteit</b>	Driemaandelijks	Hoofdplaat, Kloosterzande
<b>gammaspectrum</b>	Driemaandelijks	Hoofdplaat, Kloosterzande

<b>METINGEN</b>	<b>MOL</b>	
	<b>Radioactiviteit in de lucht</b>	
	<b>Frequentie</b>	<b>Meetstation</b>
<b>zwevende deeltjes in de lucht</b>	Dagelijks	Site van het SCK
<b>neerslag</b>	Wekelijks	Site van het SCK
<b>melk (melkerij)</b>	Wekelijks	Dessel
<b>bodem</b>	1 x/jaar	Site van het SCK
	<b>Radioactiviteit in het water</b>	
<b>gamma-activiteit</b>	Wekelijks	Stroomgebied van de Rupel (Boom)
<b>gammaspectrum</b>	Wekelijks	Molse Nete (Geel)
<b>totale alfa-beta-activiteit</b>	Maandelijks	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessenderlo) Grote Nete (Oosterlo)
<b>H-3 meting</b>	Wekelijks	Molse Nete (Geel)
	<b>Radioactiviteit in de afzettingen</b>	
<b>gamma-activiteit</b>	Maandelijks	Molse Nete (Geel)
<b>gammaspectrum</b>	Maandelijks	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessenderlo) Grote Nete (Oosterlo – Lier)

<b>METINGEN</b>	<b>FLEURUS - DBIS</b>	
	<b>Radioactiviteit in de lucht</b>	
	<b>Frequentie</b>	<b>Meetstation</b>
<b>zwevende deeltjes in de lucht</b>	Dagelijks	Site van het I.R.E. – WIV-LP (Brussel)
<b>neerslag</b>	Maandelijks	Site van het I.R.E.
<b>gammadosisdebiet</b>	permanent	5 bakens (afsluiting van de site van het I.R.E.)
<b>melk (boerderij)</b>	wekelijks	straal 20 km rond Fleurus
<b>bodem</b>	1 x/aar	Site van het I.R.E.
<b>omgevingsdosimetrie</b>	tweemaandelijks	Afsluitingen en omgeving van de site van Fleurus (12 punten)
	<b>Radioactiviteit in de afzettingen</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Maandelijks	Floriffoux, Andenne
	<b>Radioactiviteit van de voedselketen</b>	
<b>melk nationaal</b>	Maandelijks	In de handel
<b>groenten</b>		
<b>vlees</b>		
<b>zeevissen</b>		
<b>riviervissen</b>		

<b>METINGEN</b>	<b>SITE AAN DE KUST</b>	
	<b>Radioactiviteit in de lucht</b>	
	<b>Frequentie</b>	<b>Meetstation</b>
<b>zwevende deeltjes in de lucht</b>	Maandelijks	Koksijde
<b>neerslag</b>	Dagelijks	Koksijde (IRM)
<b>bodem</b>	1 x/jaar	Koksijde
	<b>Radioactiviteit in het water</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Driemaandelijks	Zones 1, 2 en 3 Dumping 1 en 2
<b>totale alfa-beta-activiteit</b>	Driemaandelijks	Zones 1, 2 en 3 Dumping 1 en 2
	<b>Radioactiviteit in de afzettingen</b>	
<b>gammaspectrum</b>	Driemaandelijks	Bijdrage RZO, Belgica
	<b>Radioactiviteit in de fauna en flora in het water</b>	
<b>gamma-activiteit</b>	Driemaandelijks	Bijdrage RZO, Belgica
<b>gammaspectrum</b>	Driemaandelijks	Bijdrage RZO, Belgica

### 3. RADIOACTIVITEIT IN DE LUCHT EN DE NEERSLAG

De analyse van zwevende deeltjes in de lucht is een doeltreffende methode om de lozing van radioactief afval in de atmosfeer te detecteren. Aërosolen (deeltjes  $> 0,5 \mu\text{m}$ ) zijn immers een vorm van atmosferische uitstoot van nucleaire installaties; het gaat hoofdzakelijk om gecondenseerde splijtingsproducten ( $\beta$ - $\gamma$  straling). Soms stelt men ook  $\alpha$ -straling vast.

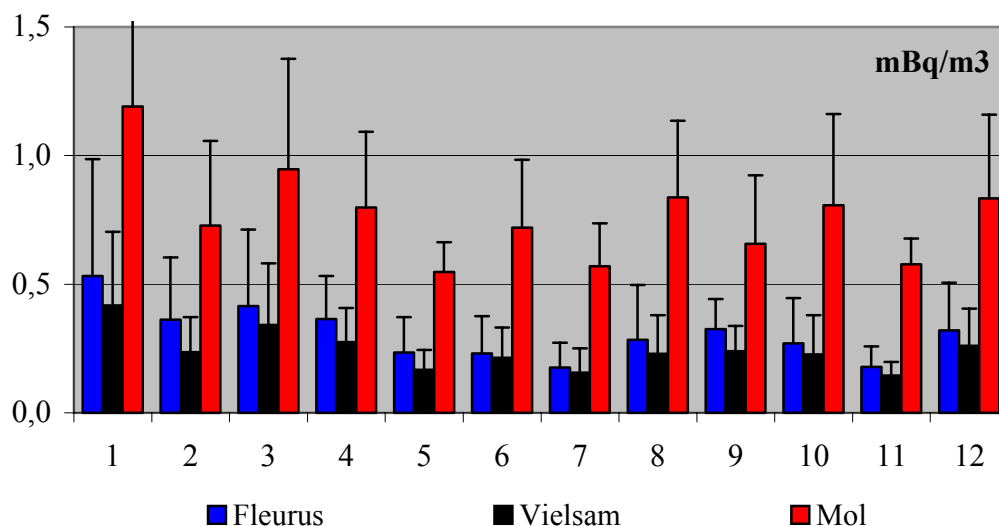
Deze detectiemethode werd in het bijzonder gebruikt voor de opvolging van de nucleaire tests in de atmosfeer ("fall-out") en de doortocht van radioactieve wolken na het ongeval in Tchernobyl.

Die deeltjes kunnen zich rechtstreeks afzetten op de bodem (droge neerslag) of uitgeloozd worden door de regen (natte neerslag). Daarom zijn de metingen van radioactiviteit van de zwevende deeltjes in de lucht en de metingen van de neerslag belangrijke en complementaire elementen van een netwerk voor radiologisch toezicht.

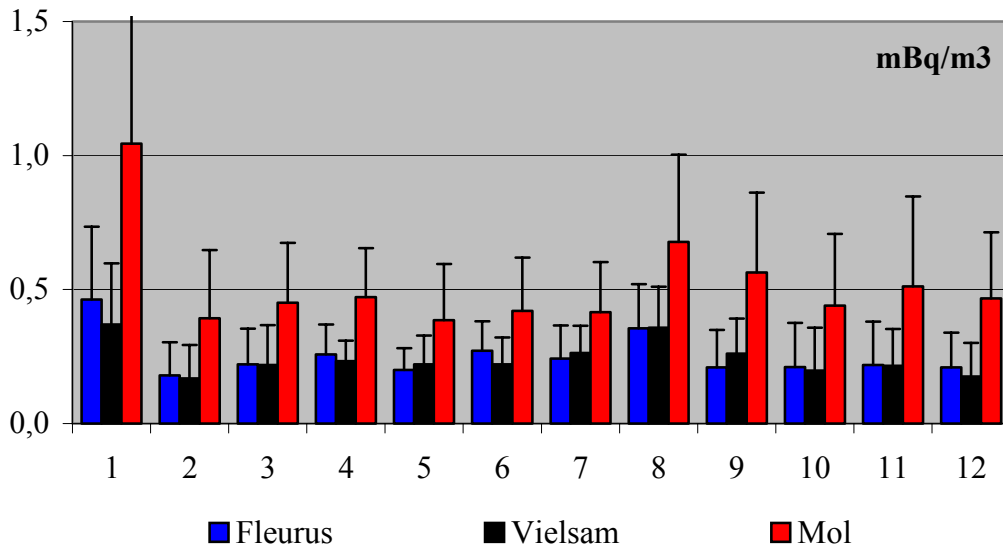
In de volgende grafieken wordt dit soort controle heel duidelijk aangetoond.

#### 3.1. ZWEVENDE DEELTJES IN DE LUCHT

Zwevende deeltjes in de lucht in 1996 : betatotalen



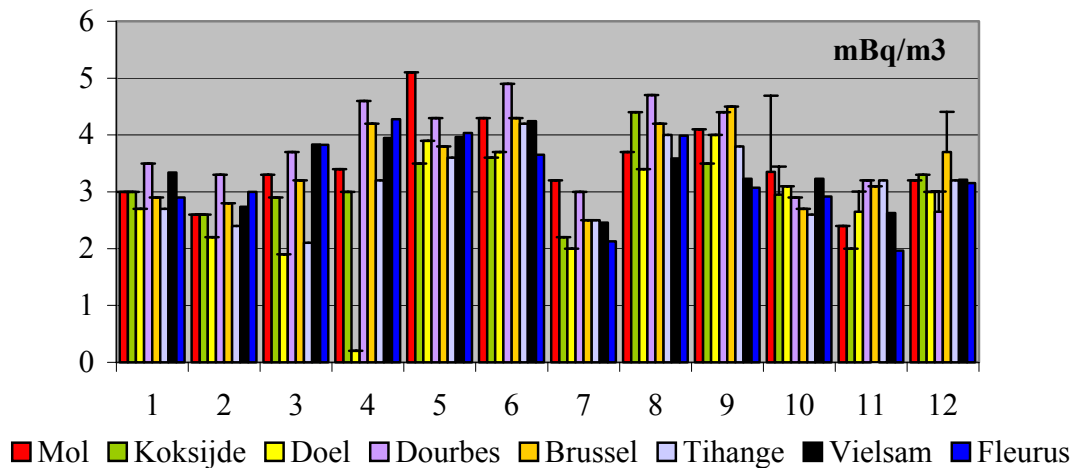
### Zwevende deeltjes in de lucht in 1997 : betatotalen



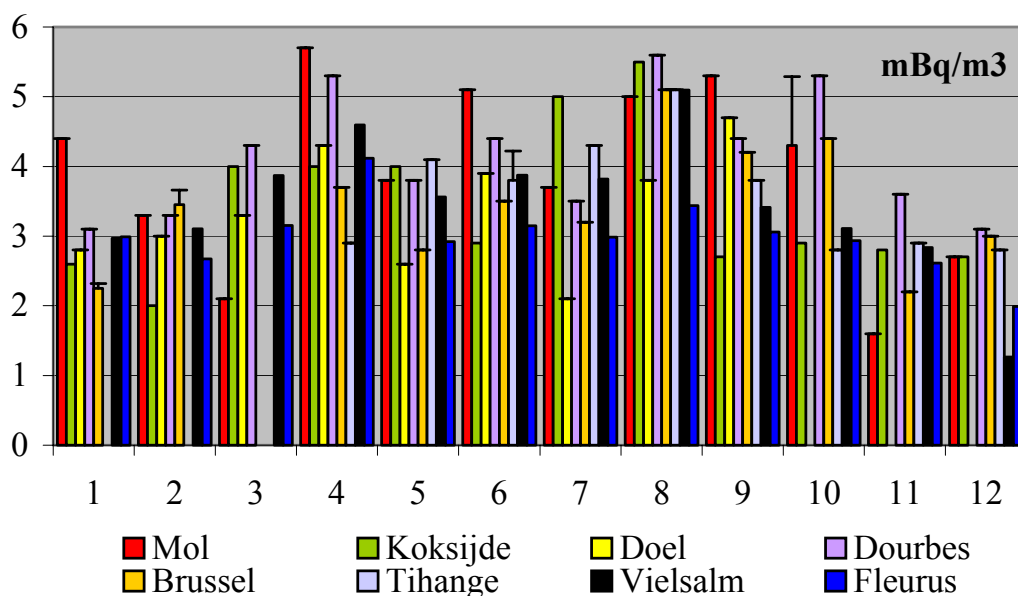
Wat de *betastraling* in de zwevende deeltjes in de lucht betreft, zijn de totale gehalten (uitgedrukt in  $\text{mBq/m}^3$ ) betastraling die per kubieke meter gemeten werden heel laag:  $< 1 \text{ mBq/m}^3$ . Daarbij moet worden opgemerkt dat dit soort meting rekening houdt met de aanwezigheid van natuurlijke randonproducten met korte halfwaardetijd die sterk aanwezig zijn in de radioactiviteit van de atmosfeer.

*Beryllium 7*, een natuurlijk radionuclide geproduceerd door kosmische straling, is aanwezig in aërosolen; de gemeten waarden leunen aan bij  $3 \text{ mBq/m}^3$  (gaande van 2 tot  $4 \text{ mBq/m}^3$ ).

### Zwevende deeltjes in de lucht in 1996 : Be-7



## Zwevende deeltjes in de lucht in 1997 : Be-7

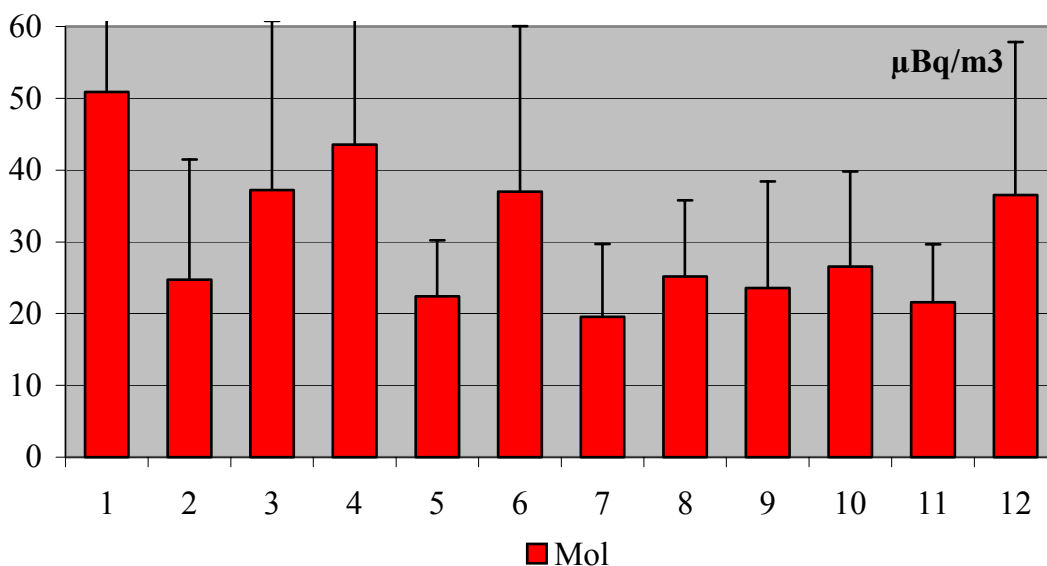


Deze waarden hebben dezelfde grootteorde als de metingen in de andere Europese landen (Zweden, Luxemburg, Frankrijk, Duitsland, Oostenrijk, Italië, enz.) waar zij over het algemeen schommelen tussen 1 tot 30 mBq/m<sup>3</sup>.

Wat de gezochte *gammastraling* (<sup>134,137</sup>Cs, <sup>103,106</sup>Ru, <sup>141,144</sup>Ce, <sup>95</sup>Nb, <sup>95</sup>Zr) betreft, liggen de metingen allemaal lager dan de detectiedrempels van de spectrometrietoestellen: van 3 tot 20-25 µBq/m<sup>3</sup> (16-17 µBq/m<sup>3</sup> voor de <sup>134</sup>Cs en <sup>137</sup>Cs).

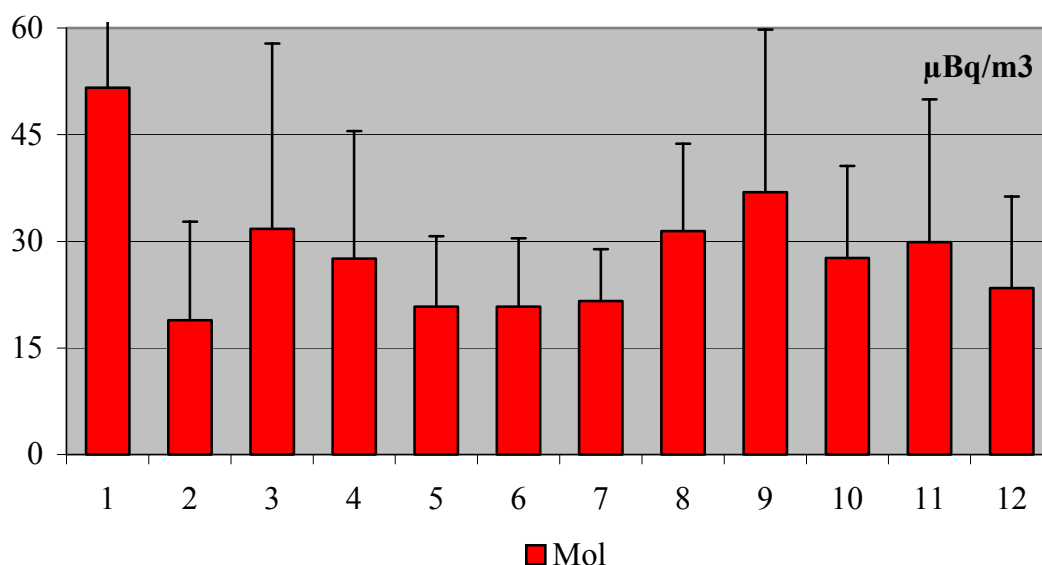
Voor de uitgevoerde metingen in *alfatotalen* rond de nucleaire site van het SCK/CEN te Mol, variëren de geregistreerde waarden over het algemeen van 20 tot 40 µBq/m<sup>3</sup> lucht.

## Zwevende deeltjes in de lucht 1996 : alfatotalen





## Zwevende deeltjes in de lucht 1997 : alfatotalen



Deze waarden stemmen volledig overeen met wat gemeten kan worden in de andere Europese landen. Men stelt namelijk in de regio Parijs gemiddelde jaaractiviteiten in alfatotalen van minder dan  $150 \mu\text{Bq/m}^3$  lucht. Het gaat bijna uitsluitend om natuurlijke radioactiviteit.

### 3.2. REGEN

De regen die de atmosfeer uitloopt, vormt een goede controlemethode voor de kwaliteit van de omgevingslucht en de eventuele radioactieve besmetting ervan.

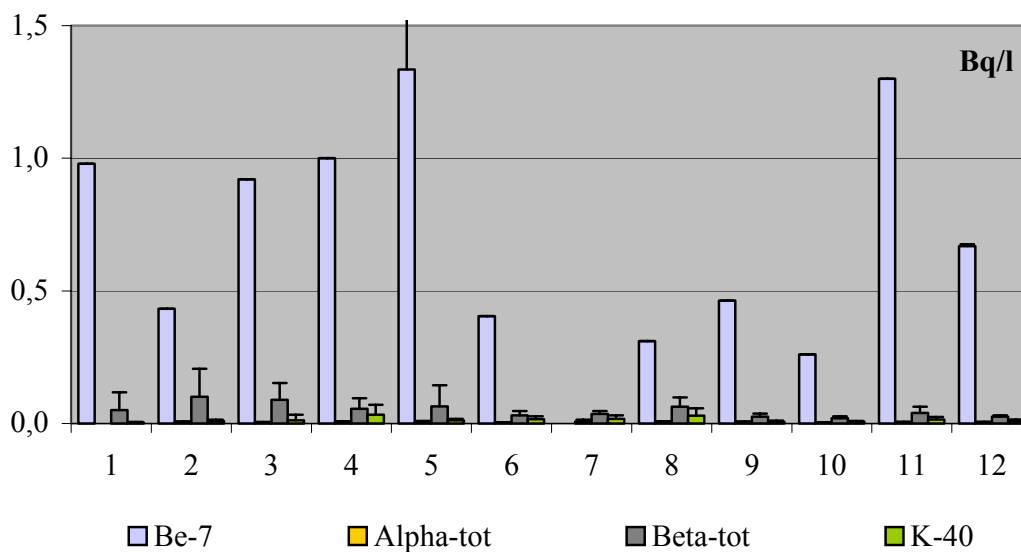
Uit de resultatenanalyse van de **radioactiviteit** van regen, die voornamelijk gebeurt op basis van gegevens uit nucleaire sites en de Brusselse agglomeratie, blijkt dat die radioactiviteit, die overigens miniem blijft, verklaard kan worden door de aanwezigheid van natuurlijke radio-elementen.

In *Brussel* is de radioactiviteit van het regenwater te wijten aan de aanwezigheid van natuurlijke radio-elementen zoals

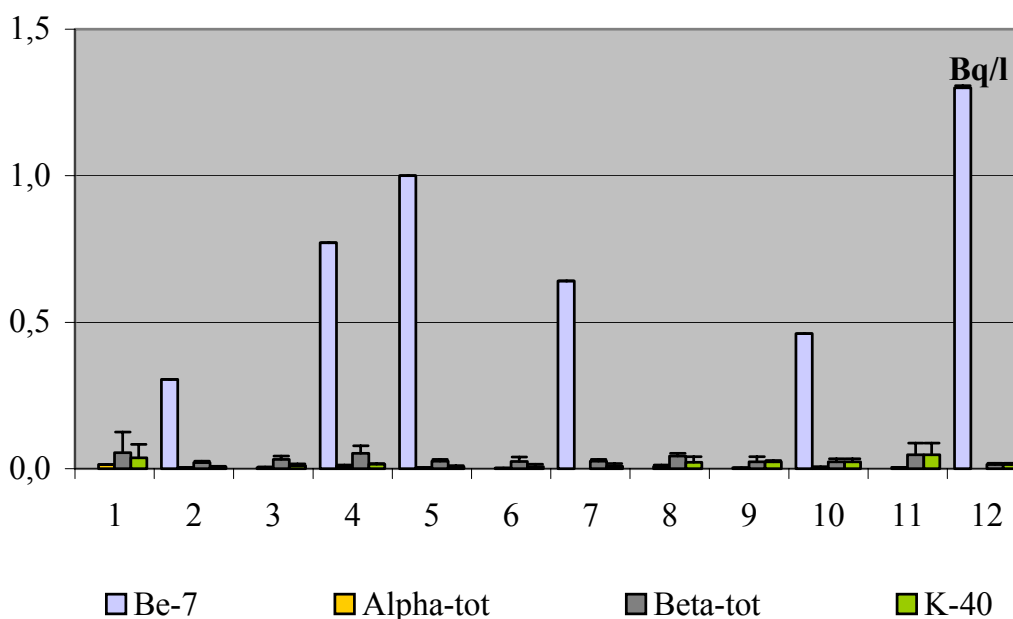
- Be-7 – 53,2 dagen halveringstijd- geproduceerd door kosmische straling,
- K-40 –  $1,26 \times 10^9$  jaren halveringstijd - behoort tot de familie van de primaire natuurlijke radio-elementen waarvan de oorsprong teruggaat tot de vorming van het zonnestelsel; de aanwezigheid van dit element is haast alleen verantwoordelijk voor de totale gemeten betaradioactiviteit,
- sporen van alfaradioactiviteit die ook van natuurlijke oorsprong is.

Op te merken valt dat Be-7 veruit de meest zichtbare is, maar uiteraard beperkt blijft tot heel lage waarden: in de orde van Bq/liter. Deze waarden zijn, zoals men kan verwachten als men kijkt naar de oorsprong van dit radio-element, volledig vergelijkbaar met de waarden die gedetecteerd werden in de buurlanden van de Europese Unie.

### Brussel 1996



### Brussel 1997



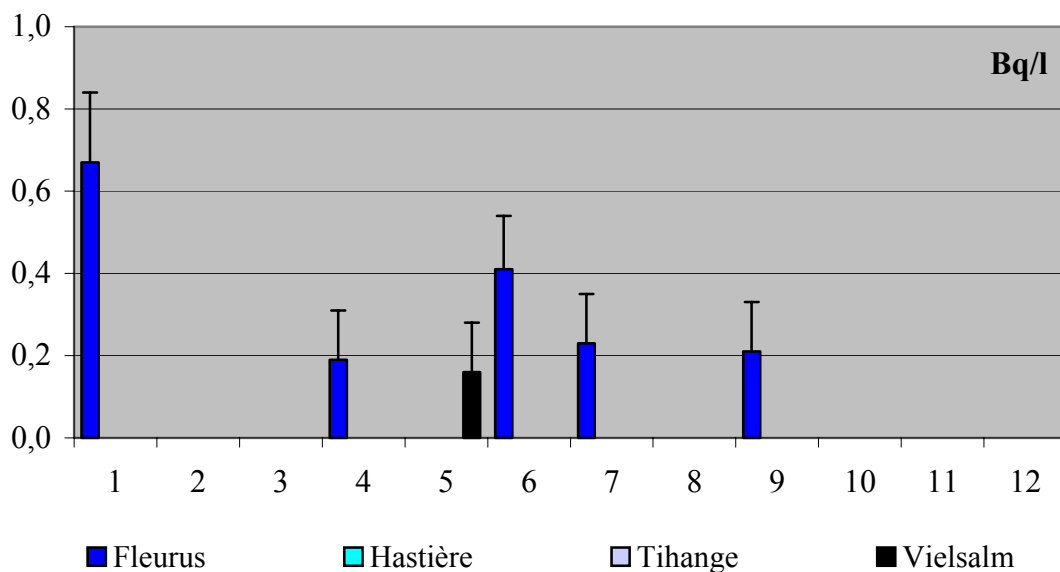
Uit de analyse van de resultaten *rond de nucleaire sites* (I.R.E. te Fleurus, kerncentrale van Tihange, kerncentrale van Chooz in Frankrijk, gecontroleerd te Hastière, SCK/CEN in Mol), voor Brussel en voor een "nette" site te Vielsalm blijkt dat de meeste gezochte radioelementen over het algemeen niet gedetecteerd zijn (metingen lager dan de detectiedrempels van de toestellen).

De bereikte detectiedrempels voor de meettoestellen voor Brussel zijn uiterst laag: 0,12 Bq/l voor Ce-141; 0,4 Bq/l voor Ce-144; 0,05 Bq/l voor Cs-134 en Cs-137; 0,2 Bq/l voor I-131; 0,07 Bq/l voor Nb-95; 0,06 Bq/l voor Ru-103; 0,4 Bq/l voor Ru-106; 0,006 Bq/l voor Sr-90; 0,005 Bq/l voor de  $\alpha$ - en  $\beta$ -totalen.

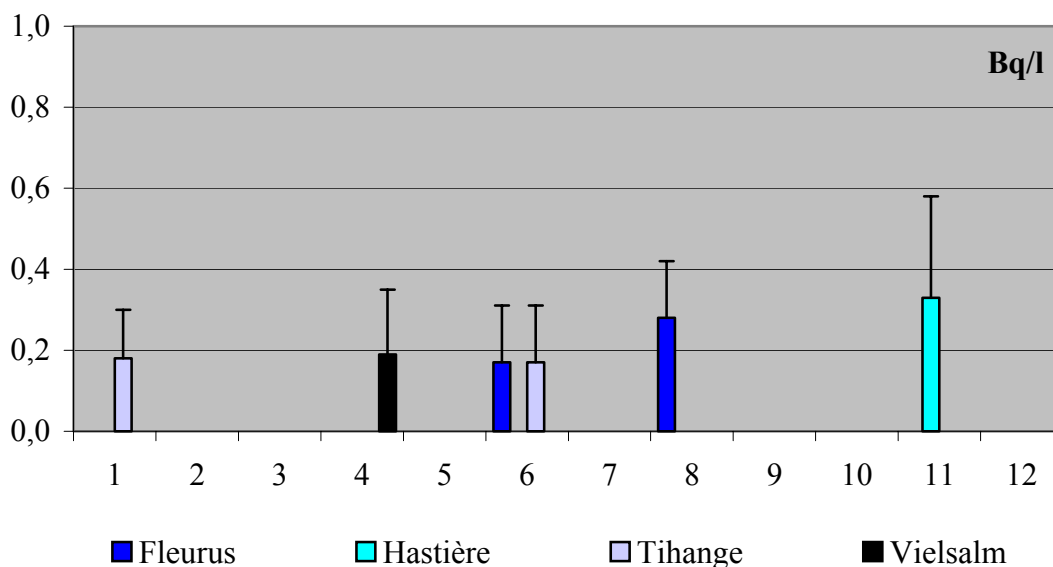
Wat de aanwezigheid betreft van *betastraling rond de nucleaire sites en op het controleveld (Vielsalm)*, blijkt uit de resultatenanalyse van vooraf gefilterd regenwater (analyse uitgevoerd op het filtraat en het filtratieafval) dat de metingen meestal onder de detectiegrenzen blijven en dat de gedetecteerde waarden, als ze dan al kunnen worden gemeten, slechts even boven deze grens uitkomen. Er dient ook gewezen te worden op het belang van de onzekerheid van de metingen (aanzienlijke foutmarges).

De enkele waarden die wij verkregen voor de gefilterde regen zijn zwak en liggen slechts een klein beetje hoger dan de detectiedrempels van de meettoestellen: 0,2 tot 0,4 Bq/liter. De geregistreerde waarden rond de nucleaire sites zijn vergelijkbaar met de waarden gedetecteerd voor de controlesite van Vielsalm.

### Regenwater 1996 (gefilterd) \*: betatotalen

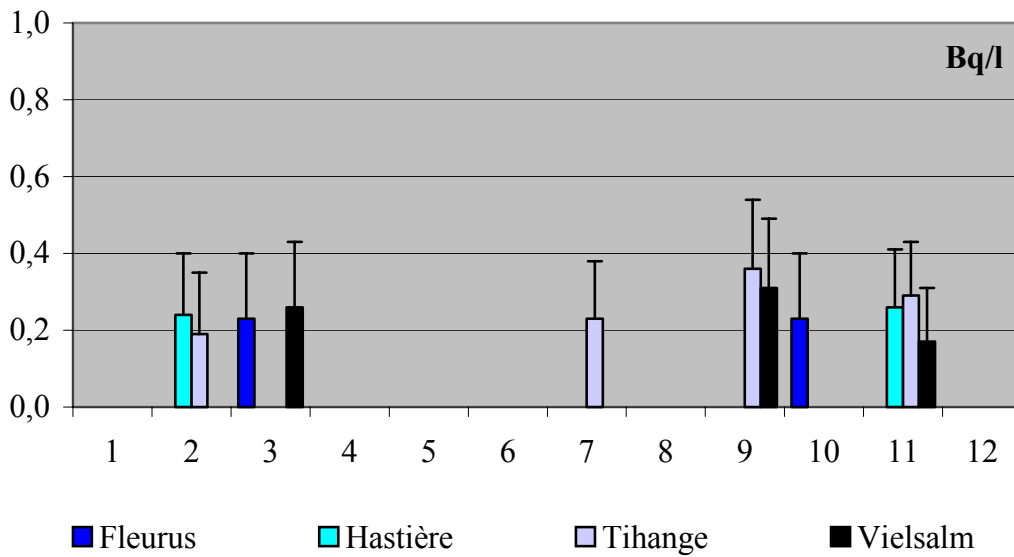


### Regenwater 1997 (gefilterd) \*: betatotalen

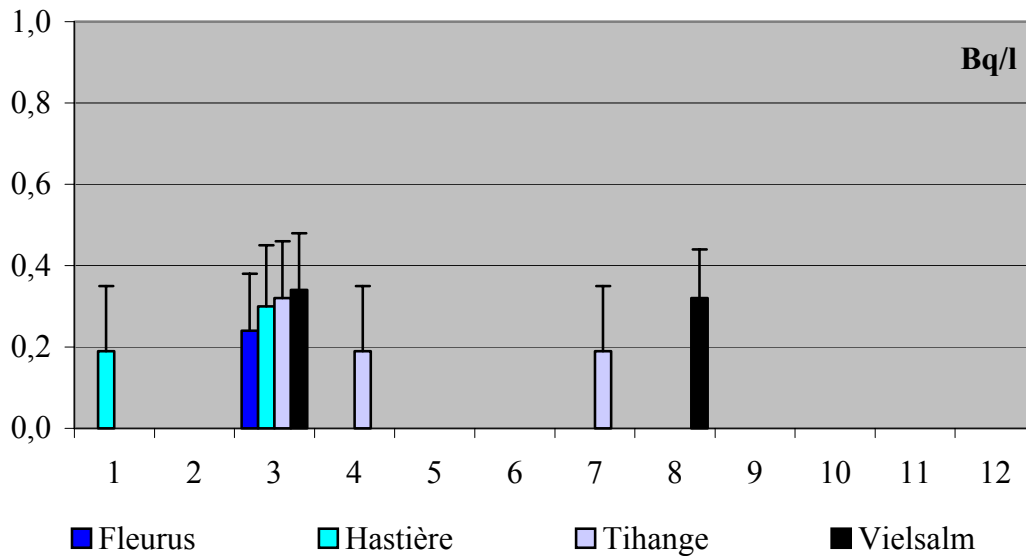


Zelfde vaststelling voor het filtratieafval.

### Regenwater 1996 (bezinksel) \* : betatotalen



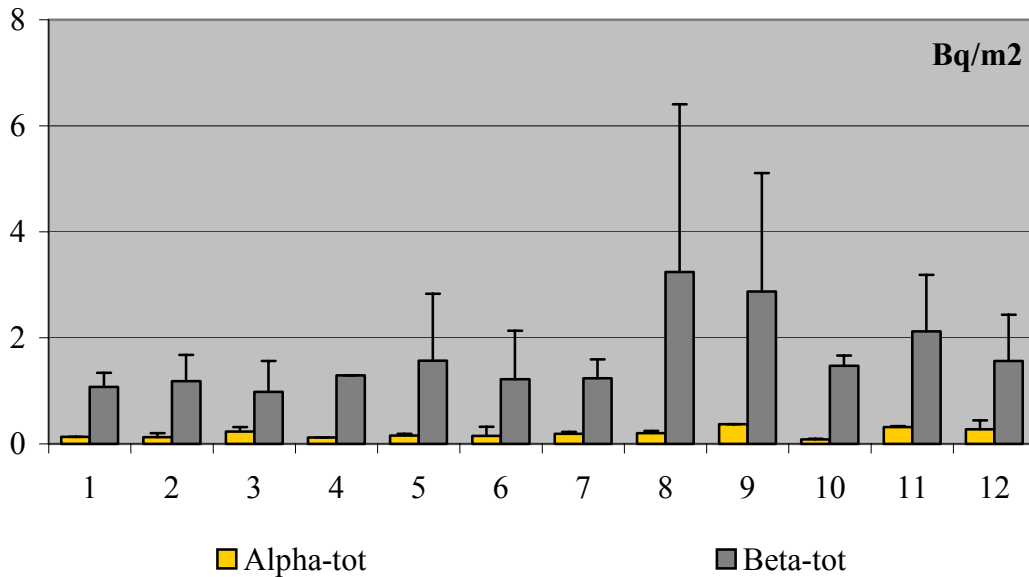
### Regenwater 1997 (bezinksel) \* : betatotalen



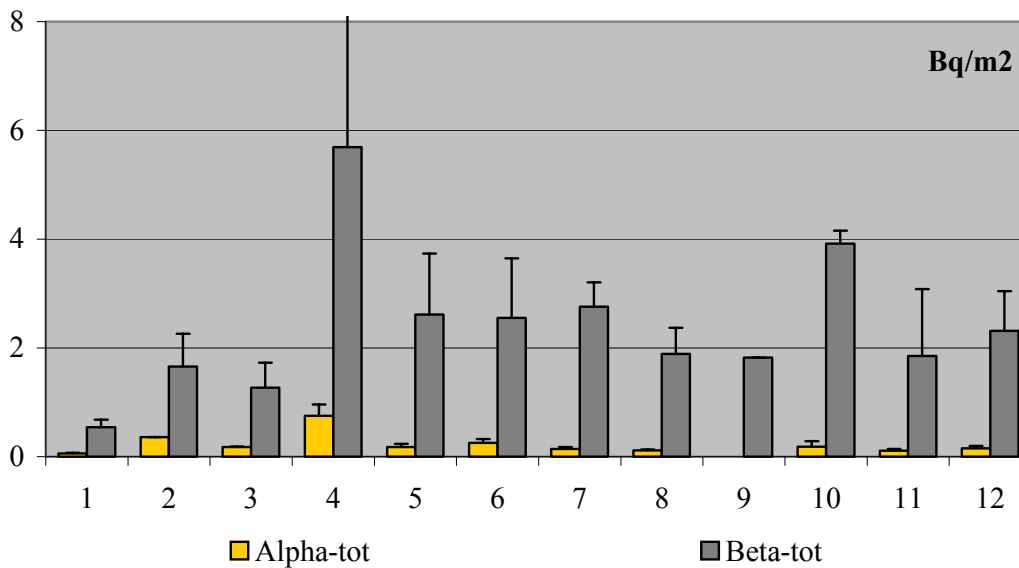
Het spreekt dus voor zich dat de gedetecteerde sporen van betastraling verklaard worden door de aanwezigheid van natuurlijke betastraling in dit water.

De resultaten verkregen *rond de nucleaire site van het SCK/CEN te Mol* gaan voornamelijk over de metingen voor alfastraling en betatotalen. Deze resultaten worden uitgedrukt in neergeslagen Bq, via de regen, per oppervlakte-eenheid (m<sup>2</sup>).

## Mol 1996



## Mol 1997



De detectiedrempels zijn respectievelijk 0,08-0,09 Bq/m<sup>2</sup> en 0,8-0,9 Bq/m<sup>2</sup> voor de  $\alpha$  en  $\beta$ -stralingen. Hoewel de verkregen waarden hoger liggen dan de detectiedrempels, blijven zij in absolute cijfers laag. De aanwezigheid van natuurlijke betastraling is verantwoordelijk voor een groot deel van de geregistreerde waarden voor deze familie van radio-elementen.

De metingen van de radioactiviteit in de lucht en de regen tonen de doeltreffendheid aan waarmee het detectienet van de atmosferische radioactiviteit enorm kleine hoeveelheden radioactiviteit kan detecteren dankzij de detectiedrempels waaraan de meettoestellen voldoen.

Dit aspect van de controle van de atmosferische radioactiviteit zou binnenkort ook ondersteund worden door de meetgegevens die continu afgeleverd worden door alle "lucht" bakens die op het grondgebied staan in het kader van het automatische opsporingsnet: TELERAD.

**Conclusies:**

- de natuurlijke radioactiviteit is de voornaamste verantwoordelijke van het -enorm lage - niveau van radioactieve besmetting van de atmosfeer,
- elk mogelijk ongevallenscenario buiten beschouwing gelaten, is de atmosferische invloed van de kerninstallaties op de atmosfeer en onrechtstreeks op het milieu altijd verwaarloosbaar en zelfs niet detecteerbaar.

## 4. RADIOACTIVITEIT IN DE BODEM

De radioactieve besmetting van de bodem wordt voornamelijk veroorzaakt door de neerslag van radioactieve deeltjes die aanwezig zijn in de atmosfeer (meestal geassocieerd met uiterst fijne deeltjes of aërosolen) via droge of natte neerslag (het uitlogen van de atmosfeer door de regen).

Normaal worden er eenmaal per jaar bodemstalen genomen en geanalyseerd. Bij buitengewone besmettingsgevallen (lekken van afvoerleidingen of bij afzetting van radioactief afval), worden er bijkomende stalen genomen. Hier en daar wordt de eventuele afzetting van radioactiviteit opgespoord door de staalname van gras.

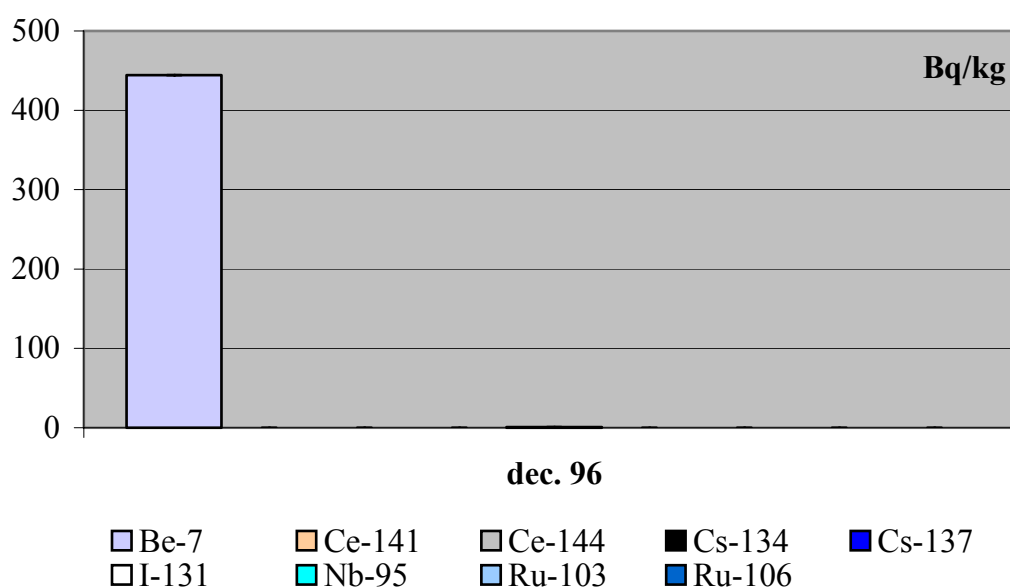
In de analyses gaat men op zoek naar gammastraling. De detectiedrempel kan variëren in functie van de hoeveelheid en de densiteit van de bodem waar stalen genomen werden, de gebruikte geometrie om metingen uit te voeren en het totale activiteitsniveau van het staal. De concentratie kalium 40 van de bodem volgt die van stabiel kalium (de  $^{40}\text{K}$  vormt 0,0119% van de totale kalium) die, in functie van de seizoenen, varieert van de ene tot de andere bodem. Als het grafisch mogelijk is, worden de meetfouten weergegeven in de staafdiagrammen.

Voor de **afzetting op het gras**, worden de controles uitgevoerd in de zone van **Dourbes** (ten westen van Chooz) en **Brussel**.

In **Dourbes** is enkel Be-7 – een natuurlijk kosmogonisch radio-element – zichtbaar. Op te merken valt dat de verkregen detectieniveaus uiterst laag zijn: 2-3 Bq/kg voor Ce-141, 6-8 Bq/kg voor Ce-144, 1 tot 1,5 Bq/kg voor Cs-134 en Cs-137, 2-3 Bq/kg voor I-131, 1,5 Bq/kg voor Nb-95 en Ru-103 en 8 Bq/kg voor Ru-106.

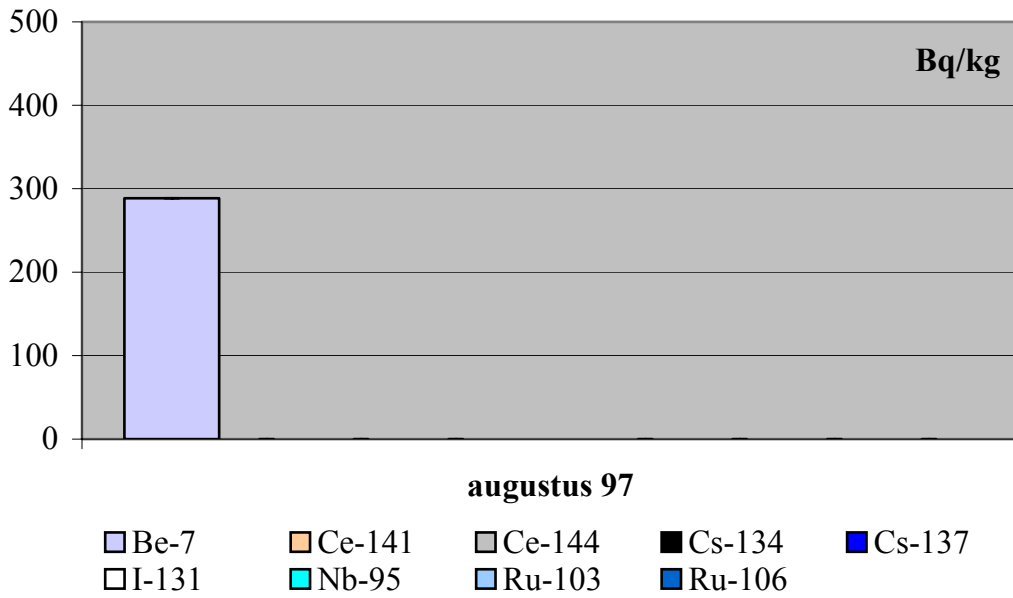
In 1996,

### Gras\*: DOURBES



In 1997,

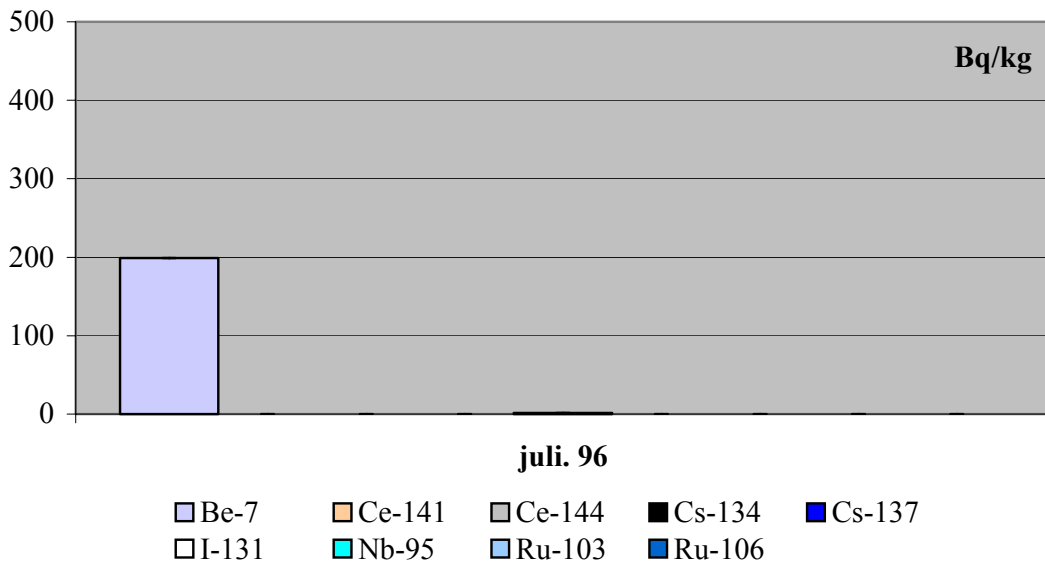
### Gras\*: DOORBES



In **Brussel** is net als in Dourbes enkel Be-7 detecteerbaar, wat de gegevens bevestigt inzake de controle van de atmosfeer (zwevende deeltjes in de lucht en het regenwater).

In 1996,

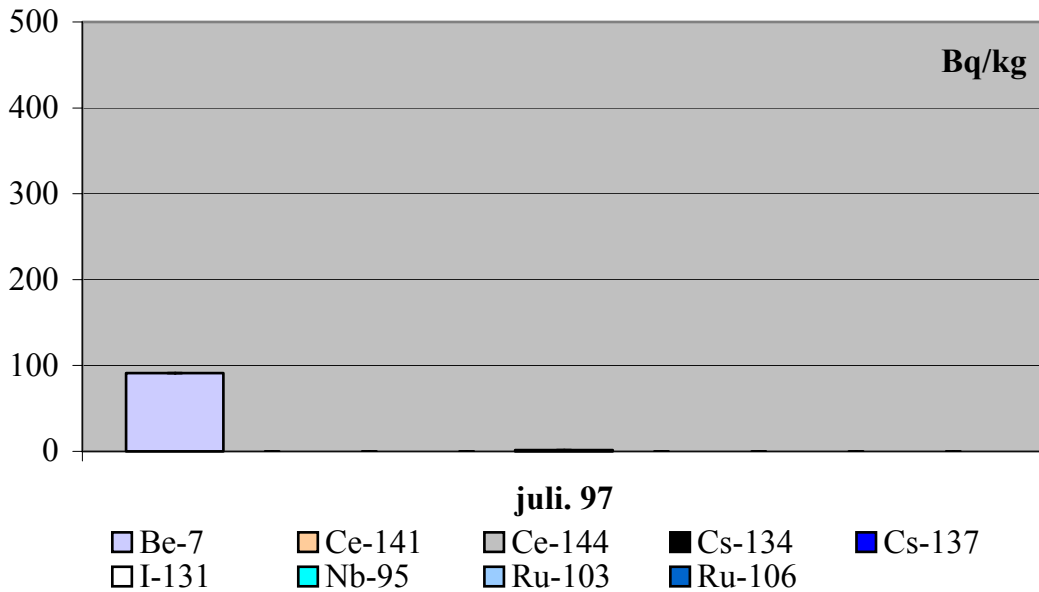
### Gras\*: BRUSSEL



In 1997,



### Gras\*: BRUSSEL

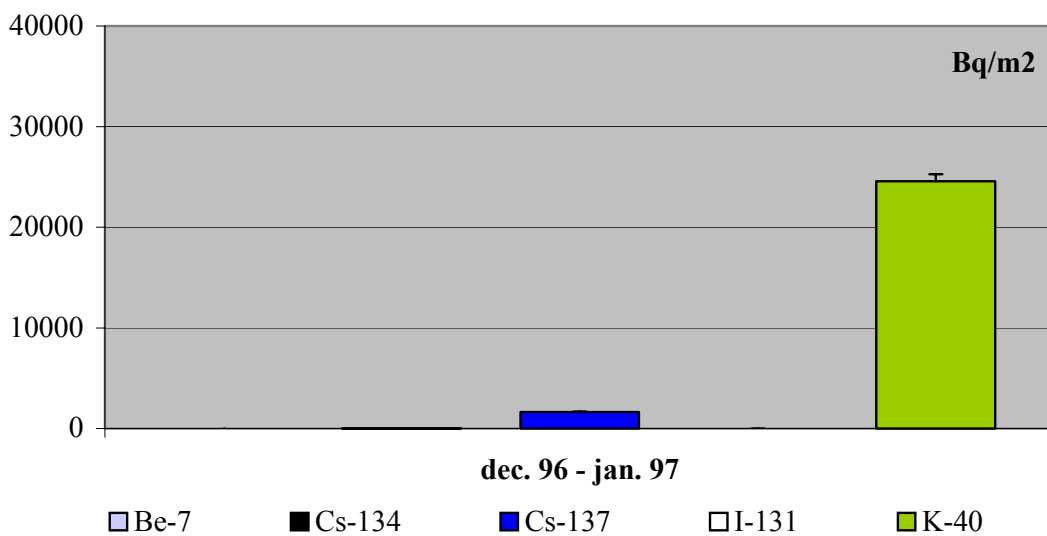


De bodemstalen van de **streek van Vielsalm** (gekozen als "controlegroep", een bosgebied ver van de agglomeraties en de nucleaire installaties) zijn "radiologisch" schoon.

Deze stalen werden genomen op een oppervlakte van 1 m<sup>2</sup> en een diepte van ongeveer 10 cm (dit stemt overeen met de organische en hemiororganische oppervlaktehorizonten, die bestaan uit organisch materiaal dat wordt afgebroken en min of meer gemengd is met minerale stoffen - waarop zich voornamelijk radiocesium afzet - die betrokken zijn bij het vasthouden van radio-elementen die neerslaan via atmosferische weg).

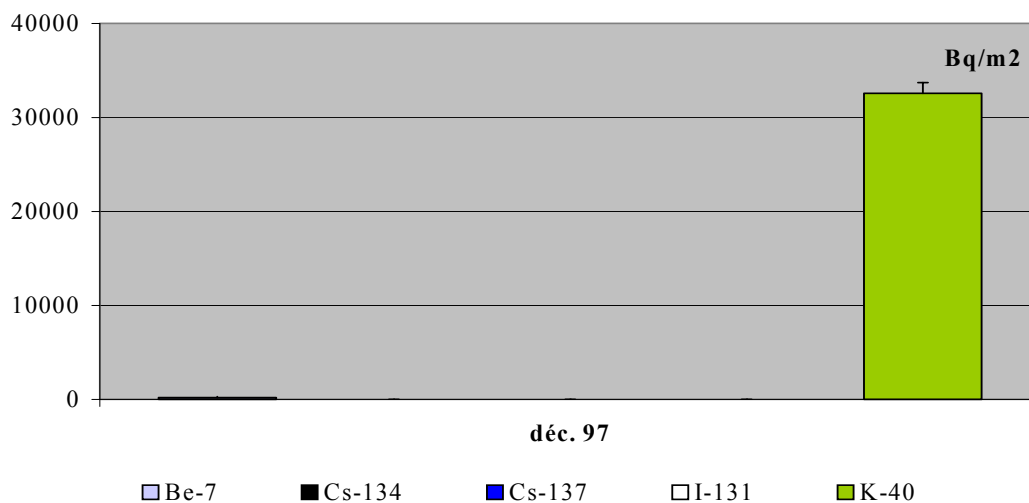
In 1996,

### Bodem\*: VIELSALM



In 1997,

### Bodem\*: VIELSALM

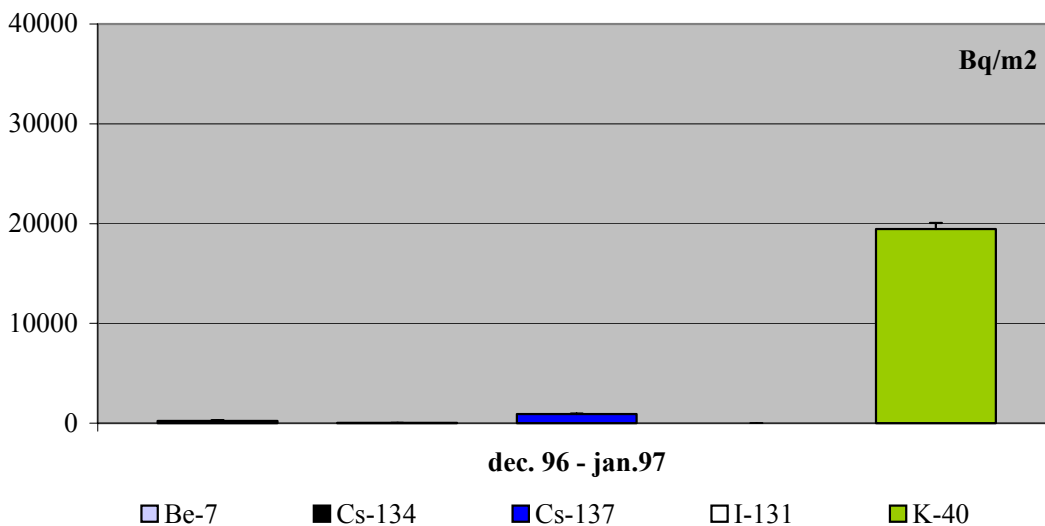


Er werden enkel sporen van Cs-137 (sporen van de neerslag van Tchernobyl) en Be-7 (natuurlijk kosmogeen) gedetecteerd en natuurlijk ook de aanwezigheid van kalium 40, allebei natuurlijke radio-elementen.

Ook voor de bodem uit de omgeving van **Chooz** (waar er mogelijke invloed is van de Franse kerncentrale van Chooz) verkreeg men dit soort resultaten. Ook daar komt enkel de natuurlijke radioactiviteit duidelijk tot uiting (kalium 40).

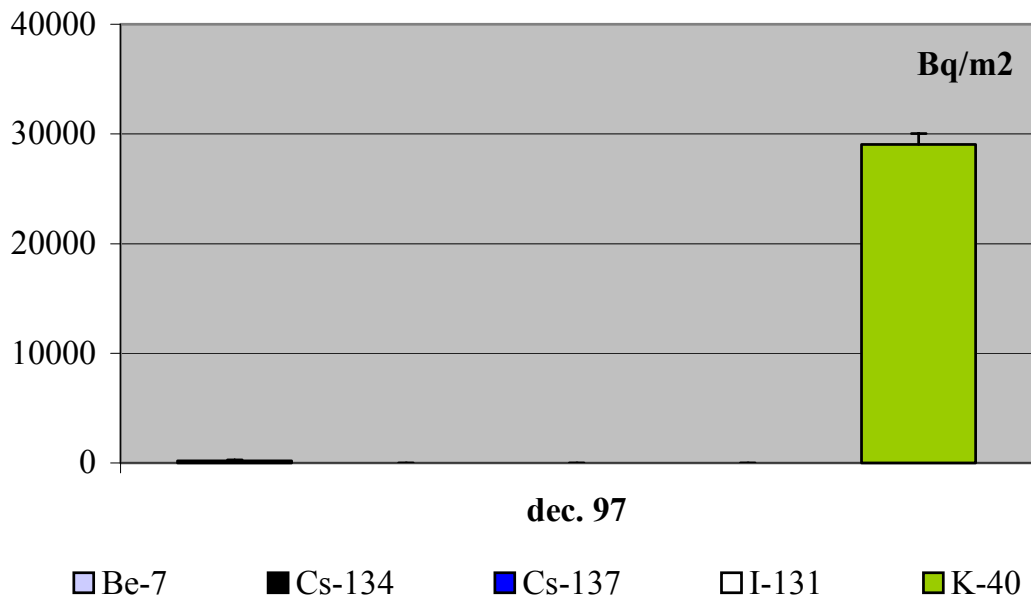
In 1996,

### Bodem\*: HASTIERE (CHOOZ)



In 1997,

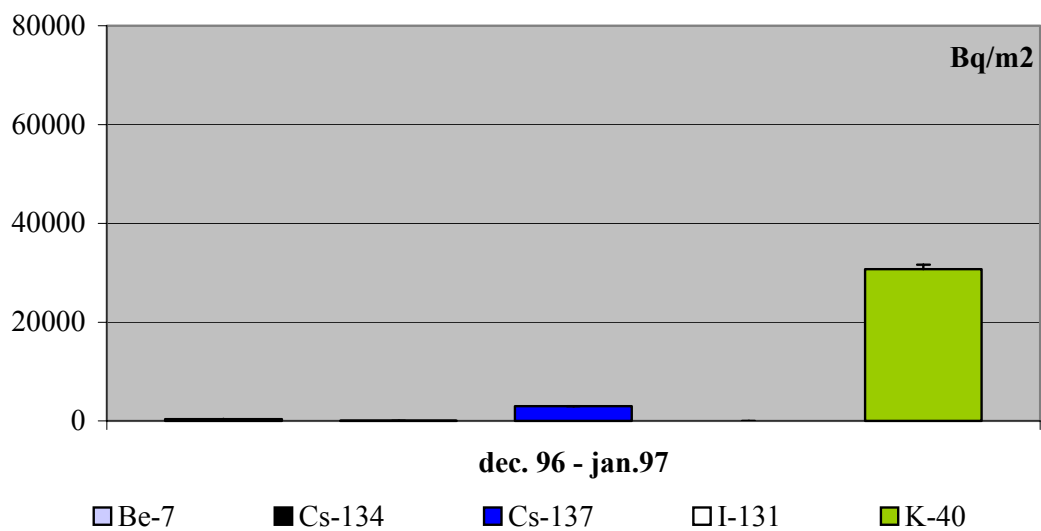
### Bodem\*: HASTIERE (CHOOZ)



Voor de bodem in **Tihange** geldt dezelfde opmerking.

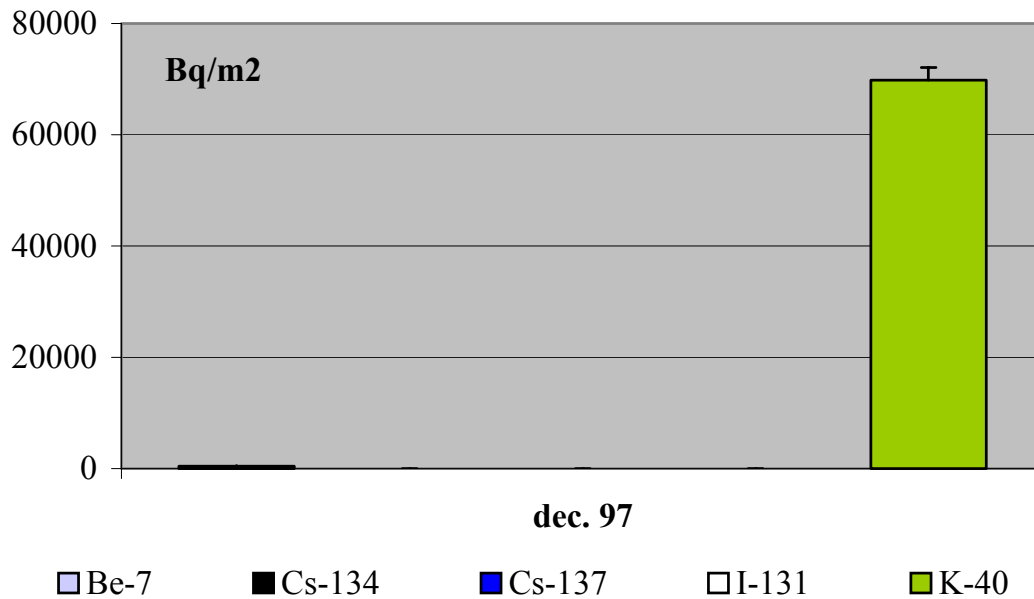
In 1996,

### Bodem\*: TIHANGE



In 1997,

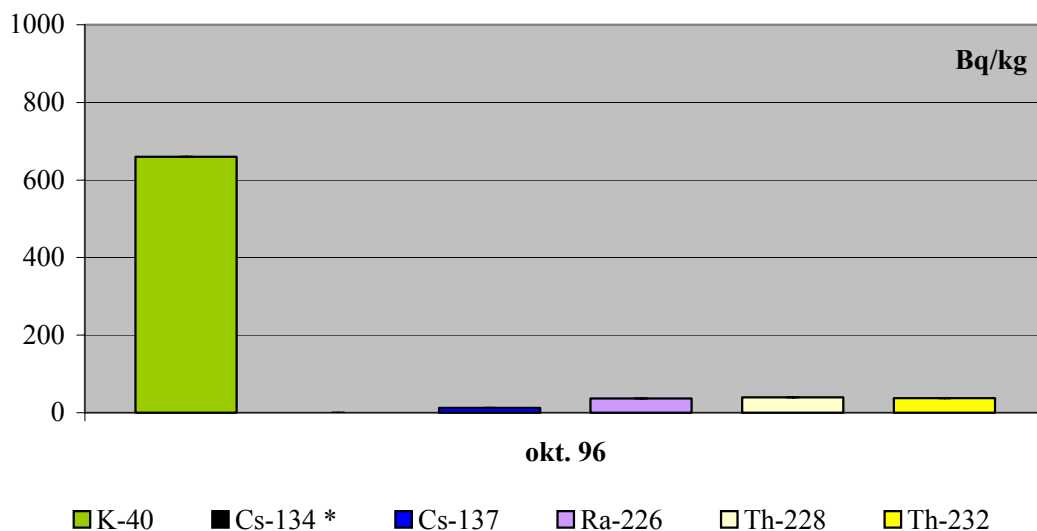
### Bodem\*: TIHANGE



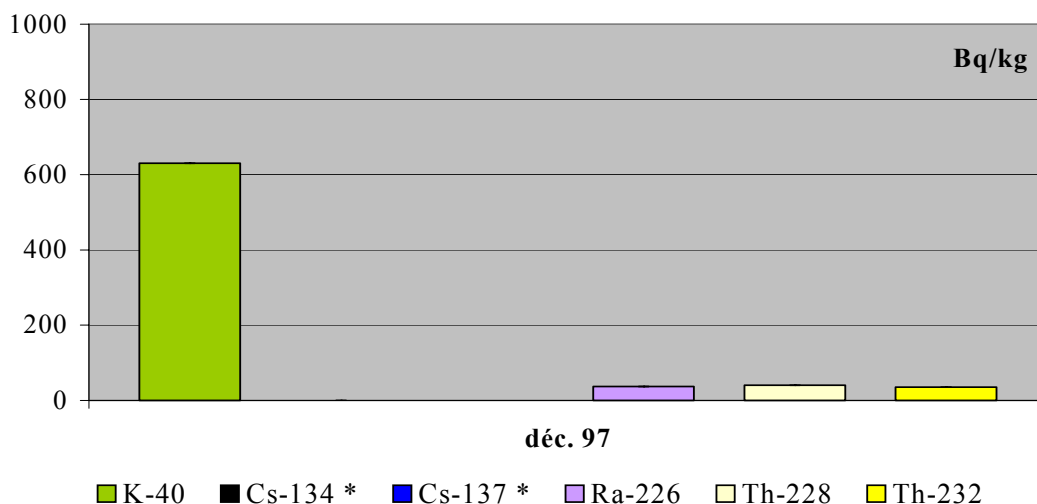
In de buurt van de **kerncentrale van Doel** is de radioactiviteit die vastgesteld werd in de gemeten stalen voornamelijk te wijten aan de natuurlijke radio-elementen (K, Ra, Th). Er zijn ook sporen van radiocesium aanwezig. Ook hier zijn de detectiedrempels heel laag:

1,7 tot 2,6 Bq/kg voor  $^{60}\text{Co}$ , 1 tot 2 Bq/kg voor  $^{137,134}\text{Cs}$ , 1 Bq/kg voor U en 1 tot 1,5 Bq/kg voor  $^{238,239}\text{Pu}$ , enz.

### Bodem: DOEL



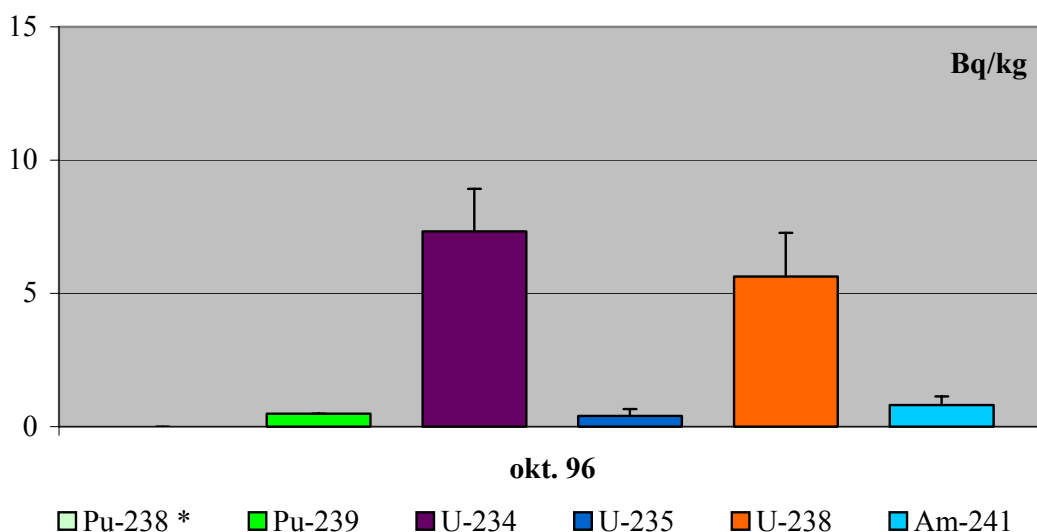
### Bodem: DOEL



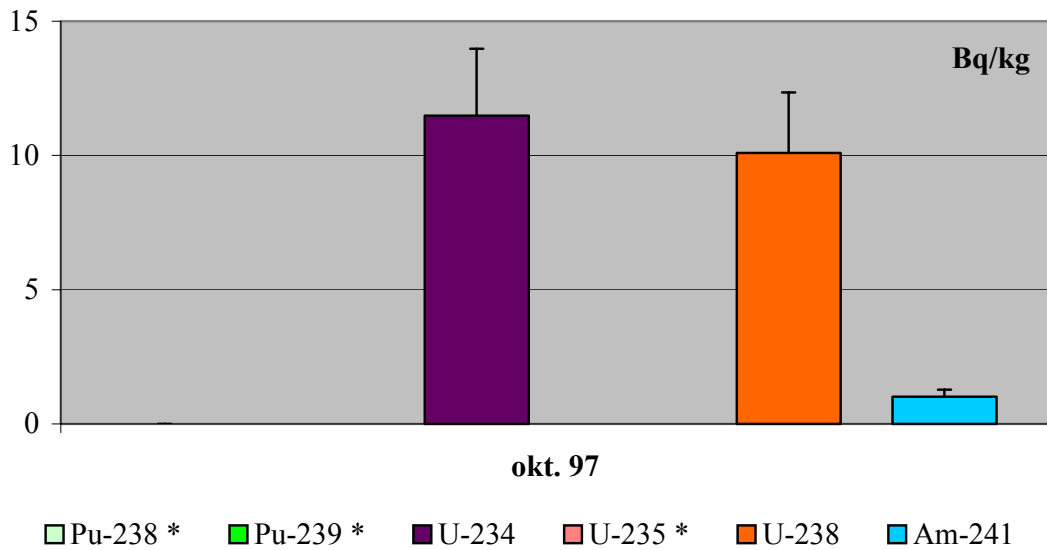
In de streek van **Dessel** vindt men in de bodem, naast de nauwelijks meetbare natuurlijke radioactiviteit (uranium), ook sporen van zware elementen terug die behoren tot de familie van americium en plutonium.

Dat kan enkel verklaard worden door de nabijheid van de installaties van de site, met name Belgoproces 1 (bestaande uit de Cilvafabrieken - verbrandingsoven voor vast afval, Pamela - fabriek voor het verglazen van hoog radioactief afval waar het hier niet over gaat, FBFC International – fabriek voor verrijkte splijtstof in <sup>235</sup>U en op dit ogenblik MOX, dat hier eigenlijk van weinig of geen belang is omdat het gaat om verwaarloosbare atmosferische neerslag in termen van activiteit) en Belgoproces 2 - de vroegere verwerkingszone van afval van het SCK/CEN en van Belgonucleaire, waar ook alfa-Pu straling in de neerslag werd vastgesteld.

### Bodem: DESSEL



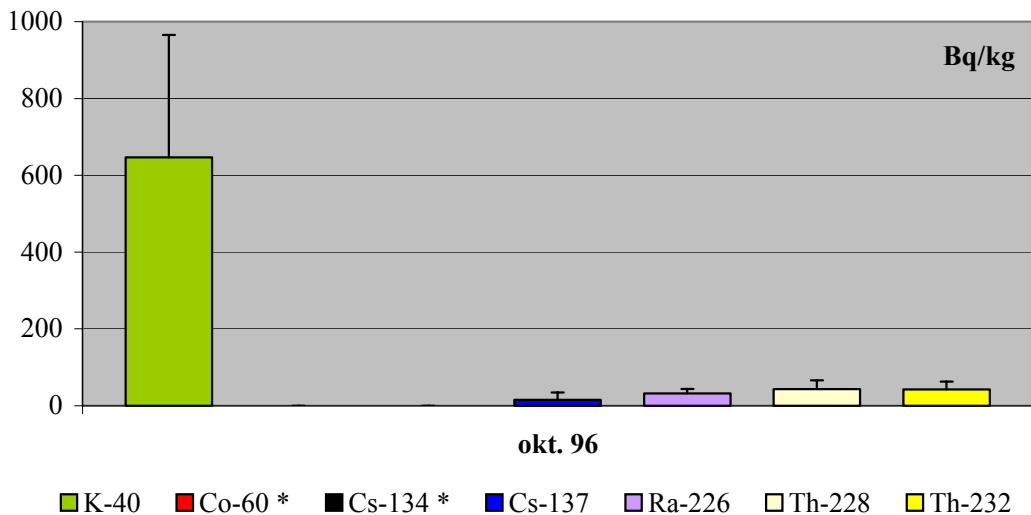
### Bodem: DESSEL



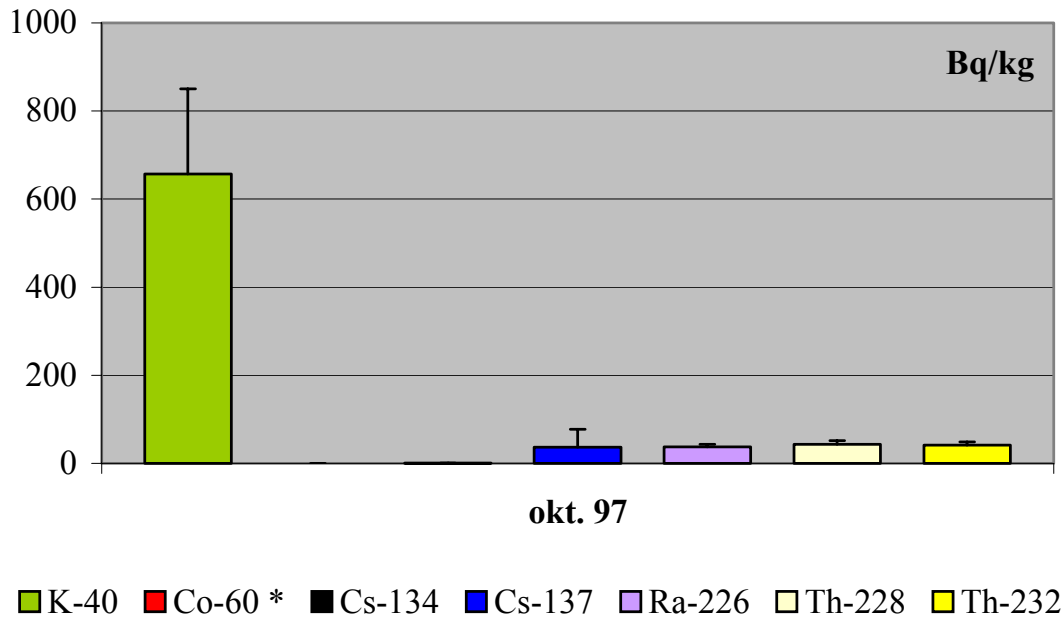
Op de **site van het SCK/CEN** stelt men, naast de natuurlijke radio-elementen (K, U en Th), ook sporen vast van cesium 137.

Toch moet men deze resultaten relativeren en opmerken dat de gemeten waarden, als zij al significant zijn, slechts een klein beetje hoger liggen dan de detectiedrempels van de meettoestellen.

### Bodem: SCK/CEN



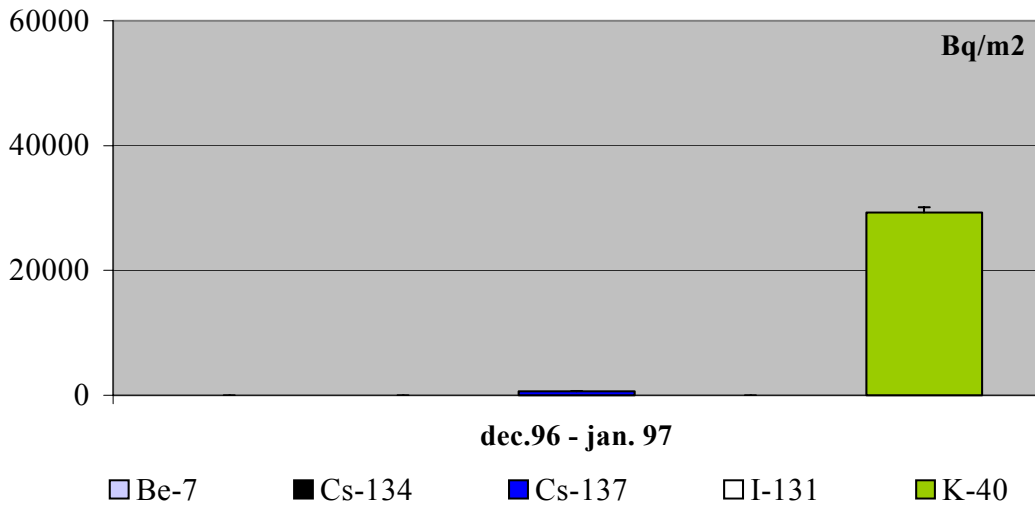
## Bodem: SCK/CEN



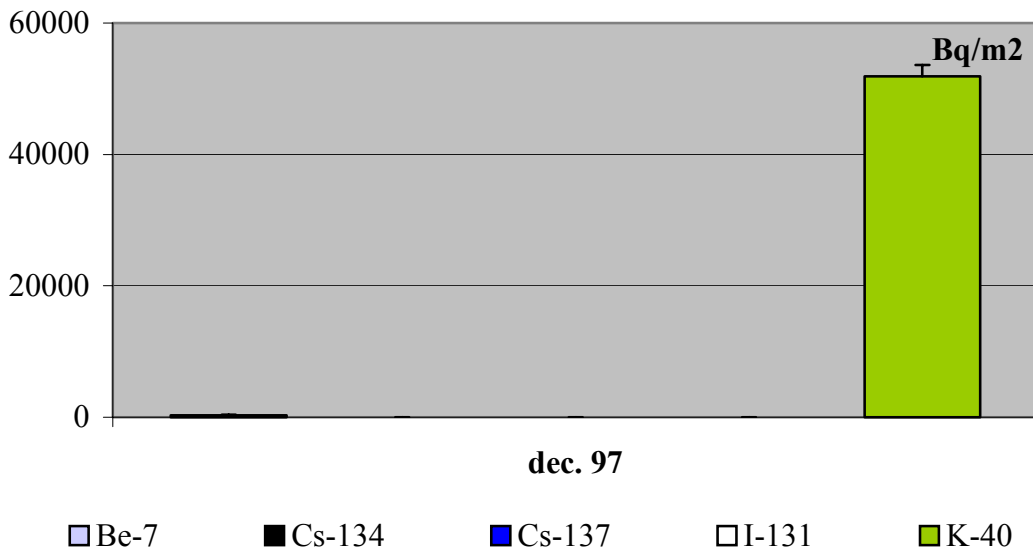
Algemeen blijkt uit de aanwezigheid van natuurlijke en kunstmatige radio-elementen dat de streek rond de stedelijke en industriële sites van Dessel – Mol – Tessenderlo en de waterlopen Laak – Winterbeek – Demer verder in het oog moet worden gehouden. Het zou trouwens goed zijn het huidige besmettingsniveau te evalueren (natuurlijke radio-elementen die artificieel afgezet zijn in het milieu en kunstmatige) en de eventueel meest getroffen zones in kaart te brengen om studies te kunnen opzetten aan de hand waarvan deze zones indien nodig kunnen worden hersteld.

In de omgeving van het **I.R.E.** te Fleurus kan enkel de natuurlijke radioactiviteit (Be-7 en vooral K-40) gemakkelijk worden vastgesteld. De meeste metingen blijven onder de detectiewaarden van de controletoeestellen (36 en 78 Bq/m<sup>2</sup> voor Cs-134 en Cs-137, 33 tot 39 Bq/m<sup>2</sup> voor I-131).

### Bodem\*: FLEURUS (IRE)



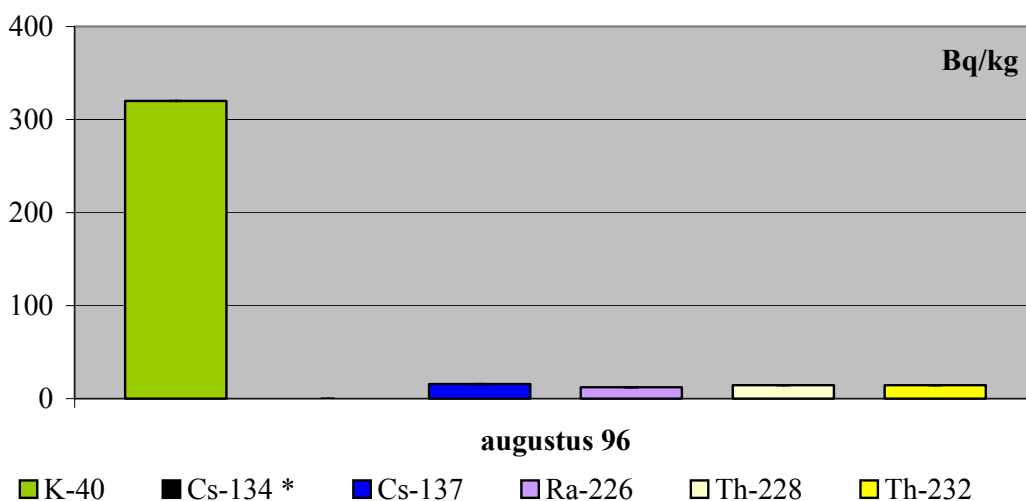
### Bodem\*: FLEURUS (IRE)



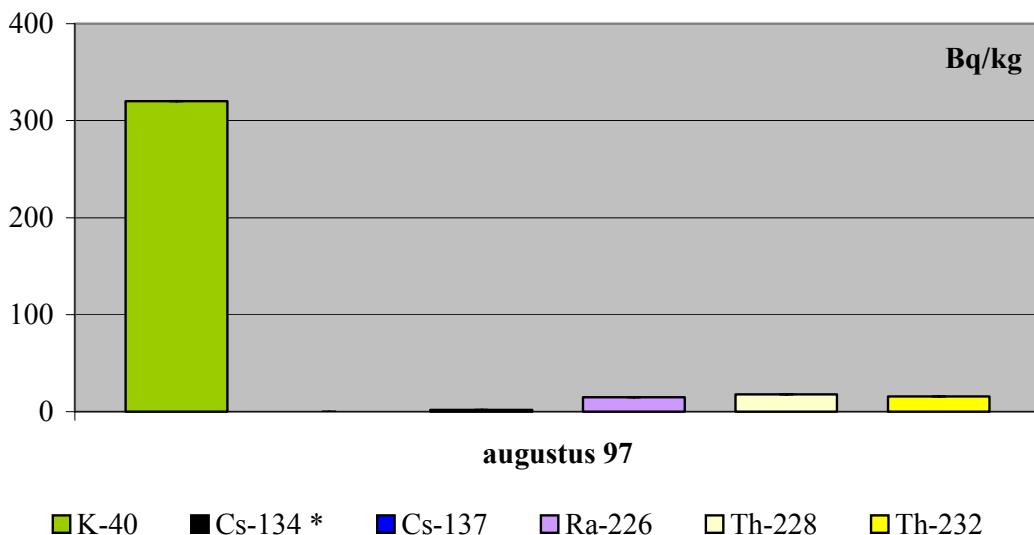
De bodem van de **kuststreek van Koksijde** bevat heel weinig radioactiviteit. Die is bovendien vooral van natuurlijke afkomst (K, Ra, Th). Men kan sporen van cesium 137 detecteren, maar de uitgevoerde metingen liggen slechts een klein beetje hoger dan de detectiedrempels.



### Bodem: KOKSIJDE



### Bodem: KOKSIJDE



### Conclusies:

De kerncentrales en het I.R.E. hebben geen meetbare impact op het milieu. De nucleaire installaties van de site te Dessel en het SCK/CEN hebben wel een meetbare impact, hoewel die beperkt is.

Die zwakke impact moet verder opgevolgd worden in het kader van een regelmatige routinecontrole. In vergelijking met de periode 91-95 lijkt het dat de kunstmatige radioactiviteit die door de installaties geproduceerd wordt, afneemt.

In de industriezones rond de sites van Mol, Dessel, Tessenderlo constateerde men een niet verwaarloosbare aanvoer van chemische vervuilers waarvan er enkele radioactief zijn, met name Ra-226 – een natuurlijk radio-element - dat geloosd wordt door de chemische meststofindustrie van Tessenderlo en daardoor geconcentreerd is in bepaalde zones. Een pluridisciplinaire aanpak lijkt vereist om zo de juiste omvang te bepalen van deze chemische vervuiling die in minder mate radioactief is. Daarvoor zouden studies uitgevoerd moeten

worden over de passage van deze vervuilers in het milieu (synergie tussen verontreinigende stoffen). Dat zou moeten leiden tot rehabilitatievoorstellen van de meest getroffen zones.

## 5. RADIOACTIVITEIT IN EEN VLOEIBARE OMGEVING

### 5.1. RADIOACTIVITEIT VAN HET WATER

#### 5.1.1. De Maas

De Maas is een belangrijke waterweg waarin radioactief afval zit, afkomstig van de Franse nucleaire site van Chooz, die van Tihange en via de Samber ook van het I.R.E. In deze twee rivieren komt ook het afval terecht van de ziekenhuizen en laboratoria die radio-elementen gebruiken in de grote agglomeraties zoals Namen, Hoei, Luik ...

Na reiniging wordt het water van de Maas gebruikt als drinkwater voor een groot deel van de Belgische en Nederlandse bevolking. Daarom zoekt men er dan ook de totale beta en alfaradioactiviteit en worden er ook gammaspectrometries uitgevoerd.

Deze controles zullen in de toekomst nog actueler zijn doordat de nieuwe Europese richtlijn 98/83/CE inzake de waterkwaliteit van drinkbaar water, van de Raad van 3 november 1998 in werking treedt. De technische bijlagen over radioactiviteit zouden vastgesteld moeten worden in de loop van 2000.

Om het fixatiepotentieel van radioactiviteit van zwevende deeltjes en fijne sedimentsdeeltjes te evalueren, worden analyses uitgevoerd op gefilterd en niet gefilterd water. De sedimenten (afgezet in de rivierbedding en in de buurt van de bermen) die een belangrijk onderdeel vormen voor het vastzetten van radio-elementen worden afzonderlijk gemeten.

De afname- en controlepunten van de radioactiviteit van het water werden dusdanig gekozen dat men de invloed van de nucleaire installaties langs de Maas kon meten:

- de site van Hastière waar men het afval van de Franse kerncentrale van Chooz vindt,
- de site van Hoei, waar ook de afval van de Samber en van het Nationaal Instituut voor Radio-elementen van Fleurus (I.R.E.) en de afval afkomstig van de ziekenhuizen van de agglomeratie Namen al in de Maas terecht gekomen is,
- de site van Ampsin, stroomafwaarts van de kerncentrale van Tihange; door vergelijking met de gegevens van Hoei kan men zo de invloed van het vloeibare afval van Tihange op de Maas meten,
- de site van Monsin, stroomafwaarts van Luik, waar het afval van de Luikse ziekenhuizen al geloosd is,
- de site van Lanaye waar het Belgische afval aan de Duitse grens geloosd wordt.

Uit de resultaten blijkt dat men geen significante activiteit aan totale betastraling ( $< 0,15$  Bq/liter) ontdekt voor jodium 131 ( $< 0,25$  Bq/liter) en radiocesium ( $< 0,2$  Bq/liter). Ook kalium 40 blijft onder de detectiegrenzen ( $< 4$  Bq/liter).

Enkel tritium wordt routinematig ontdekt en dat vooral in de stations stroomafwaarts van het I.R.E. en de centrale van Tihange (Hoei, Ampsin en Monsin): ongeveer 4 tot 8 Bq/liter te Hastière en Hoei, 20 tot 30 Bq/liter te Ampsin en ongeveer 15 Bq/liter te Monsin.

Uit de gegevens voor tritium blijkt dat er seizoensgebonden schommelingen optreden. Zij zijn reeds zichtbaar te Hastière en duidelijker vanaf Hoei: verhoging van de concentraties in de zomer en het begin van de herfst, wat samenhangt met een lager stroomdebiet in deze periode.

In dat verband werden in augustus 1996 (van 5 tot 25) gemiddelde wekelijkse waarden opgetekend van 112 en 74 Bq/liter te Ampsin, vlak voorbij de kerncentrale van Tihange en in september 1997 (van 15 tot 28) gemiddelde waarden van 106 Bq/liter te Ampsin en 93 Bq/liter te Monsin.

Deze relatieve stijging van de radiologische activiteitswaarde van tritium in het water van de Maas moet enerzijds in verband gebracht worden met de grotere hoeveelheid vloeibaar afval van de centrale in die periode van het jaar (de afval bedraagt dan 4 tot 5 % van de maximale limiet in plaats van 1 tot 3 % gewoonlijk) en anderzijds met een lager debiet van de rivier gedurende deze zomerperiode waardoor de concentratie hoger ligt.

Toch blijven de gehalten tritium in absolute cijfers heel laag en hoewel het gaat om ongezuiverd water dat niet drinkbaar is, blijven zij ver beneden de jongste aanbevelingen van de W.G.O. waarin de soortelijke activiteiten van de verschillende radio-elementen in drinkbaar water bepaald worden.

De weerhouden niveaus zouden leiden tot een dosis aan de bevolking van 0,1 mSv, of 1/50ste van de maximale blootstellingsdosis die nu van kracht is of 1/10de van de toekomstige dosis voor de bevolking (die binnenkort zal gebracht worden op 1 mSv/jaar), en dat bij een dagelijkse opnamehoeveelheid van 2 liter water. In deze aanbevelingen staan de volgende soortelijke activiteitsniveaus:

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

Op Europees niveau werd in 1998 een richtlijn gepubliceerd in verband met de waterkwaliteit voor menselijke consumptie (Richtlijn 98/83/CE van de Raad van 3 november 1998). Die behandelt ook het radiologische aspect van het water, zij op een conservatievere wijze. Er worden twee parametrische waarden vermeld: de ene inzake *tritium* met een meer restrictieve dosis dan de dosis die de WHO weerhoudt: *100 Bq/liter* en een dosiswaarde - *totale aangewezen dosis* van *0,1 mSv/jaar*.

Op het ogenblik dat dit verslag werd opgesteld, worden de technische bijlagen voor het bepalen van de berekeningsmethoden van deze tweede parametrische waarde (totale aangewezen dosis), de keuze van de radio-elementen en de maximale aanvaardbare waarden nog verder afgewerkt.

Men lijkt te gaan in de richting van "screeningwaarden" van 0,1 Bq/liter voor alfatotalen en 1 Bq/liter betatotalen. Op basis van die waarden kan men het water snel "sorteren" via een controle van de totale alfa en betaradioactiviteit. Indien deze waarden overschreden worden moet men controleren of de natuurlijke radioactiviteit niet verantwoordelijk is voor de gemeten waarden. In het tegenovergestelde geval zou een maximaal aantal radio-elementen

moeten worden geanalyseerd en zou men zo de totale aangewezen dosis moeten berekenen om ze te kunnen vergelijken met de parametrische waarde van 0,1 mSv/jaar.

Toch blijkt duidelijk dat het ongezuiverde water van de Maas, dat als dusdanig niet aanbevolen is voor menselijke consumptie, deze parametrische waarde van 100 Bq/liter tritium respecteert.

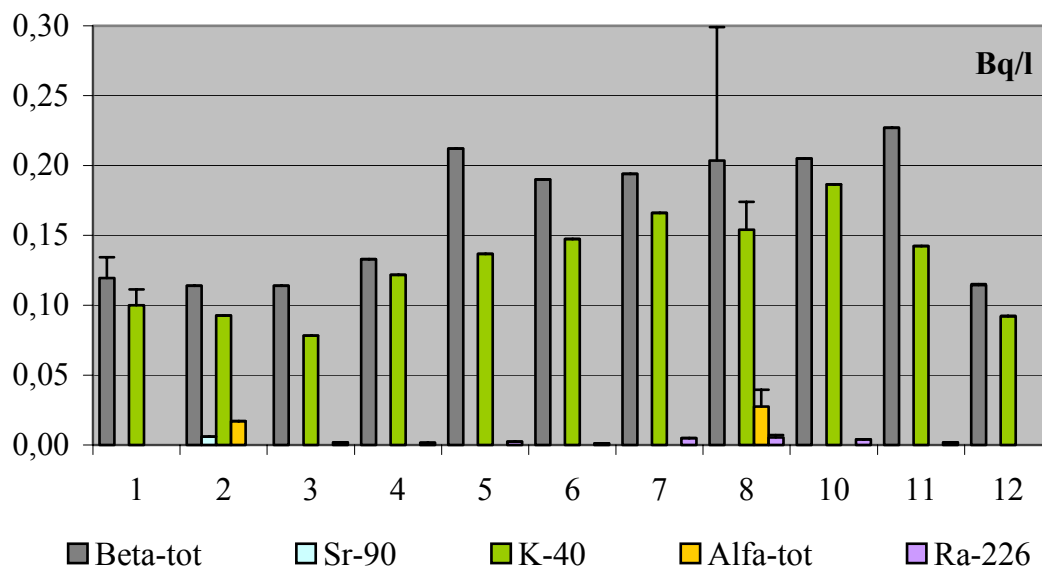
De invloed van Chooz te **Hastière** is met moeite "zichtbaar" voor tritium en de impact ervan is verwaarloosbaar vanuit het standpunt van de bescherming van de bevolking tegen radioactiviteit. De gegevens voor **Hoei** bevestigen de analyse voor de site van Hastière: de tritiumniveaus stijgen licht, de invloed van het IRE blijft verwaarloosbaar.

Bij vergelijking met de vorige metingen is de bijdrage van de nucleaire site van Tihange te **Ampsin** (aanvoer van tritium) net stroomafwaarts van de centrale van Ampsin detecteerbaar. Merk op dat de verhoging van de tritiumgehalten weinig duidelijk is, wat een zwakke invloed van de centrale aangeeft.

Dezelfde commentaar kan gegeven worden voor **Monsin**: de invloed van de Luikse agglomeratie wordt bij die van Tihange gevoegd. Tritium is nog steeds detecteerbaar en de concentratie ervan is ongeveer gelijk. Er worden geen radiologische problemen gesignaleerd.

Wat Lanaye betreft: de volgende grafieken illustreren de situatie van de twee bestudeerde jaren:

### Water van de Maas 1996 : Lanaye

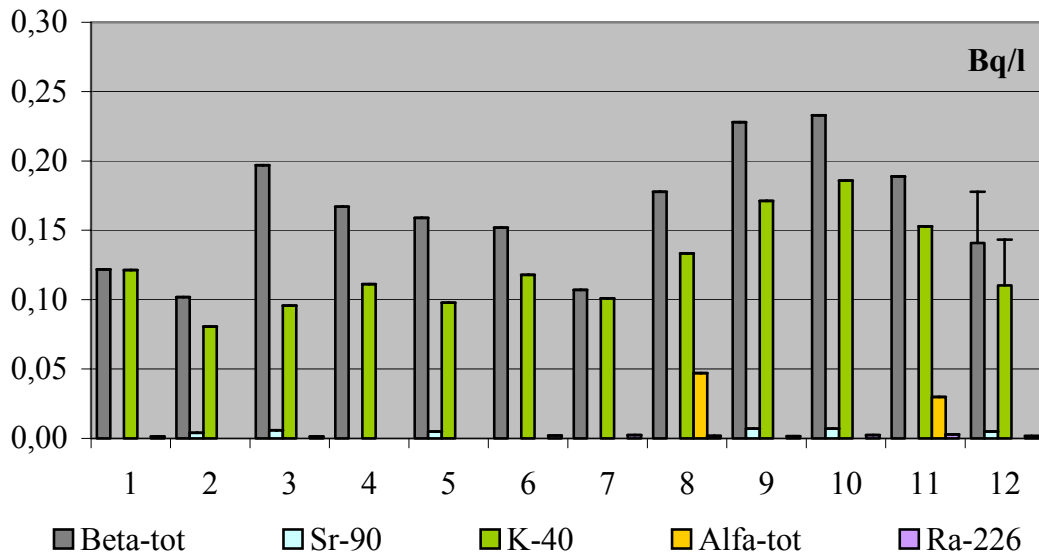


Zoals blijkt uit de twee grafieken van 96 en 97, wordt het grootste deel van de radioactiviteit aan betatotalen verklaard door de aanwezigheid van K-40. Deze betaradioactiviteit is dus voornamelijk van natuurlijke oorsprong. De sporen van Sr-90 en totale alfastraling (en Ra-226) worden niet verklaard door het afval afkomstig van de centrale van Tihange (opnieuw vloeibaar worden vanaf de sedimenten?).

Ook als dat water rechtstreeks bestemd zou zijn voor menselijke consumptie, zou het zonder enige behandeling reeds voldoen aan de criteria van de nieuwe Europese richtlijn

inzake radioactiviteit. Daarbij komt dat de totale aangewezen dosis (waarvan de maximale waarde 0,1 mSv bedraagt) geen rekening houdt met K-40, radon en de vervalproducten die natuurlijk ook meetellen voor de totale hoeveelheid gemeten betastraling.

### Water van de Maas 1997: Lanaye



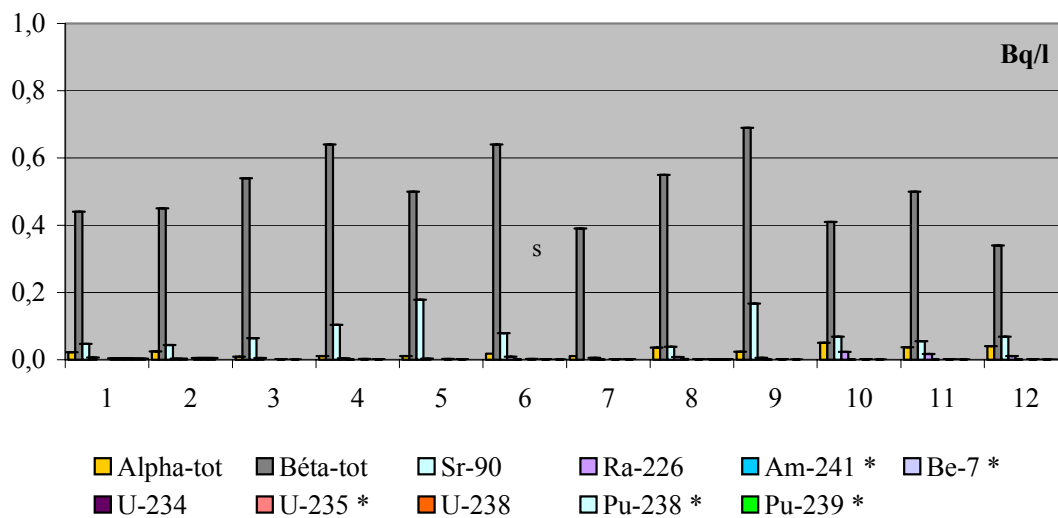
### 5.1.2 De Schelde

In de Schelde komt niet enkel het radioactief afval terecht van de kerncentrale van Doel en het SCK te Mol (via de Molsse Nete, een bijrivier van de Grote Nete), maar ook  $^{226}\text{Ra}$  dat samenhangt met het industriële afval van het Netebekken (Fabrieken van Kwaadmechelen en Tessenderlo op de Grote Laak).

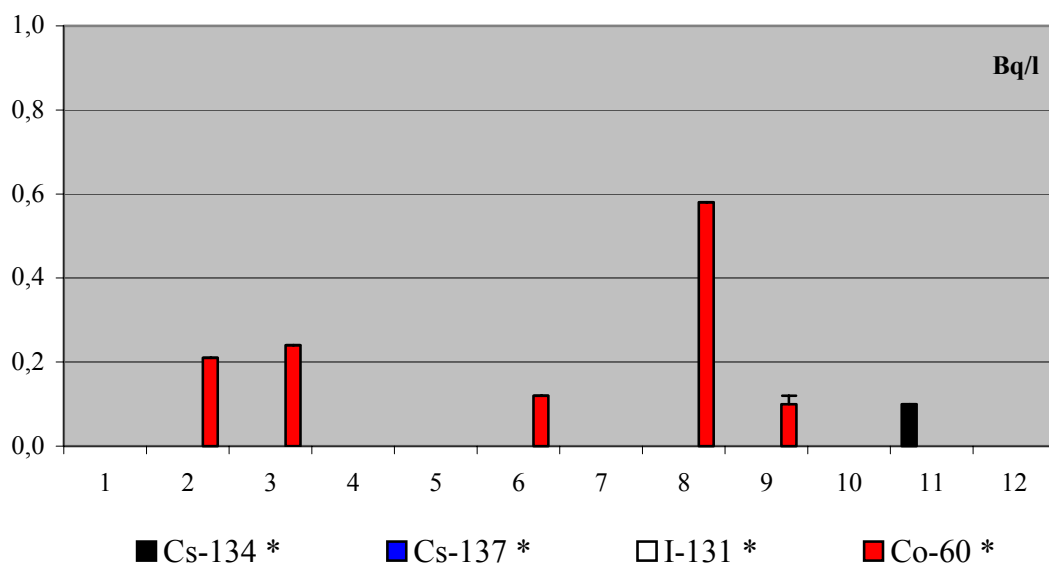
In de **Molsse Nete**, dat reeds het vloeibare afval van de site van Mol bevat, vindt men een reeks radio-elementen. Zij staan in de volgende grafieken:

In 1996:

**Water van de Molsse Nete 1996: Geel**



**Water van de Molsse Nete 1996: Geel**

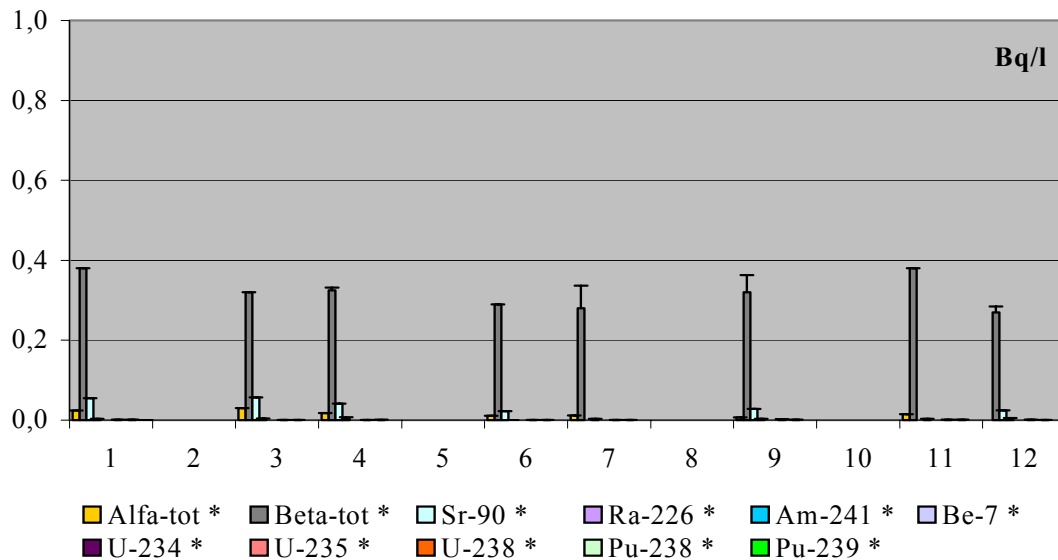


Ook betastraling - behalve tritium - (waaronder  $^{90}\text{Sr}$ ) en  $^{60}\text{Co}$  wordt gedetecteerd: respectievelijk minder dan 0,8 Bq/liter en 0,6 Bq/liter. Er zijn nog sporen van alfastraling

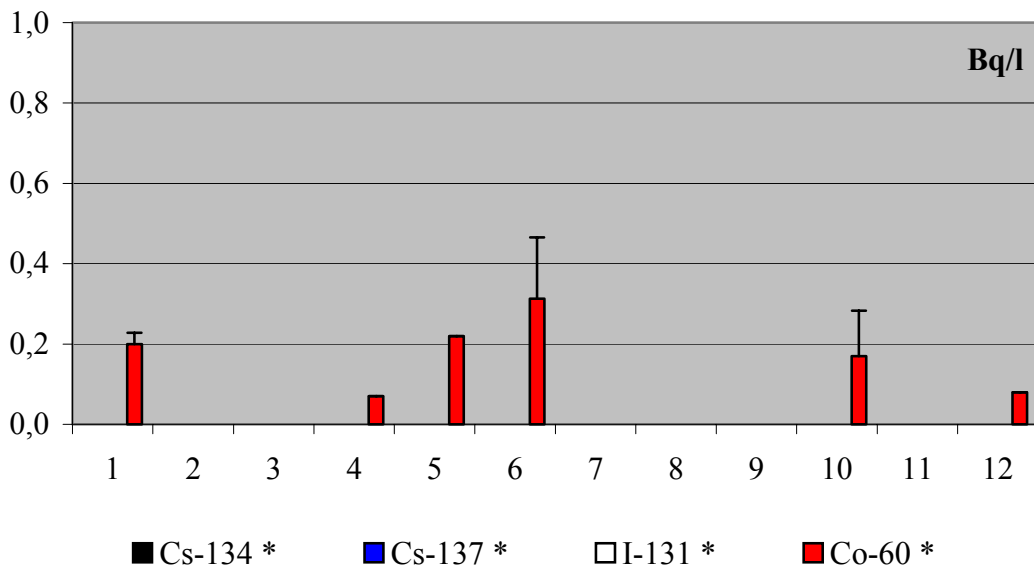
meetbaar: sommigen zijn van natuurlijke oorsprong: Ra-226, U-234/235 en U-238, andere zijn kunstmatig. Het gaat om zwaardere elementen dan uranium zoals Pu-238/239/240 en Am-241. Zij komen in het milieu terecht via activiteiten in verband met de productie van brandstoffen (natuurlijk), die van centra voor nucleair onderzoek en de activiteit van de kernreactoren (kunstmatig).

In 1997:

### Water van de Molse Nete 1997: Geel



### Water van de Molse Nete 1997: Geel



De niveaus van de activiteiten van alfa en betastraling lijken aanzienlijk te verminderen.

Algemeen moet opgemerkt worden dat het activiteitsniveau van de radio-elementen met alfastraling lager ligt dan 0,003 Bq/liter (enkel Ra-226 bereikt soms de drempel van 0,01 Bq/l), de alfatotalen zijn lager dan 0,03 Bq/liter.

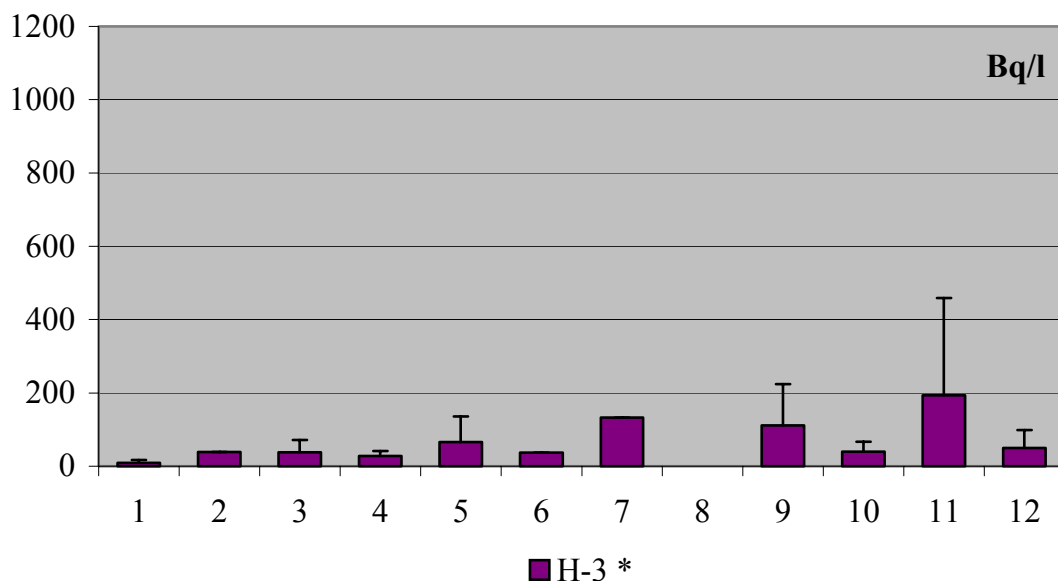


Deze aanvoer is afkomstig van het afval van de installatie Belgoprocess 2 (vroegere installatie voor de behandeling van vloeibaar afval van SCK/CEN). Dat complex waarin al het vloeibaar afval van de andere nucleaire installaties van de site wordt samengebracht, kan afvalwater lozen in de Molse Nete a rato van 166 GBq/maand alfa, beta en gamma radioactiviteit op basis van 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 Molse Nete.

Wat de afval van tritium betreft zijn de gehalten hoger: zij zijn ongeveer in de grootte van de parametrische waarde van 100 Bq/l zoals vastgesteld in de Europese richtlijn voor drinkwater.

### Water van de Molse Nete 1996: Geel

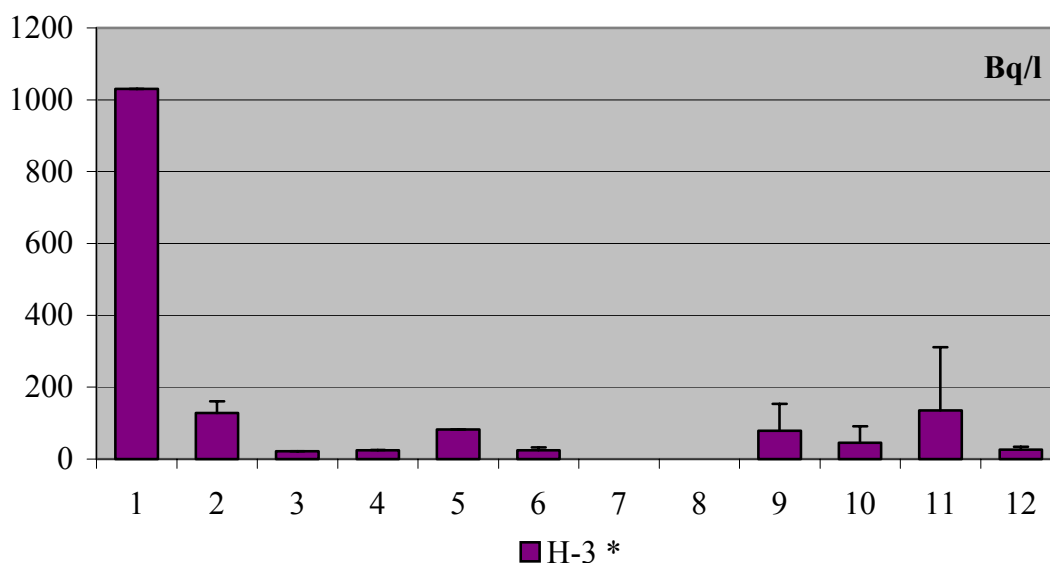


In januari 1997, noteert men een belangrijke tritiumpiek, de waarden vallen dan terug tot hun "basisniveau" in de orde van honderd Bq/liter.

Uit deze opmerking blijkt dat het tritiumafval in deze waterweg niet verwaarloosbaar is en dus onafgebroken gecontroleerd moet worden. De ecologische situatie van deze rivier is problematisch vanuit het standpunt van de chemische besmetting over het algemeen. Uit radiologisch standpunt constateert men extreem hoge waarden voor radiologische elementen in dit water: dat is het resultaat van de nucleaire activiteit op de site waarbij de lozingsgrenzen die vastgesteld werden wel gerespecteerd worden.

Men moet deze vaststelling afwegen en constateren dat dit water als dusdanig niet geschikt is voor menselijke consumptie. Het loopt echter door landbouwgebieden die zo plaatselijk kunnen besmet worden (bermen, plaatsen waar baggerspecie opgeslagen wordt, enz.) Het zou passen om de aanvoer van chemisch en radioactief verontreinigende stoffen in de toekomst te verminderen.

### Water van de Molse Nete 1997: Geel

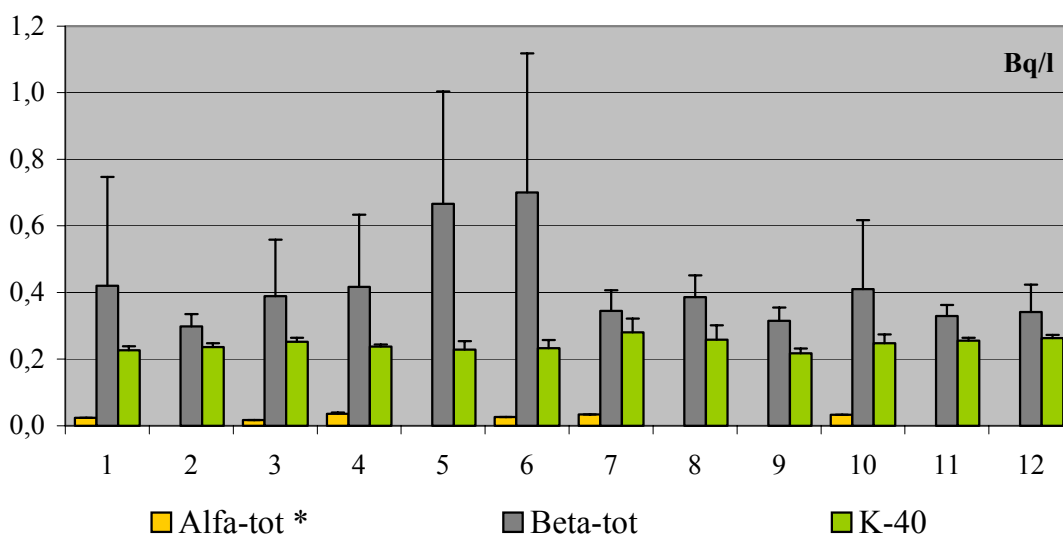


De auteurs van dit rapport bevelen aan dat er studies over de chemische en radiologische invloed in deze streek uitgevoerd zouden worden om de besmette zones te bepalen en een strategie uit te werken die toegepast moet worden om een meer aanvaardbare radio(ecologische) situatie te herstellen.

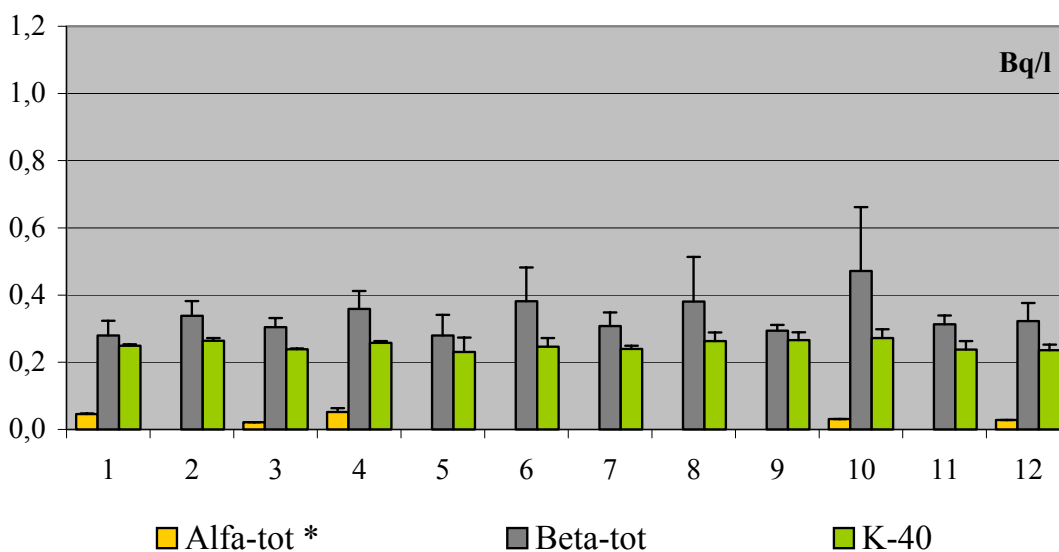
Meer stroomafwaarts op de **Grote Nete**, dicht tegen Oosterlo, detecteert men nog altijd betastraling: de activiteitsniveaus van de totale betastraling zijn over het algemeen lager dan 0,5 Bq/liter in 1996 en 0,4 Bq/liter in 1997. Deze waarden liggen in dezelfde orde van grootte als die van kalium 40 (natuurlijk).

Er zijn ook nog sporen ontdekt van totale alfastraling.

### Water van de Grote Nete 1996: Oosterlo



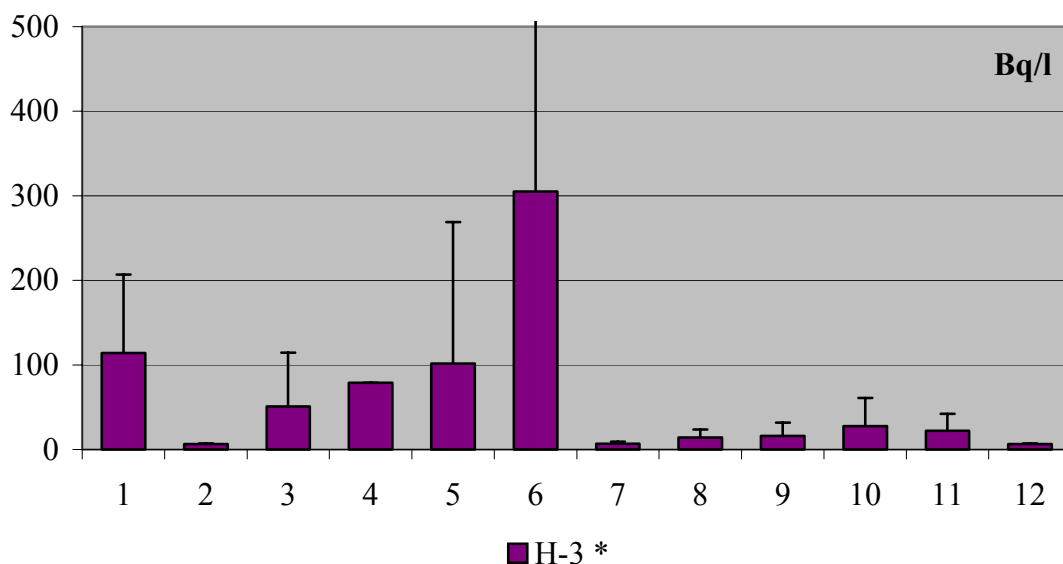
### Water van de Grote Nete 1997: Oosterlo



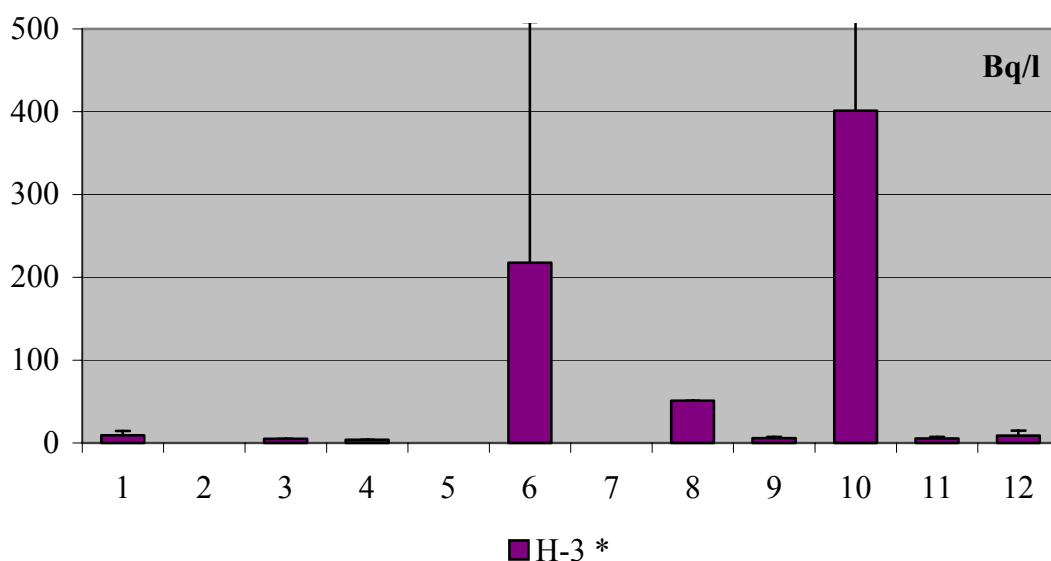
Tritium is altijd aanwezig in hogere concentraties zoals voor de Molse Nete.

In 1996 stelt men een vermindering vast van de waarden vanaf het tweede semester (dilutie-effect?). Dat lijkt zich te handhaven in 1997 behalve enkele concentratiepieken in juni en oktober. Het is onmogelijk om deze variaties te correleren met de geregistreerde waarden in de Molse Nete in dezelfde periode. Deze waterwegen slikken enorme hoeveelheden afvalwater van industriële oorsprong, iets wat het waterregime van deze rivieren duidelijk beïnvloedt en een rol speelt bij de dilutiefenomenen en dus bij de gerapporteerde metingen per eenheidsvolume (Bq/liter).

### Water van de Grote Nete 1996: H-3



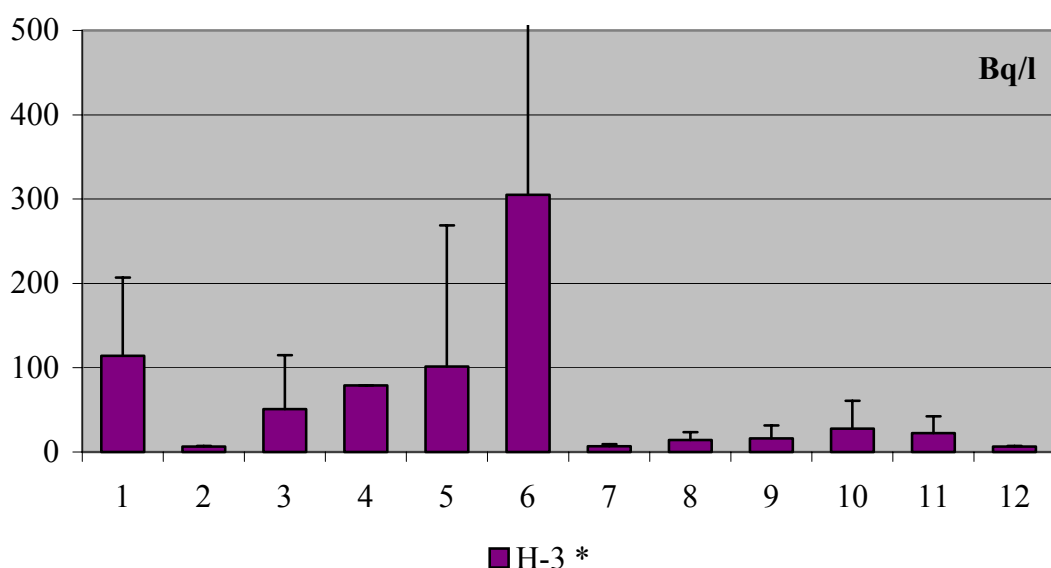
### Water van de Grote Nete 1997: H-3



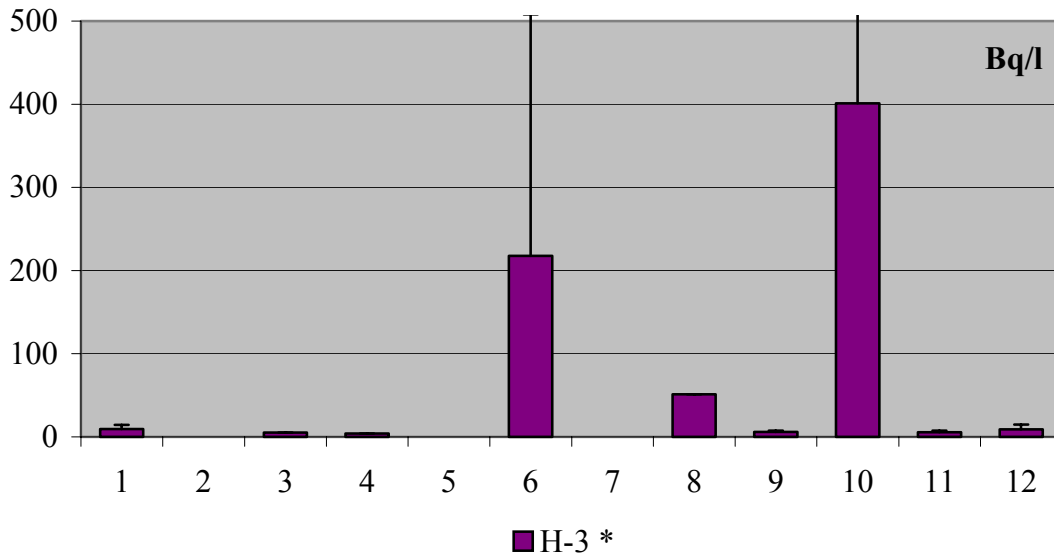
Wat betreft de **Grote Laak**, waar het afvalwater van de industriële site van Tessenderlo in terecht komt, stelt men voornamelijk alfa- en betastraling vast.

Vanaf 1994, noteerde men een dalende trend voor de waarden van alfastraling, waaronder radium 226. Voor de jaren 1996 en 1997 bevestigen de bereikte niveaus de trend die toen geregistreerd werd. Ter herinnering, deze vermindering is te wijten aan een wijziging van de verwerkingsprocédés van de afval van de installaties voor de productie van gefosfateerde producten van Tessenderlo. De kalium-40-waarden (natuurlijk) verklaren grotendeels de geregistreerde activiteit in betatotalen in dat water.

### Water van de Grote Nete 1996: H-3



### Water van de Grote Nete 1997: H-3

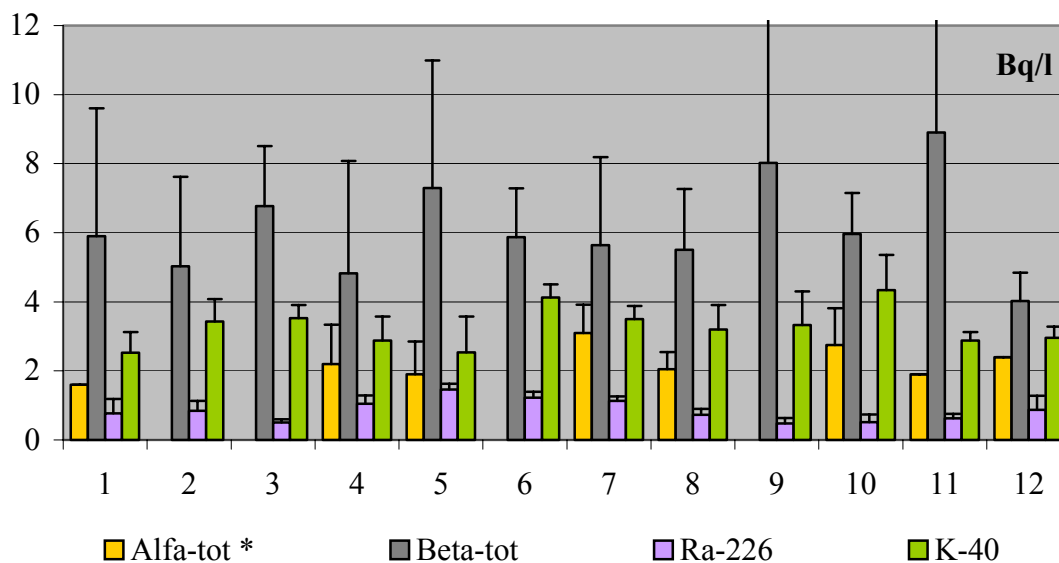


In de **Grote Laak**, waar het afvalwater van de industriële site van Tessenderlo in terecht komt, treft men voornamelijk alfa en betastraling aan.

Vanaf 1994, noteerde men een dalende trend voor de alfastralingswaarden, waaronder radium 226. Voor de jaren 1996 en 1997 bevestigen de bereikte niveaus de trend die toen geregistreerd werd. Ter herinnering: deze vermindering is te wijten aan een wijziging van de verwerkingsprocedures van de afval van de installaties voor de productie van gefosfateerde producten van Tessenderlo. De waarden kalium 40 (natuurlijk) verklaren grotendeels de geregistreerde activiteit in betatotalen in dat water.

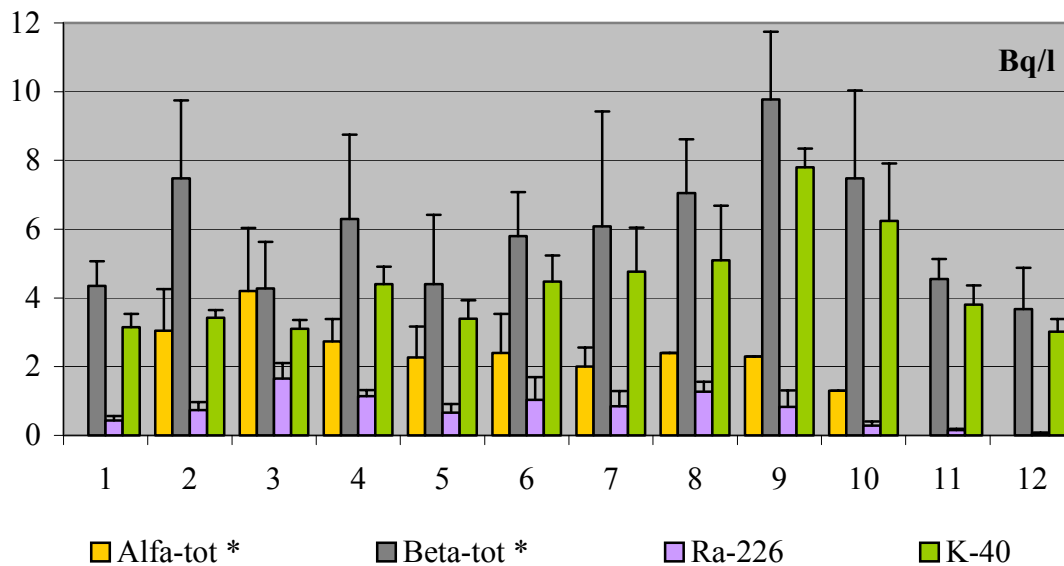
In 1996:

### Water van de Grote Laak 1996: Tessenderlo



In 1997:

### Water van de Grote Laak 1997: Tessenderlo



Al is de radiologische situatie van dit water niet gevaarlijk, toch is het nodig om de invloed van dit afvalwater op de waterweg verder te controleren. Men moet daarbij ook de juiste afkomst preciseren van de vervuilingbronnen van radium om tegenmaatregelen te kunnen nemen om deze radiumvervuiling terug te dringen.

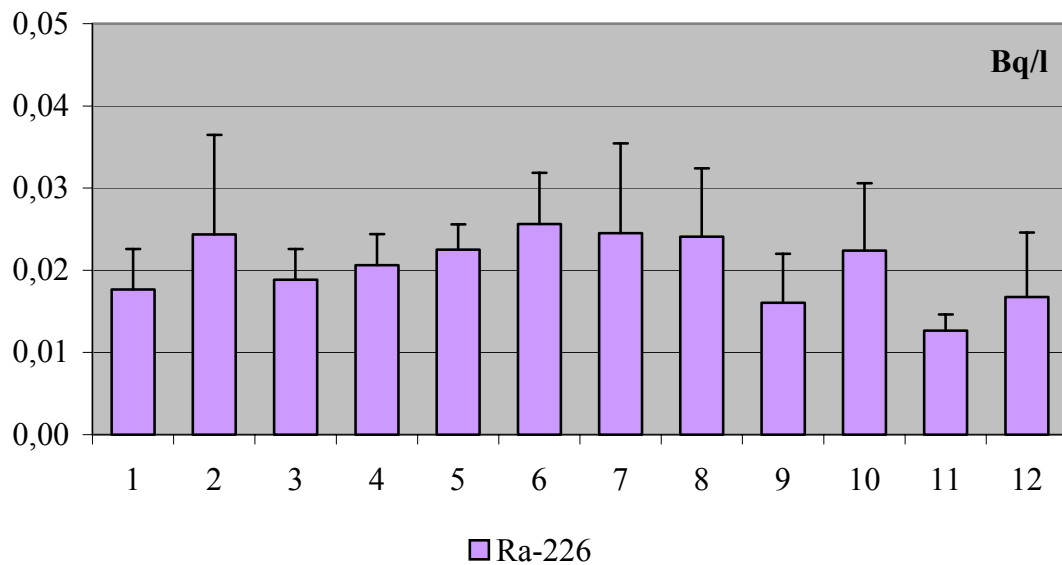
Want radium 226, een natuurlijk radio-element, met een halveringstijd van 1620 jaar, is geklasseerd in de categorie van de radionucliden met een heel hoge radiotoxiciteit (heeft als descendenten gashoudend radon 222, lood 210-22 jaar natuurkundige periode).

Op dit niveau van 1 tot 2 Bq/liter  $^{226}\text{Ra}$ , dat in verband moet gebracht worden met de Europese richtlijn inzake drinkwater waar een "screeningwaarde" voor  $\alpha$  totalen bepaald is op 0,1 Bq/liter, en hoewel het gaat om ongezuiverd water met een sterke concentratie aan niet consumeerbare zware metalen, kan men niet volledig uitsluiten dat er zich in bepaalde gevallen nefaste biologische effecten voordoen. Want deze waterweg, waarvan het debiet bijna volledig bepaald wordt door de afval van chemisch afvalwater van het complex van Tessenderlo, loopt ook door woon- en landbouwzones. Er werden al ernstige vervuilingen vastgesteld van de bermen. Men kan dus vrezen voor een overgang naar de voedselketen in bepaalde zones.

De auteurs van dit verslag raden opnieuw studies aan over de chemische (zware metalen) en radiologische (radium) invloed in deze streek, om de besmette zones af te bakenen en een strategie te bepalen voor de creatie van een meer aanvaardbare radio-ecologische situatie. In Boom, op de **Rupel**, werd enkel  $^{226}\text{Ra}$  gemeten. Het gaat erom het dilutie-effect te controleren aan de afvoer van het rivierbekken van de Nete. De waarden zijn afgenomen en liggen in de orde van grootte van de waarden die gemeten werden sedert 1994: in de buurt van 0,02 Bq/liter. Op te merken valt dat deze waarde nog te hoog blijft als zij vergeleken wordt met de "screeningwaarde" van de Europese richtlijn voor drinkbaar water die 0,1 Bq/liter alfatotalen bedraagt. Het spreekt voor zich dat dit water niet als dusdanig voor menselijke consumptie mag gebruikt worden maar deze vergelijking brengt het chronische probleem aan het licht van de vervuilinglast die nog gevoelig is voor radium.

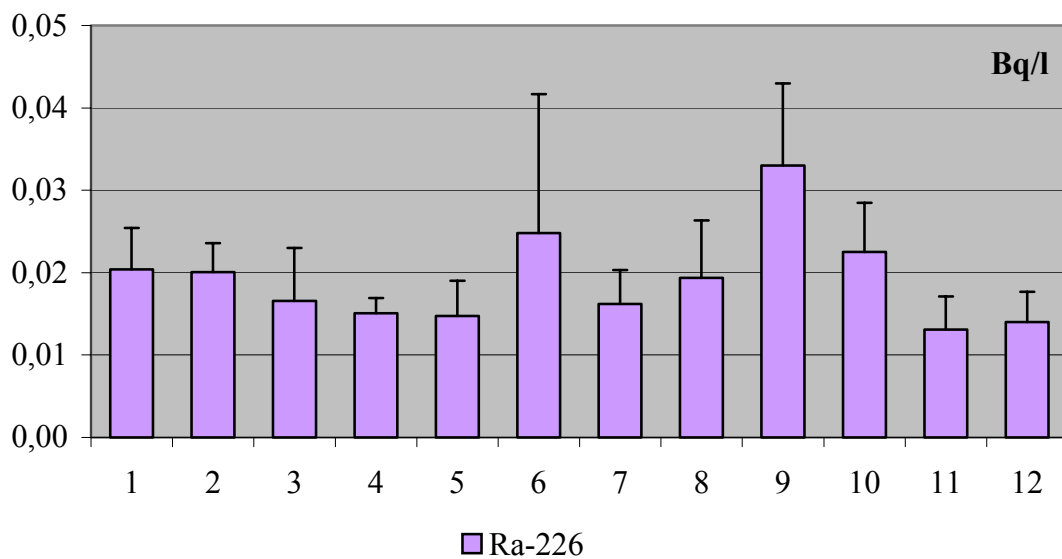
In 1996:

### Water van de Rupel 1996: Boom



In 1997:

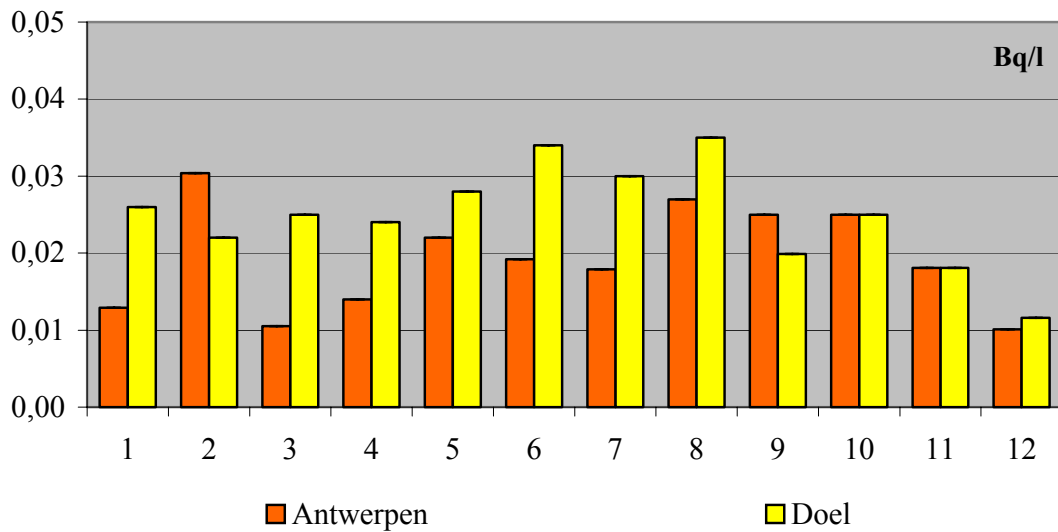
### Water van de Rupel 1997 : Boom



Dicht tegen **Antwerpen** en **Doel** zijn de gemeten radiumwaarden verwaarloosbaar (enkele tientallen mBq/liter). De analyses over de alfa en de betatotalen werden vanaf 1992 afgeschaft. Enkel de dosering radium 226 werd behouden.

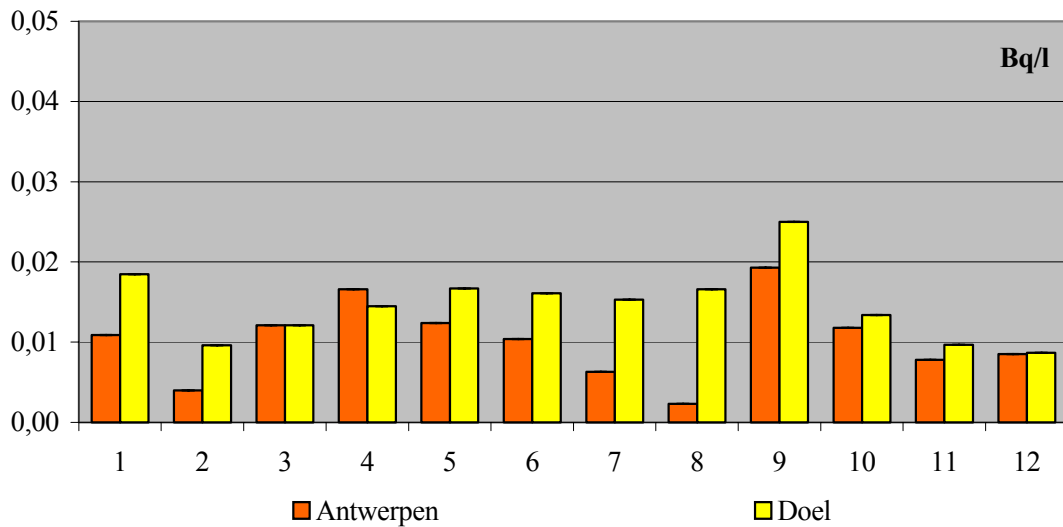
In 1996:

### Water van de Schelde 1996: Ra-226



In 1997:

### Water van de Schelde 1997: Ra-226



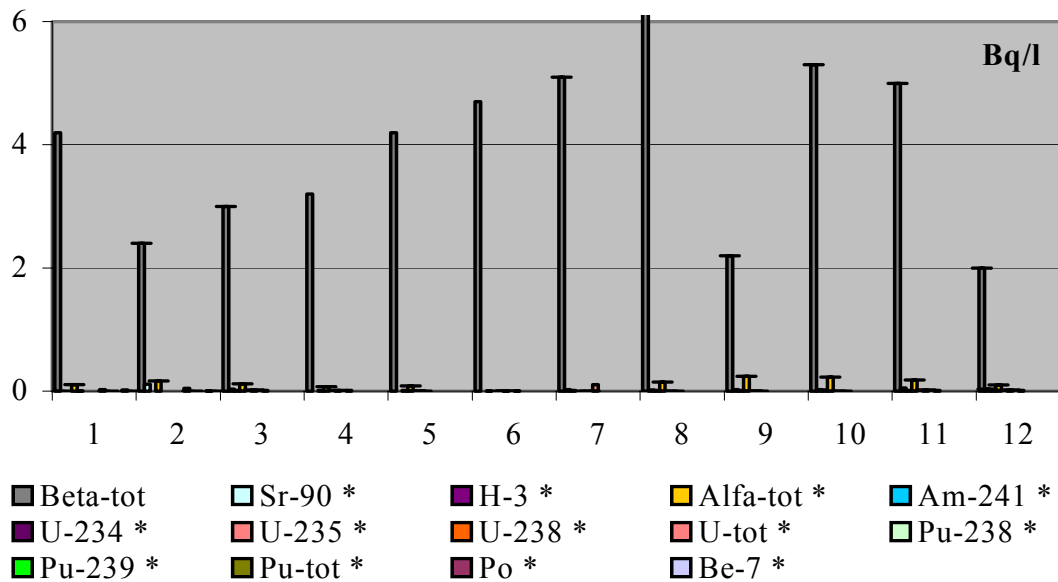
Men kan redelijkerwijs denken dat de activiteitsniveaus in betatotalen sedert 1992 ongeveer constant moeten blijven en dicht bij diegenen aanleunen die geregistreerd zijn in 1991: minder dan 1 Bq/liter. Inderdaad, stroomopwaarts van Tessenderlo, schommelen de gemiddelde waarden tussen 4 en 8 Bq/liter, in de orde van diegene geregistreerd sedert 1994 waar men een vermindering had vastgesteld als gevolg van een wijziging van de procédés voor de verwerking van afval afkomstig van de installaties voor de productie van gefosfateerde producten. Van het ene jaar op het andere zou de dilutie ongeveer hetzelfde effect moeten hebben.



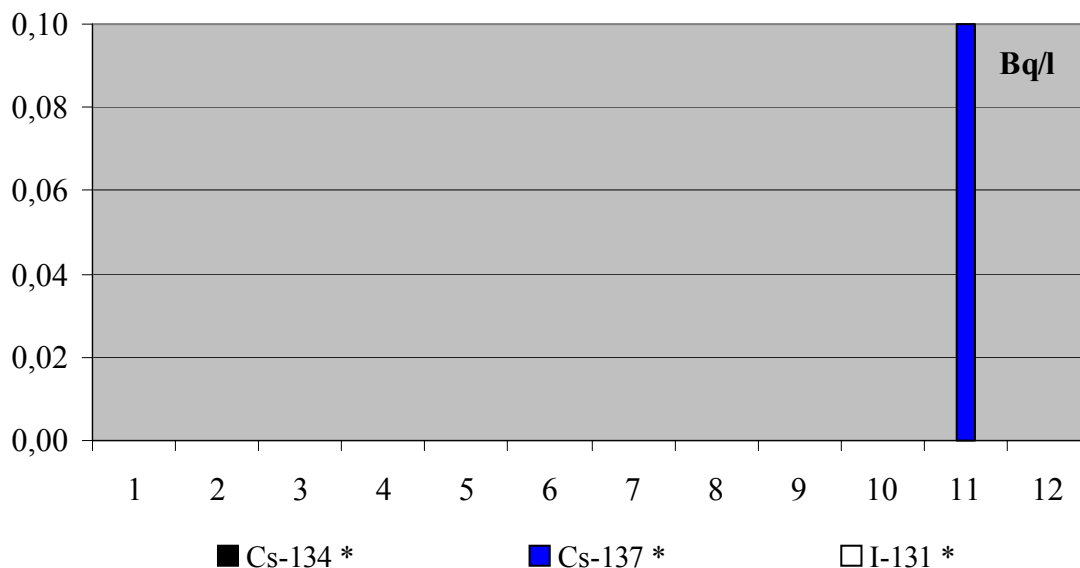
In de buurt van **Doel** (kerncentrale) vinden wij zware elementen onder de vorm van sporen en de betastraling worden wat beter gedetecteerd. Zij blijven echter aanwezig bij lage activiteitsniveaus: 2 tot 6 Bq/liter.

In 1996:

**Water van de Schelde 1996: Doel**



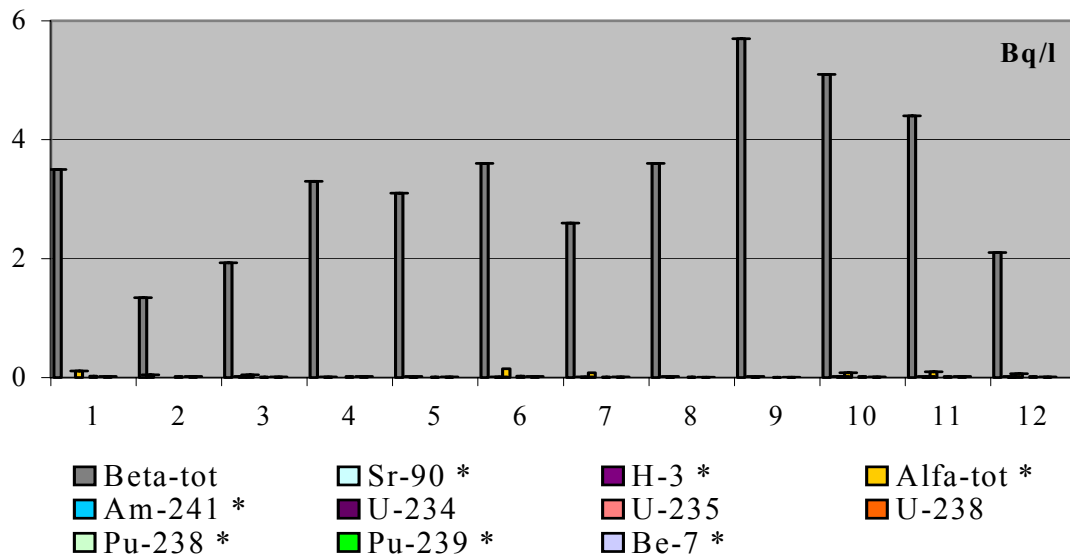
**Water van de Schelde 1996: Doel**



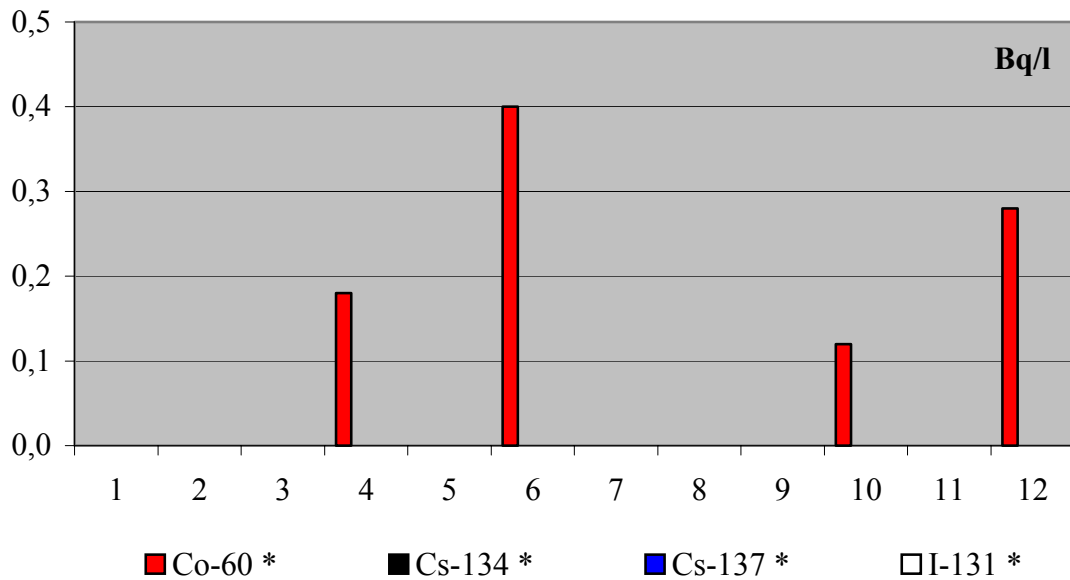
Er worden nauwgezet sporen van gammastraling gedetecteerd: Cs 137 en Co 60.

In 1997:

### Water van de Schelde 1997: Doel



### Water van de Schelde 1997 : Doel

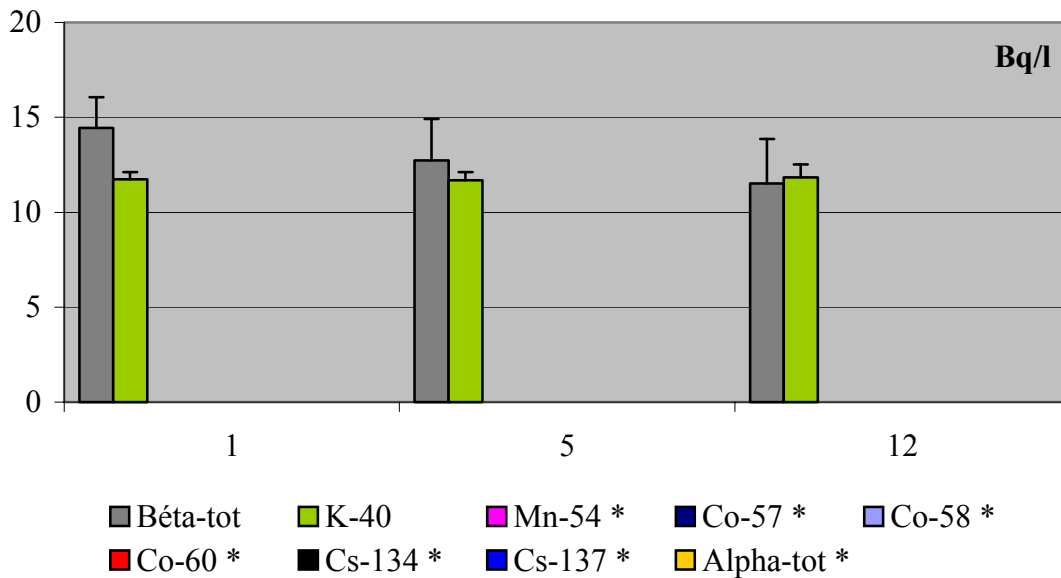


### 5.1.3. Het water van de NOORDZEE

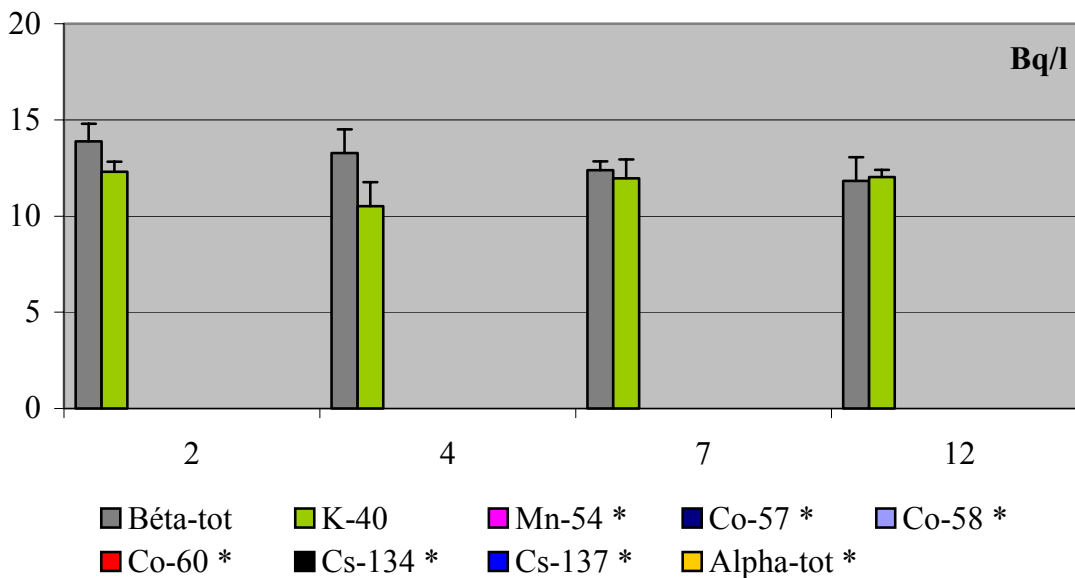
Er werden meerdere meetpunten gekozen langs de Belgische kust. De uitgevoerde metingen gaan over de opvolging van de radio-elementen: betastraling, alfastraling, gammastraling en K-40 voor wat de natuurlijke radioactiviteit betreft.

Uit de resultaten blijkt dat de activiteitsniveaus van het zeewater (voornamelijk als gevolg van sporen van betastraling) heel gering zijn en in dezelfde grootteorde liggen als het natuurlijk achtergrondgeluid ( $^{40}\text{K}$ ).

**Water van de Noordzee 1996**



**Water van de Noordzee 1997**



### 5.1.4. Conclusies:

Uit de vorige resultaten blijkt dat de invloed van de kerncentrales op het rivier- en zeewater verwaarloosbaar is en geen sanitaire gevolgen heeft voor de gezondheid van de mens.

Zo wordt er regelmatig tritium ontdekt in het water van de Maas (enkele tientallen Bq) en in de rivieren van het Netebekken. Voor de andere radio-elementen, komen de vastgestelde waarden vaak maar net boven de detectiedrempels van de meettoestellen.

<sup>226</sup>Ra wordt regelmatig ontdekt in het water van het Netebekken. Maar zelfs in de buurt van Tessenderlo (Grote Laak), op de hoogste niveaus blijft het in de orde van grootte van de kalium-40-waarden. Het is echter wel zo dat de Grote Laak, waarvan het debiet bijna volledig gevormd wordt door afvalwater van het chemische complex te Tessenderlo, ook door woon- en landbouwzones loopt zodat men zou kunnen vrezen voor een transfer in de voedselketen in bepaalde zones.

Het is wenselijk dat deze studies met een chemische (zware metalen) en radiologische (radium) invloed uitgevoerd worden in deze streek om de besmette zones af te bakenen en een strategie uit te werken die toegepast moet worden om een meer aanvaardbare (radio)ecologische situatie te herstellen.

Het radio-element dat het meest vastgesteld wordt is kalium 40, een natuurlijk radio-element.

Als er beta- of gammastraling wordt gemeten is hun activiteitsniveau nooit hoger dan dat van kalium-40.

Wat het drinkwater betreft, zal de toepassing van de nieuwe Europese richtlijn de lidstaten en België in dit geval verplichten om in de toekomst de controle van de waterwinnings- of verdeelpunten uit te breiden.

Voortaan blijkt uit de analyse van het huidige radiologische controleprogramma dat het water bestemd voor menselijke consumptie globaal voldoet aan de normen, maar dat er nauwgezet aandacht moet besteed worden aan de totale alfastralingswaarden waarvan de grootste bijdrage gevormd wordt door Ra-226 (natuurlijk).

Dat laatste is soms aanwezig in concentraties van meer dan 0,1 Bq/liter, een waarde die overeenstemt met 20% van de toekomstige referentieconcentratie (bepaald in de technische bijlagen "radioactiviteit" die nog verder moeten worden afgewerkt). Daarboven moeten meer doorgedreven analyses uitgevoerd worden om te leiden tot de berekening van de totale aangewezen dosis. Die dosis moet minder bedragen dan 0,1 mSv/jaar (een parametrische waarde bepaald in de richtlijn) opdat het water 0 vanuit radiologisch standpunt als drinkbaar zou kunnen worden beschouwd.

## 5.2. RADIOACTIVITEIT IN DE AFZETTINGEN

In de riviersedimenten worden de aanwezige radio-isotopen in water enorm geconcentreerd. Zij stapelen zich met de tijd op en vormen als het ware een heel interessante “foto” van de evolutie van de verontreiniging van de rivier.

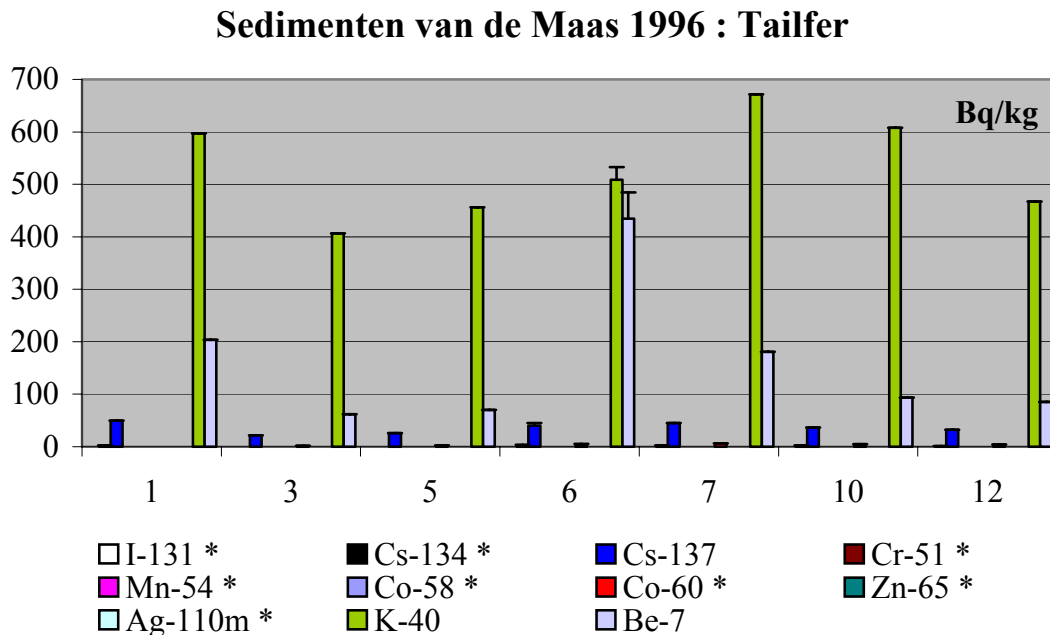
De radioactieve elementen blijven meestal vastzitten in het sediment, bij gebrek aan externe invloed: opnieuw in suspensie, een mengeling als gevolg van de activiteit van de fauna en de microfauna - "bioturbatie", wijziging van het redox potentieel, enz. De factoren temperatuur, pH, activiteit van de micro-organismen kunnen de vastgehechte radio-elementen opnieuw losmaken.

Daarbij komt nog dat het baggerslib soms gebruikt wordt als meststof; wat in bepaalde omstandigheden een gezondheidsprobleem voor de kwetsbare bevolkingsgroepen kan inhouden, omdat de radioactiviteit via de voedselketen wordt overgebracht naar de mens.

### 5.2.1. Afzettingen van de Maas en de Samber

Er worden maandelijks stalen genomen te Tailfer, Andenne, Amay, Lixhe en Lanaye op de Maas. Voor de Samber is er een meetstation stroomopwaarts van het I.R.E.: Floriffoux. Er wordt gamma spectrometrie uitgevoerd op de stalen.

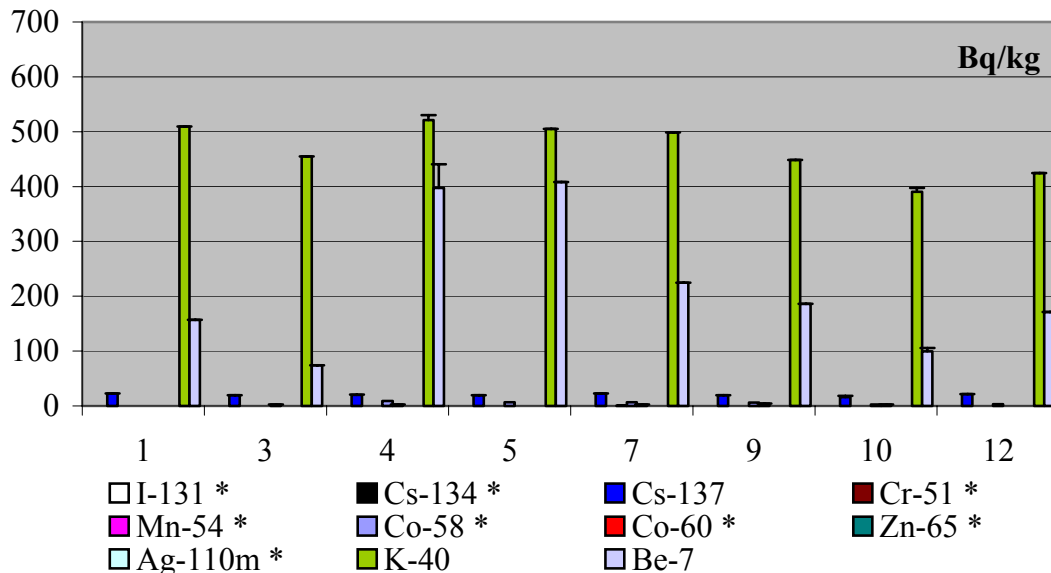
Op de site van **Tailfer** vindt men het afval van de kerncentrale van Chooz in Frankrijk.



Men merkt allereerst de aanwezigheid van kalium 40 en beryllium 7 (natuurlijke radio-elementen) op met waarden die heel wat hoger zijn dan de andere kunstmatige radio-elementen (400 tot 600 Bq/Kg).

Men vindt ook radiocesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) en sporen van kobalt ( $\text{Co-60}$ ): de sedimenten gedragen zich als een val voor cesium omdat zij door hun minerale aard een grote hoeveelheid specifieke vastzettingssites vormen voor dit element. Vandaar dat het ook uitstekende indicatoren (integratoren) zijn voor de aanvoer van radioactiviteit gelinkt aan deze radio-isotoop.

### Sedimenten van de Maas 1997 : Tailfer



Sedert 1986, het jaar van het ongeval in Tchernobyl, daalden de waarden stilaan. Deze daling is te wijten aan het feit dat de besmette lagen bedekt worden door nieuwe "propere" afzettinglagen.

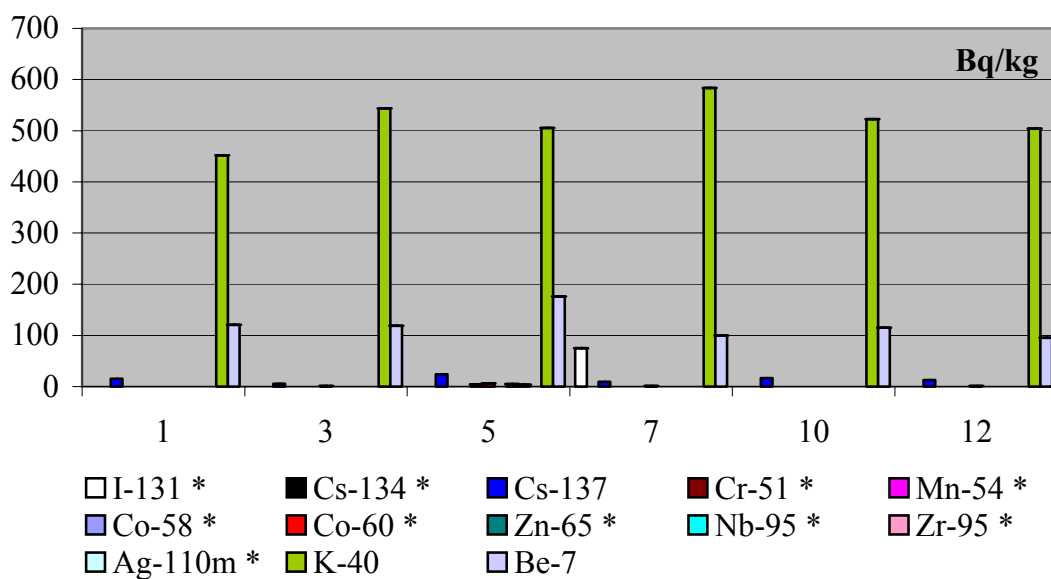
Sedert 1991 schommelen de niveaus van  $^{137}\text{Cs}$  rond waarden van 60 tot 80 Bq/Kg. De waarden lijken te dalen en bedroegen in 1997 ongeveer twintig Bq/kg.

De aanwezigheid van radiocesium op een min of meer constant niveau kan in verband gebracht worden met de vloeibare afvalstoffen van de kerncentrale van Chooz in Frankrijk dicht tegen de Belgisch-Franse grens.

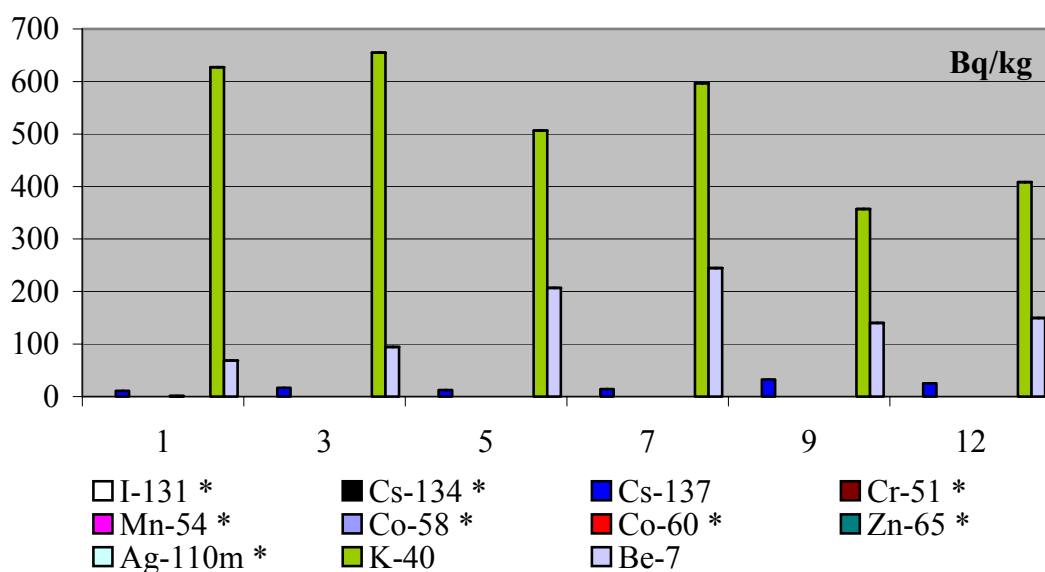
Op de site van **Floriffoux** op de Samber vindt men de afval van de nucleaire installaties van Fleurus (I.R.E.) en de ziekenhuizen uit de streek van Charleroi.

Ook hier zijn de hoogste waarden afkomstig van natuurlijke radioactiviteit: kalium 40 en beryllium 7. Men detecteert ook de aanwezigheid van cesium 137 en soms ook wat jodium (ziekenhuisafval?).

### Sedimenten van de Samber 1996 : Floriffoux



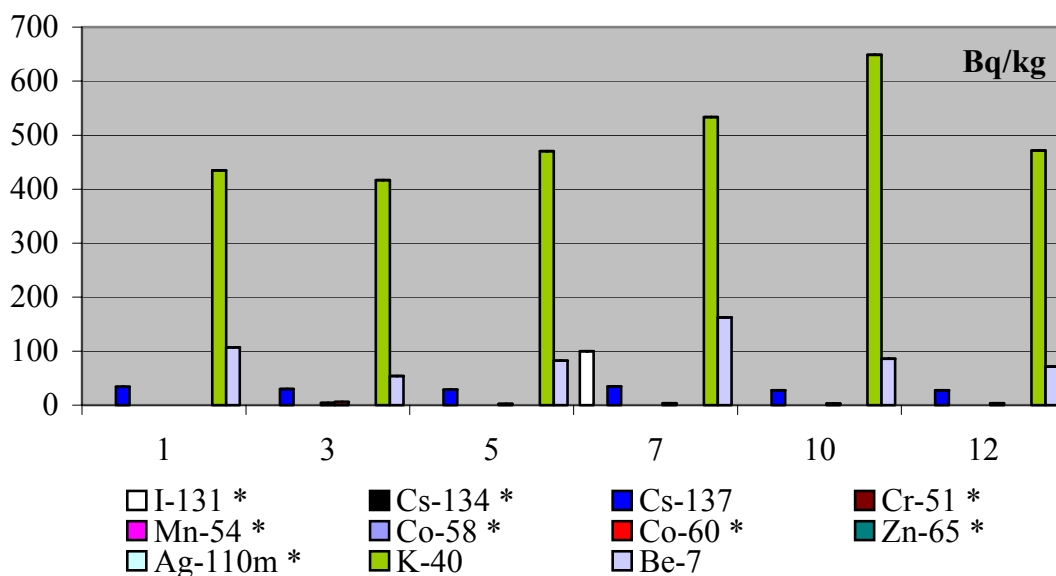
### Sedimenten van de Samber 1997: Floriffoux



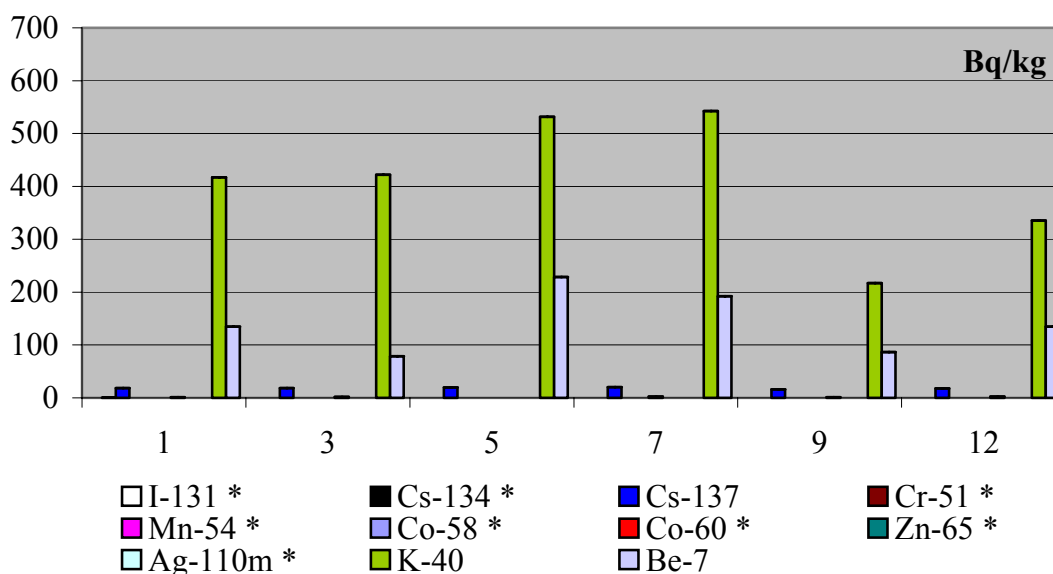
Op de site van **Andenne** vindt men de aanvoer terug van de Maas en de Samber stroomafwaarts van de agglomeratie Namen. De gegevens die men uit de afzettingen kan halen vormen in dit verband een perfecte illustratie van de situatie die vastgesteld werd te Tailfer en Floriffoux.

Zo werd bijvoorbeeld in juli 1996 dezelfde jodiumpiek gedetecteerd te Floriffoux en te Andenne.

### Sedimenten van de Maas 1996: Andenne



### Sedimenten van de Maas 1997 : Andenne

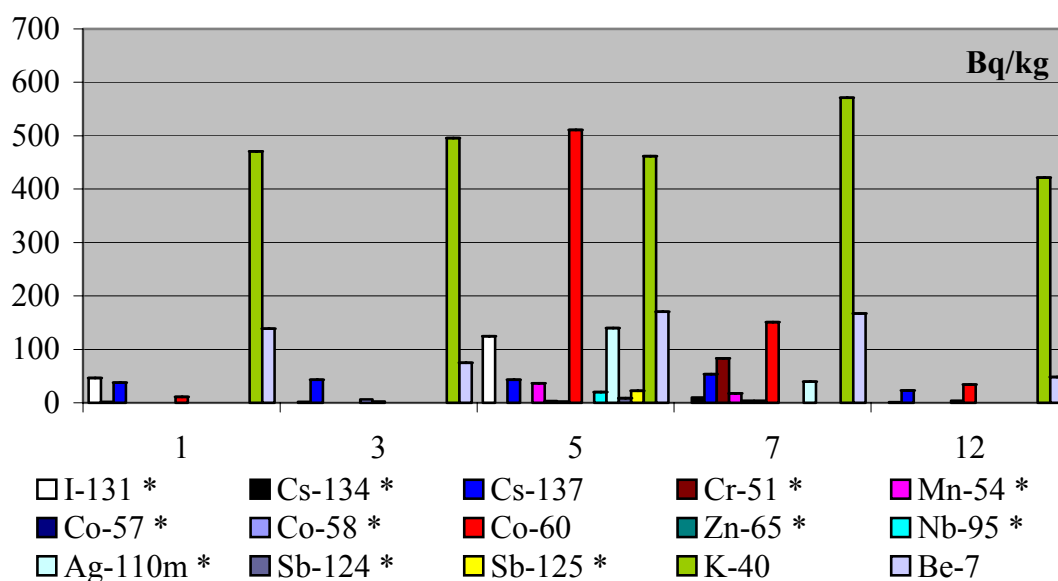


Op de site van **Amay**, stroomafwaarts van de kerncentrale van Tihange, vindt men de aanvoer van die laatste.

In 1996 registreert men hogere waarden voor Co-60 in mei en juli. Dat komt doordat eenheid 3 van de centrale in mei-juni en oktober-november meer geloosd heeft hoewel men ver onder de toegestane grenzen bleef. Men stelt ook de aanwezigheid vast van jodium 131 (mei). Ook dat houdt verband met een herneming van de lozing van dit radio-element in die periode afkomstig van de productie-eenheden 2 en 3 van de centrale.

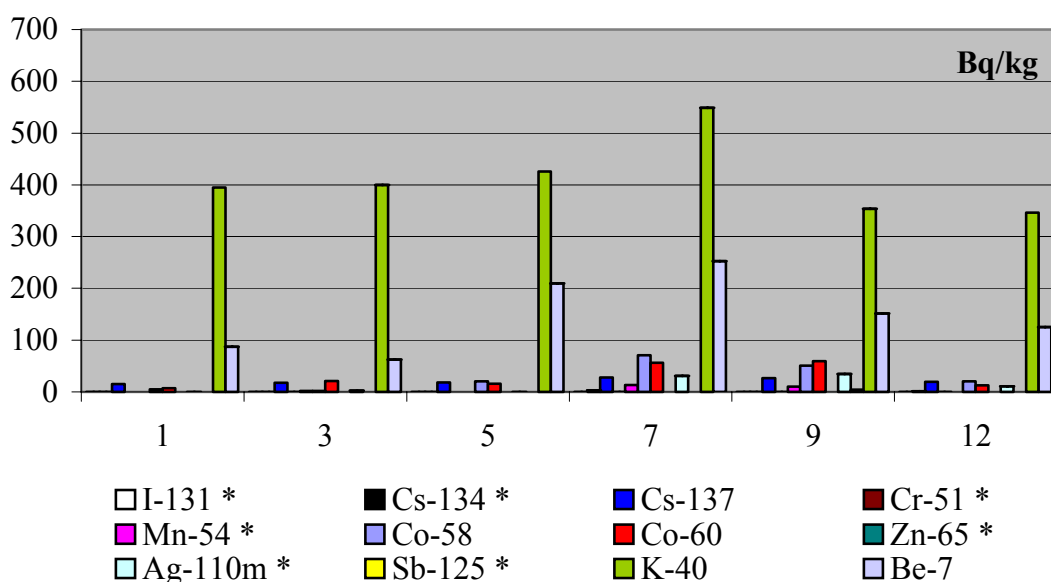


### Sedimenten van de Maas 1996: Amay



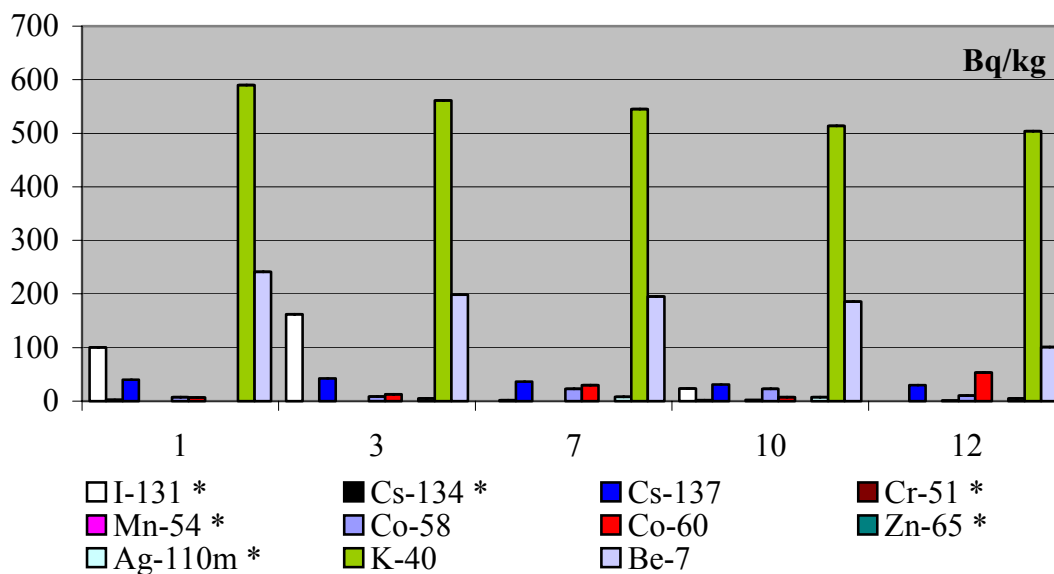
In 1997 noteert men ook de aanwezigheid van radiocesium, <sup>58,60</sup>Co. De schommelingen volgen die van het afval dat de centrale loosde, maar globaal blijft de natuurlijke radioactiviteit overheersen.

### Sedimenten van de Maas 1997: Amay

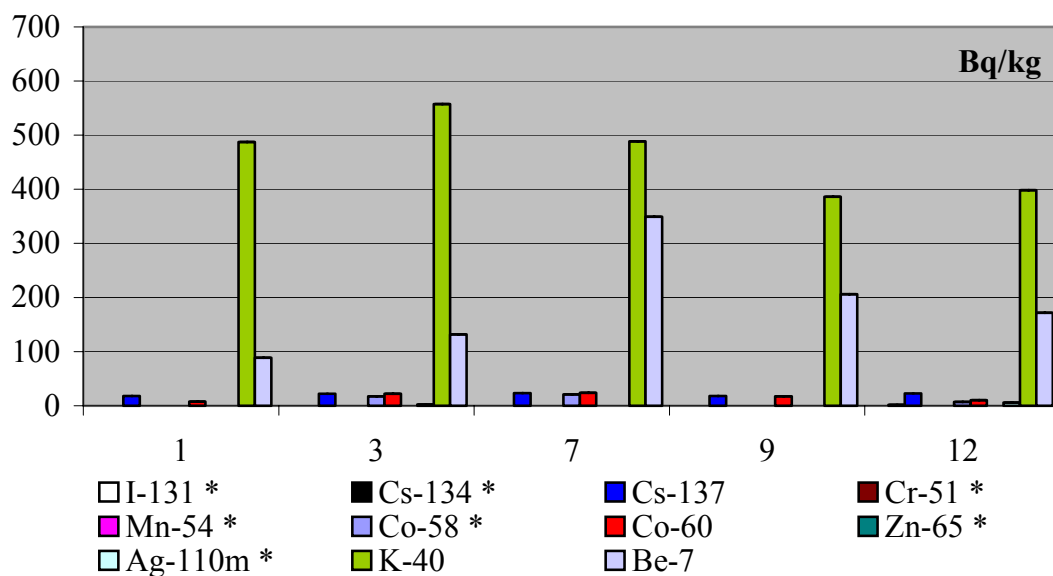


Op de site van **Lixhe**, aan de Nederlandse grens vindt men de volledige radioactieve aanvoer terug van de Belgische Maas.

### Sedimenten van de Maas 1996: Lixhe



### Sedimenten van de Maas 1997 : Lixhe

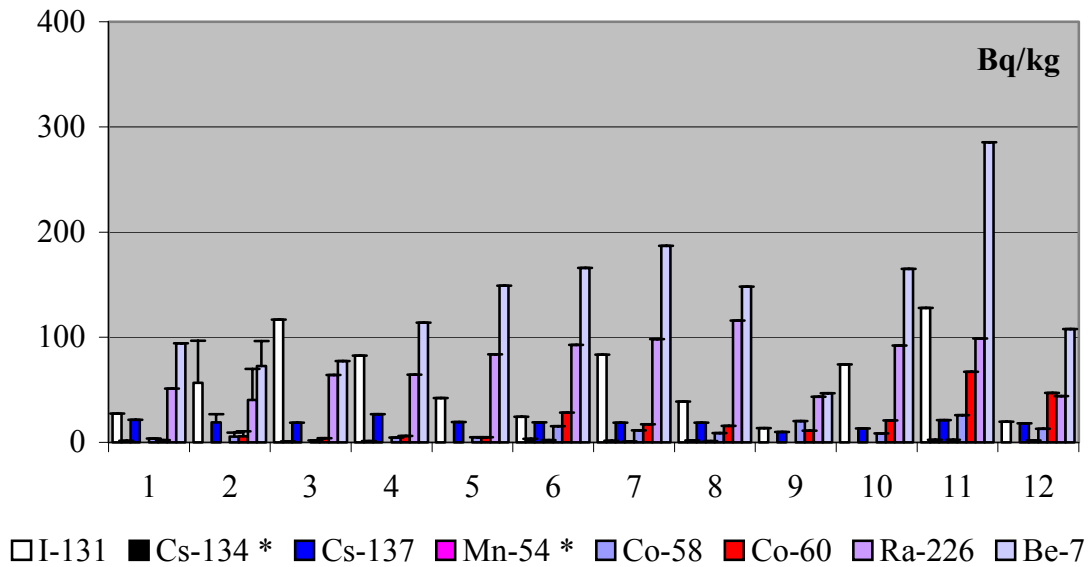


De radiologische situatie is bijna identiek aan de situatie die vroeger beschreven werd behalve dan de grotere aanwezigheid van jodium in 1996. Dat radio-element kan enkel afkomstig zijn van de Luikse agglomeratie en meer bepaald van de ziekenhuizen van de stad Luik.

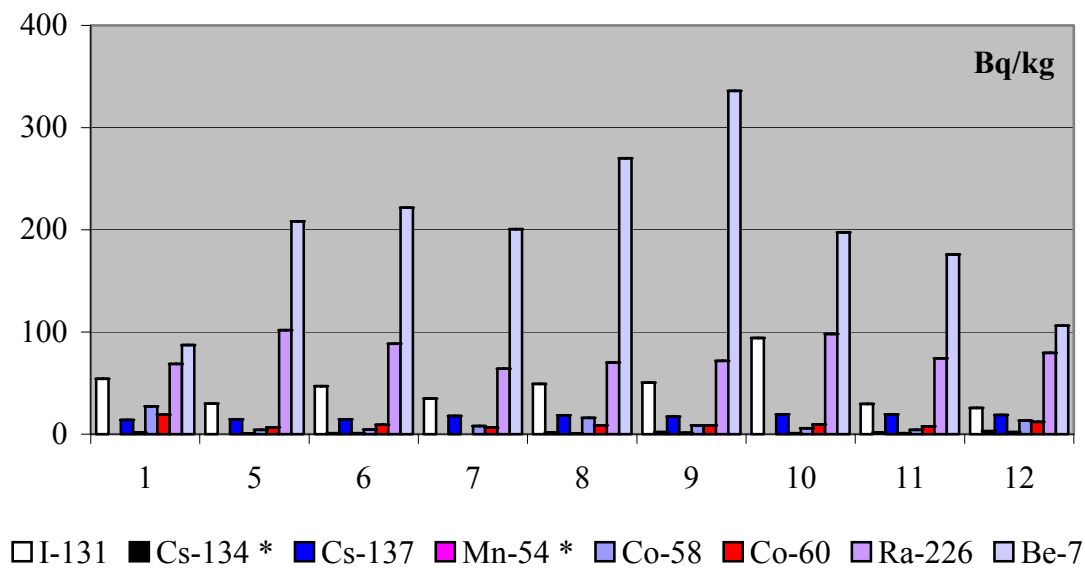
Op de site van **Lanaye**, aan de Nederlandse grens, een beetje meer stroomafwaarts aan de Maas vindt men ook de radioactieve aanvoer terug afkomstig uit België. Men ontdekt regelmatig jodium 131 dat afkomstig moet zijn van ziekenhuisafval (misschien van de stad Eijsden in Nederland?).

Net zoals in Lixhe ontdekt men routinematig sporen van cesium 137 en kobalt 58 en 60. Dat is afkomstig van de lozingen van de kerncentrale van Tihange.

### Sedimenten van de Maas 1996: Lanaye



### Sedimenten van de Maas 1997: Lanaye



#### Conclusie:

Uit een regelmatige analyse van de afzettingen in de Maas (en de Samber) blijkt dat de radiologische situatie van dit ecosysteem goed is. De niveaus van de kunstmatige radioactiviteit liggen namelijk heel wat lager dan diegene die men vaststelde voor de natuurlijke radioactiviteit gelinkt aan kalium 40 en beryllium 7.

Anderzijds vindt men in deze vaststellingen ook iedere routinematige lozing terug, ook al is dat maar iets hoger dan normaal, van een kerncentrale (lozingen die een stuk lager liggen dan de normen die opgelegd worden aan elektriciens).

Het blijkt dus duidelijk dat de ziekenhuizen vaak een “zichtbaardere” invloed hebben op de rivier dan kerncentrales. Ondanks de, gelukkig korte, halveringstijd van 8,05 dagen, wordt

er chronisch jodium 131 ontdekt en dat met waarden die aanleunen bij de waarden gemeten voor natuurlijke radioactiviteit (beryllium 7).

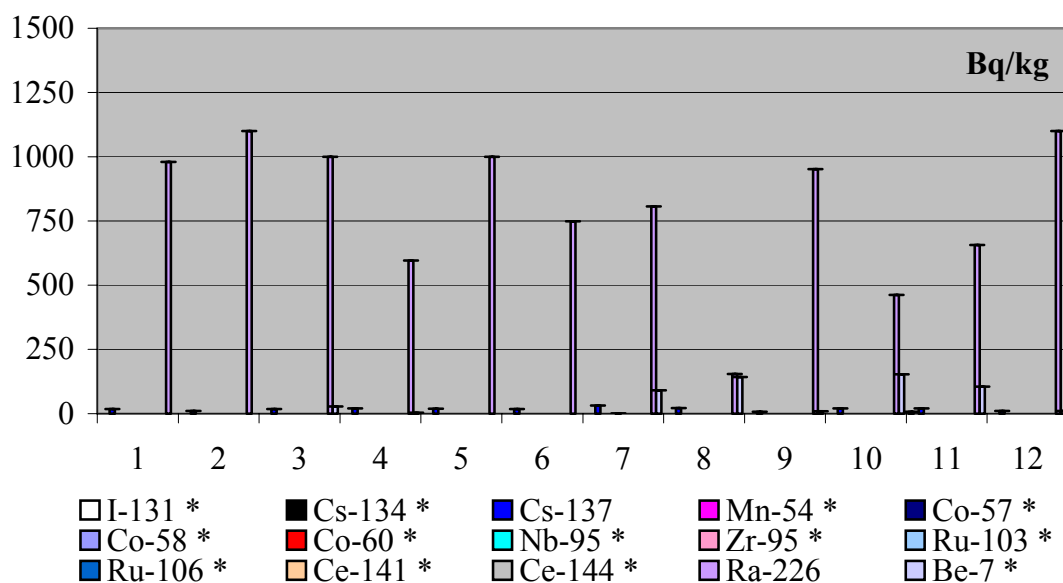
### 5.2.2. Sedimenten van de Schelde en het Netebekken (Laak)

Voor het Netebekken, bevinden de verzamelstations voor sedimenten zich op de Grote Laak (industriële complex van Tessenderlo), op de Molse Nete (kernsite van Mol), op de Nete -Grote Nete te Lier. Wat de Schelde betreft, worden de stalen genomen in de buurt van de kerncentrale van Doel.

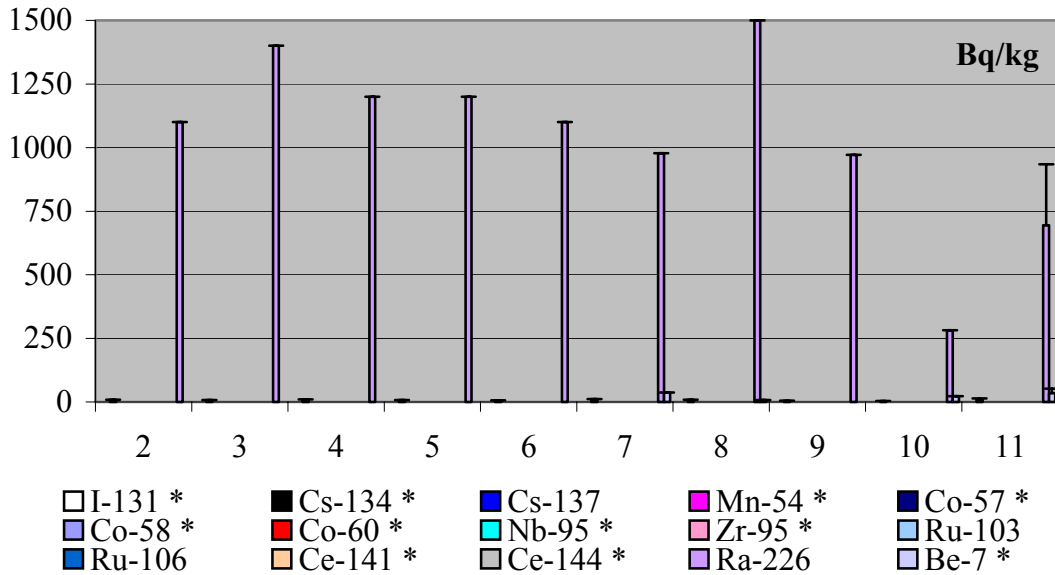
Bij de analyse wordt ook een gamma spectrometrie uitgevoerd; zo kunnen ook andere radio-elementen ontdekt worden waaronder  $^{226}\text{Ra}$ .

Uit de gegevens voor sedimenten van de **Grote Laak** blijkt dat die heel wat  $^{226}\text{Ra}$  bevat, geloosd door de industriële sites van Kwaadmechelen en Tessenderlo. Men stelt ook de aanwezigheid van Cs-137 (in de orde van een tiental Bq/kg) vast. Voor alle andere gezochte elementen wordt de detectiegrens bereikt: enkele Bq/kg (<5) voor de meesten, 15-20 Bq/kg voor Ce-144 en Ru-106, 25-40 Bq/kg voor I-131 en Be-7.

**Sedimenten van de Grote Laak 1996: Tessenderlo**



## Sedimenten van de Grote Laak 1997: Tessenderlo



In de **Molse Nete** vindt men het vloeibaar afval terug van de site van Mol - installatie Belgoprocess 2 (vroegere installatie voor de verwerking van vloeibaar afval van het SCK/CEN).

Dat complex centraliseert al het vloeibaar afval van de andere nucleaire installaties van de site en kan vloeibare afvalproducten lozen in de Molse Nete a rato van 166 GBq/maand radioactiviteit alfa, beta en gamma volgens de volgende formule:

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

Uit de metingen blijkt dat er heel wat kunstmatige radio-elementen aanwezig zijn (splijtingsproducten – Cs, Sr, activeringsproducten – Co, Mn, Zn en transuranium – Pu en Am) en natuurlijke (Th, U,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  et  $^7\text{Be}$ ).

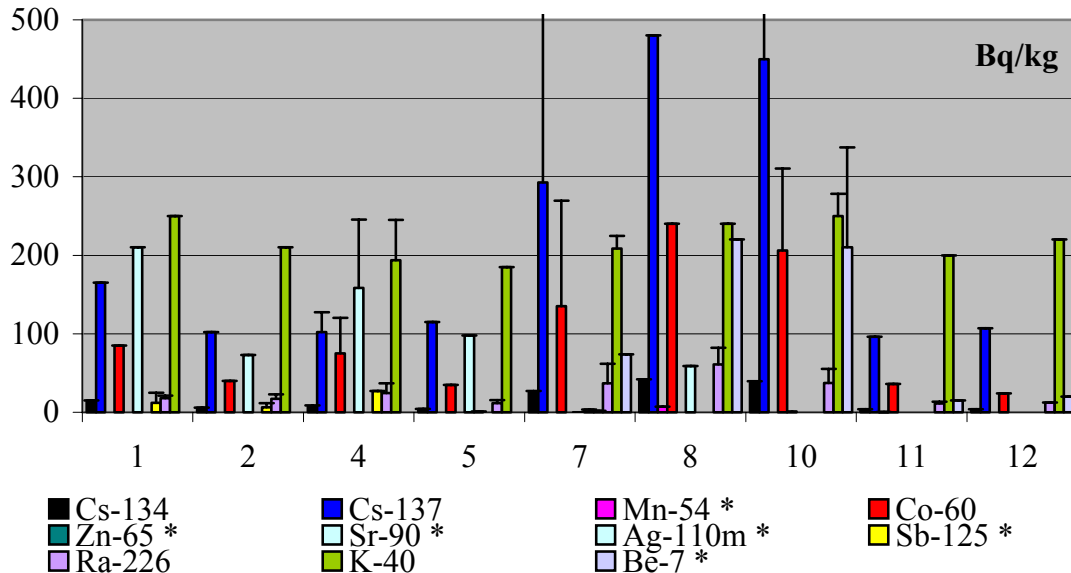
$^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  en  $^{90}\text{Sr}$  zijn aanwezig aan waarden die aanleunen bij of zelfs hoger liggen dan diegenen die over het algemeen bepaald worden voor  $^{40}\text{K}$  (~200 Bq/kg): 100 tot 200 Bq/kg voor  $^{137}\text{Cs}$  (met een piek van bijna 500 Bq/kg in augustus en oktober 1996), 30 tot 80 Bq/kg voor  $^{60}\text{Co}$  (met een piek van 200 Bq/kg in augustus en oktober 1996), 50 tot 150 Bq/kg voor  $^{90}\text{Sr}$  (vooral aanwezig in 1996).

De zware elementen zijn detecteerbaar aan concentraties die heel wat lager liggen dan die van kalium 40.

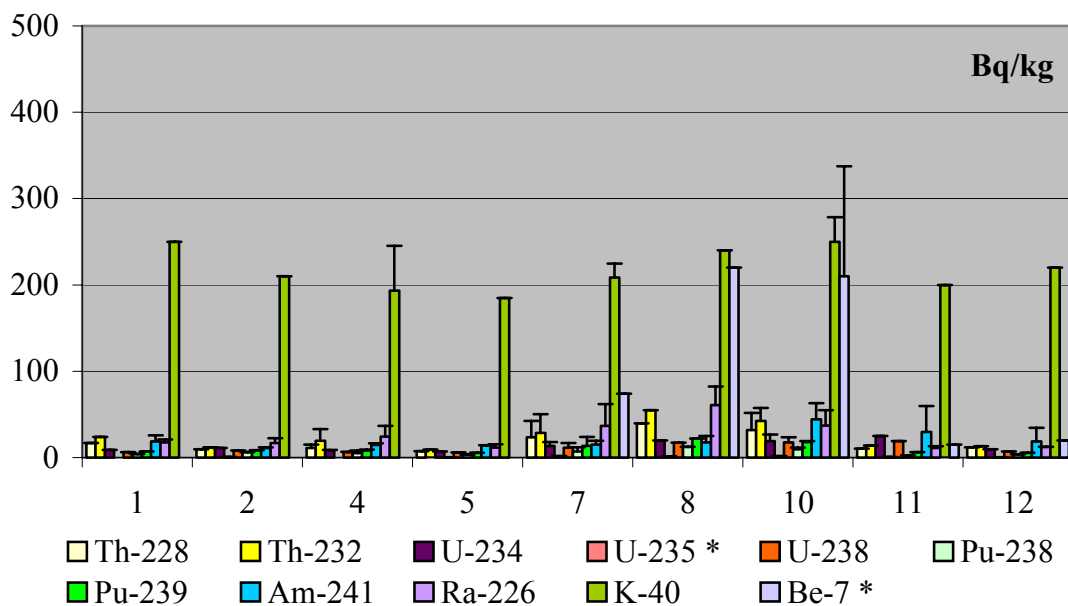
Niettemin vindt men niet enkel radium 226 terug, maar ook natuurlijke alfastraling zoals uranium 234 en 238, die meestal uitgestoten worden bij het proces van de productie van kernbrandstof, en dat in hogere hoeveelheden dan normaal. Die aanwezigheid van sedimenten is te wijten aan de lozingen afkomstig van de reactor en het centrum voor kernonderzoek te Mol. De detectie van transuranium (kunstmatig alfa) zoals plutonium 239 en 238 en americium 241 bevestigt deze vaststelling.

De regelmatige aanwezigheid van deze radio-elementen in de sedimenten die maandelijks "vers geoogst" worden via de bezinkbakken of de slibbakken bevestigt dat er altijd lozingen gebeuren in deze waterweg.

### Sedimenten van de Molse Nete 1996: Geel

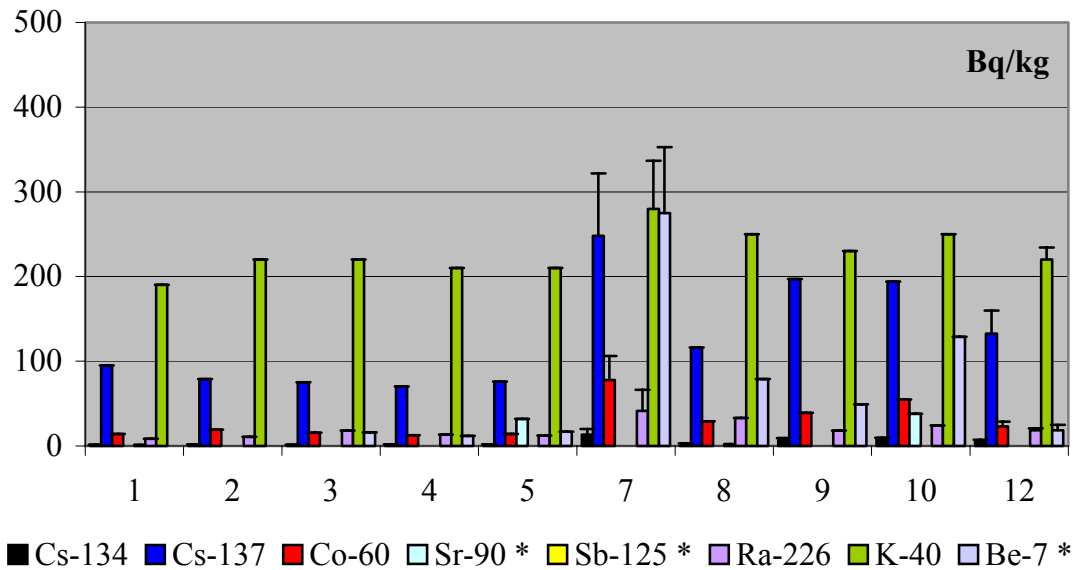


### Sedimenten van de Molse Nete 1996: Geel

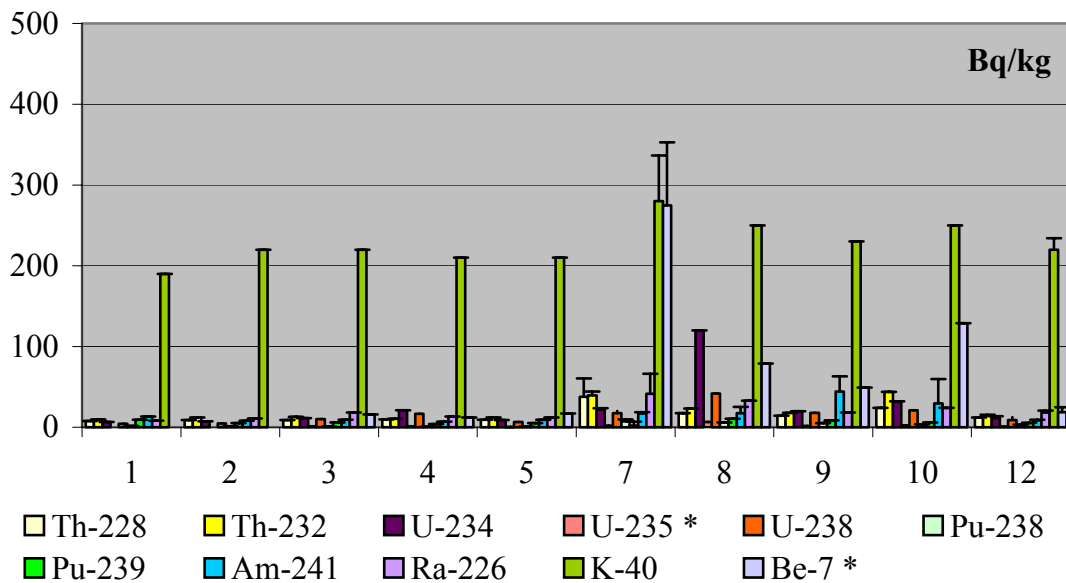


In het kader van de taken van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, dat in de toekomst volledig bevoegd zou moeten zijn op nucleair vlak, zou het dus opportuun zijn om campagnes op te zetten om monsters te nemen door bodembemonstering van de bedding van deze waterweg om een realistischer beeld te krijgen van de aanwezige besmetting (door opname in de sedimentlaag).

### Sedimenten van de Molse Nete 1997 : Geel

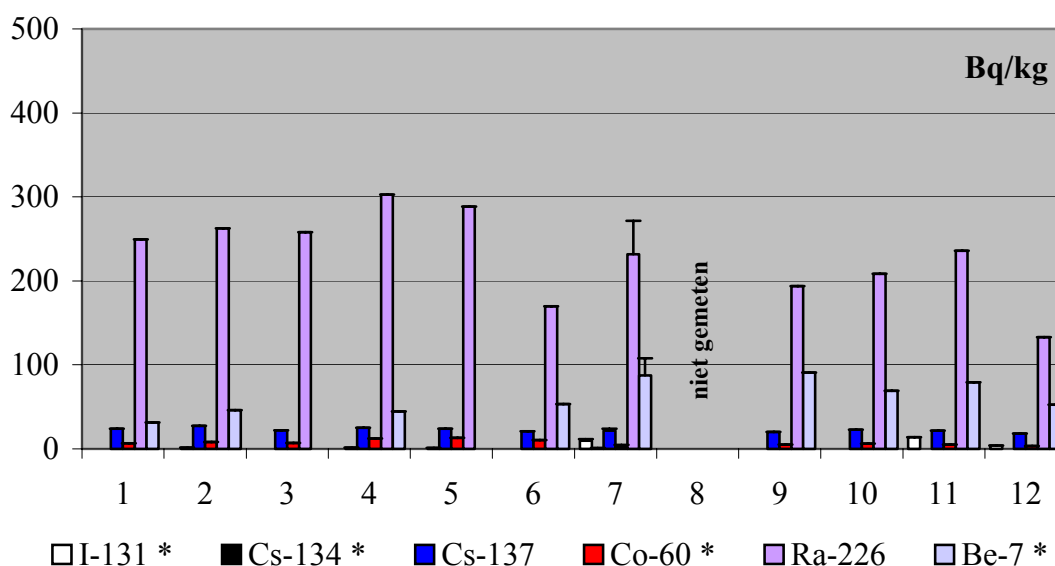


### Sedimenten van de Molse Nete 1997: Geel

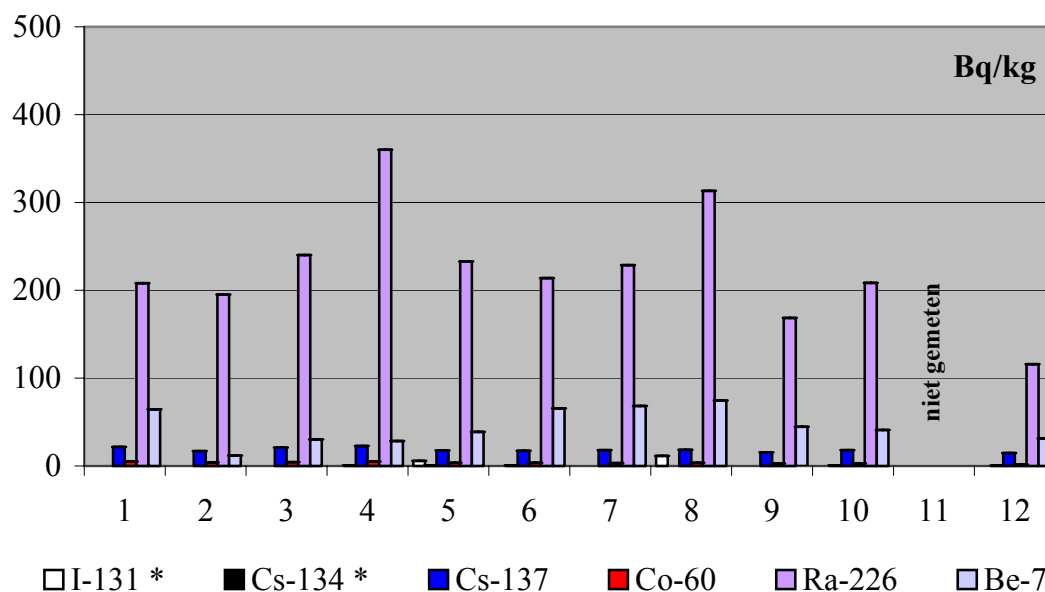


Te Lier, op de **Nete - Grote Nete**, is de aanvoer van de Grote Laak en de Molse Nete duidelijk merkbaar ondanks een zekere dilutie van de vloeibare afvalstoffen afkomstig van Tessenderlo en de installaties van Mol: de vastgestelde niveaus van radium 226 daalden en bedragen nu 200 tot 300 Bq/kg en men noteert verder ook de aanwezigheid van radiocesium 134 en 137 (~20-30 Bq/kg) en van kobalt 60 (~10 Bq/kg). De detectiegrenzen zijn bereikt voor de andere onderzochte radio-elementen ( $^{54}\text{Mn}$  ~2 Bq/kg,  $^{57,58}\text{Co}$  -  $^{95}\text{Nb}$  -  $^{95}\text{Zr}$  -  $^{103}\text{Ru}$  ~2-3 Bq/kg,  $^{106}\text{Ru}$  ~10-15 Bq/kg,  $^{141}\text{Ce}$  ~3-4 Bq/kg,  $^{144}\text{Ce}$  ~6-9 Bq/kg).

### Sedimenten van de Grote Nete 1996: Lier



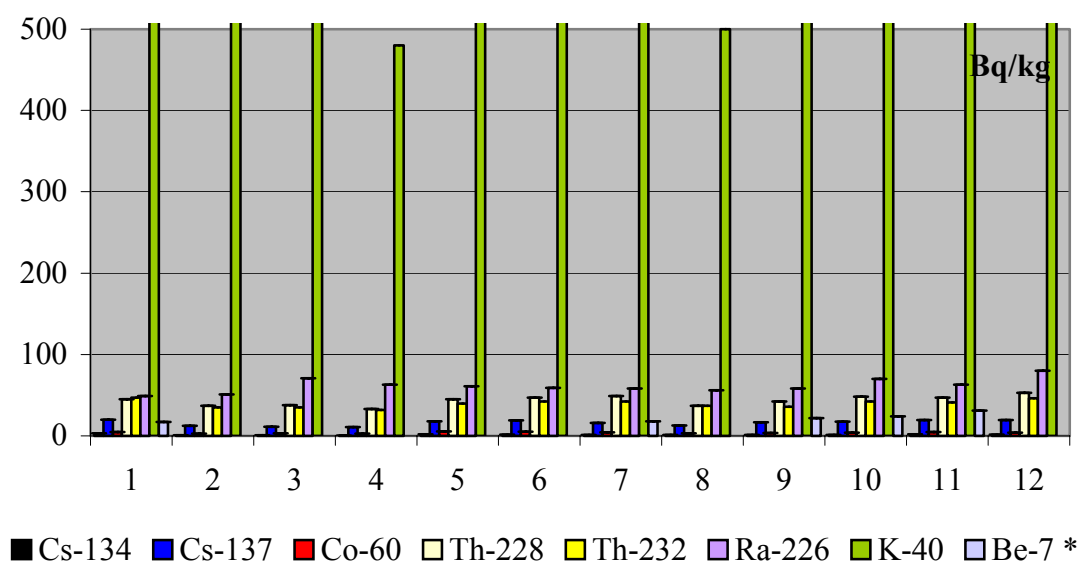
### Sedimenten van de Grote Nete 1997: Lier



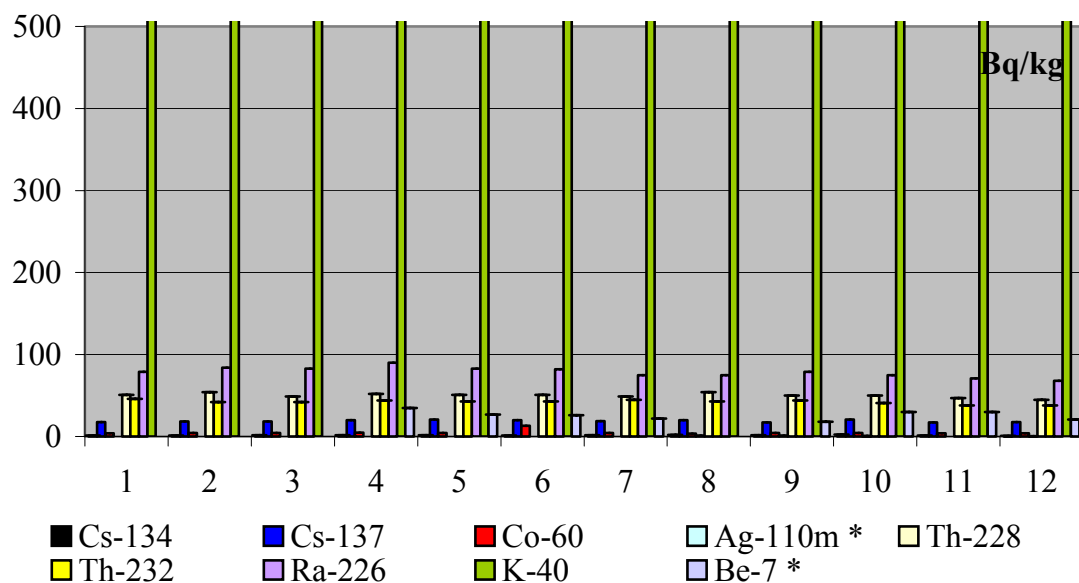
Op de **Schelde** te Doel uiteindelijk, een ecosysteem van een estuarium dat uiterst complex is vanuit het fysisch-chemische standpunt van de water-afzettingsuitwisseling, is de natuurlijke radioactiviteit afkomstig van  $^{40}\text{K}$  (500 tot 650 Bq/kg) heel wat hoger dan die afkomstig van de kunstmatige elementen. Het niveau van radium 226 ligt hier nog lager: 50 tot 80 Bq/kg. Thorium 228 en 232 (natuurlijke alfastraling) wordt ook routinematig ontdekt met waarden van om en bij 50 Bq/kg. Men stelt ook de aanwezigheid vast van  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{60}\text{Co}$  bij waarden in de buurt van respectievelijk 15-20 Bq/kg en ~5 Bq/kg.



### Sedimenten van de Schelde 1996: Doel



### Sedimenten van de Schelde 1997: Doel



#### Conclusies :

Zoals voor de vorige jaren geldt ook hier dezelfde vaststelling: het rivierbekken "Nete-Schelde" wordt gekenmerkt door een duidelijke "belasting" met zware radio-elementen. Zo wordt in het bijzonder radium altijd gedetecteerd en is het ook altijd aanwezig in het volledige bekken. Al is de radiologische situatie niet gevaarlijk voor de mens, toch is ze in elk geval "hinderlijk" en moet er dus vooral aandacht aan worden besteed.

Dit soort radiologische opvolging moet in de toekomst eigenlijk verder worden gezet en worden verbeterd door een betere standaardisering van de hoeveelheden genomen afzettingstalen, een grote harmonisering van het "palet" onderzochte radio-elementen en vooral de systematische analyse van kalium 40 als "getuige van de natuurlijke radioactiviteit".

Anderzijds moet de opvolging van dit complexe ecosysteem in het water, dat van het zoetwatertype is voor het Netebekken en van het zeewatertype voor het Schelde-estuarium, verder gezet worden in het kader van praktische en eerder theoretische studies.

Een praktische aanpak houdt de evaluatie van de zones met te hoge radiumwaarden en een schatting van de financiële en technische middelen voor de rehabilitatie van deze laatste in.

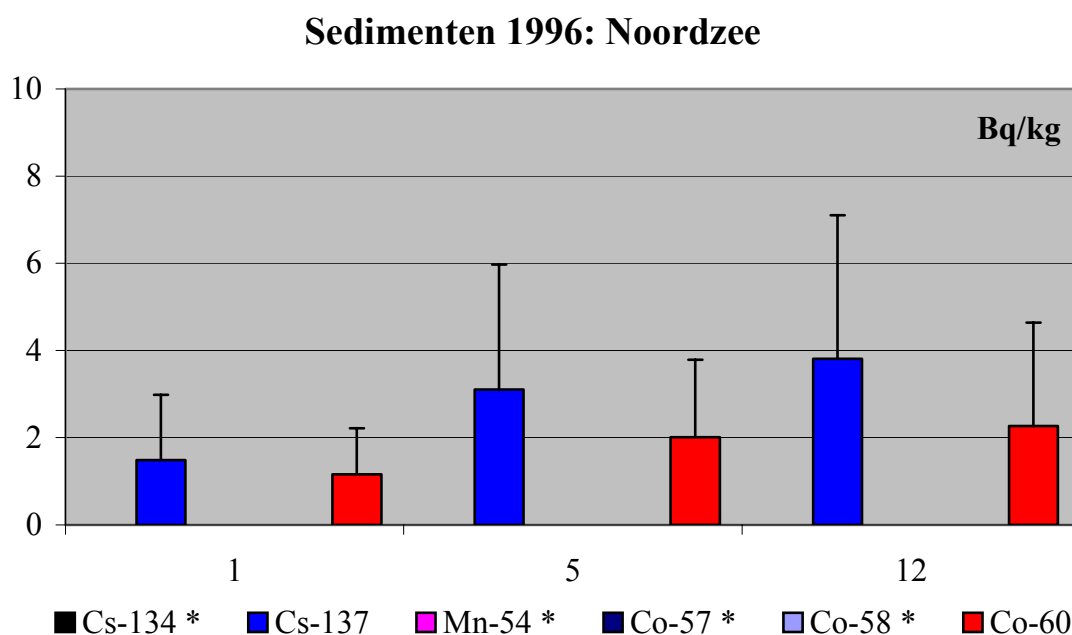
Er zouden theoretische studies moeten worden uitgewerkt om de parameters die verantwoordelijk zijn voor de dynamiek van de radio-elementen tussen de sedimenten en het water (zoals het debiet, de temperatuur, de activiteit van de fauna en flora van de sedimenten, de schommelingen in het zoutgehalte, enz) te bepalen en te kwantificeren .

Een betere wetenschappelijke kennis van dat ecosysteem zou immers gegevens kunnen opleveren die nodig zijn voor de berekening van de dosissen voor de bevolking en voor het bepalen van de parameters die nuttig zijn voor de modelvorming en dus voor het voorzien van de beweging van de radio-elementen die geïnjecteerd worden in het ecosysteem van zoet water dat vervolgens "zout" wordt.

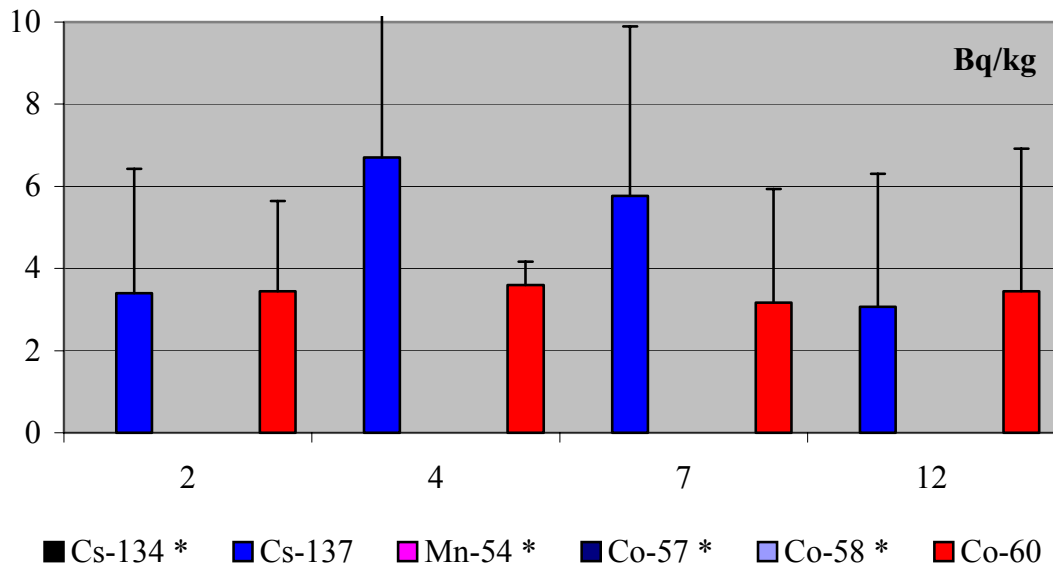
### 5.2.3. Sedimenten in de Noordzee

Dicht tegen de Belgische kust worden de zeesedimenten ieder jaar opnieuw verzameld op dezelfde plaats gedurende de campagnes van de Belgica. Er worden veertien stalen genomen in een gebied dat 5 tot 25 km verwijderd is van de steden Koksijde, Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge (één punt ligt op 37 km tegenover Wenduine bij Blankenberge).

In deze stalen vindt men sporen van cesium 137 en kobalt 60. De andere onderzochte radio-elementen worden niet aangetroffen (het niveau ervan is lager of gelijk aan de detectiedrempels van de meettoestellen).



### Sedimenten 1997: Noordzee



#### sConclusies:

In de ingezamelde zeestalen vinden wij geen speciale radiologische problemen.

### 5.3.RADIOACTIVITEIT IN DE WATERFAUNA EN -FLORA

De bronmossen en waterplanten zijn vooral op korte en middellange termijn erg gevoelig voor vloeibare afval want deze organismen hebben een hoog concentratiepotentieel aan stabiele of radioactieve chemische elementen. Zij gedragen zich in die hoedanigheid als biologische indicatoren of bio-indicatoren. Vissen op hun beurt zijn de beste integratoren van radioactiviteit op langere termijn.

#### In de rivieren:

Er worden op meerdere plaatsen in de Maas stalen genomen van de bio-indicatoren die verantwoordelijk zijn voor de eventuele besmetting van de flora: te Ham, dicht bij Chooz, te Givet en Chooz en te Heer voor wat de Bovenmaas betreft (site van Chooz), te Hastière, Falmignoule en ook te Ivoz-Ramet stroomafwaarts van Tihange. Daar worden de voornaamste gammastralingen en  $^{226}\text{Ra}$  en  $^{232}\text{Th}$  gemeten.

Op de Schelde, in het estuariumgedeelte ervan, worden stalen van waterplanten genomen in Nederland, meerbepaald in Yerseke, Kloosterzande en Hoofdplaat. Daar meet men ook de voornaamste gammastraling en  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  en  $^{90}\text{Sr}$ .

#### In de Noordzee:

In de Noordzee komt niet enkel het vloeibaar afval terecht van de Franse en Engelse kerncentrales (met bijvoorbeeld voor *Frankrijk*: de kerncentrales van Gravelines, via het Kanaal, die van Paluel, Flamanville en La Hague (opwerkingsfabriek) en voor *Groot-Brittannië*: de centrales van Dungeness, Bradwell en Sizewell), maar ook het afval van meerdere rivieren waarin zelf radioactief afval geloosd wordt, met name voor België de Maas en de Schelde.

Daarom wordt zij dus ook nauwlettend gecontroleerd door de oeverstaten die het verdrag van Oslo en Parijs ondertekend hebben.

Men neemt vooral stalen van algen, vissen, schaal- en schelpdieren, omwille van hun opeenstapelings- en concentratiecapaciteiten, om op die manier de voornaamste splijtings- en activiteitsproducten en de Th, Pu en U te kunnen meten.

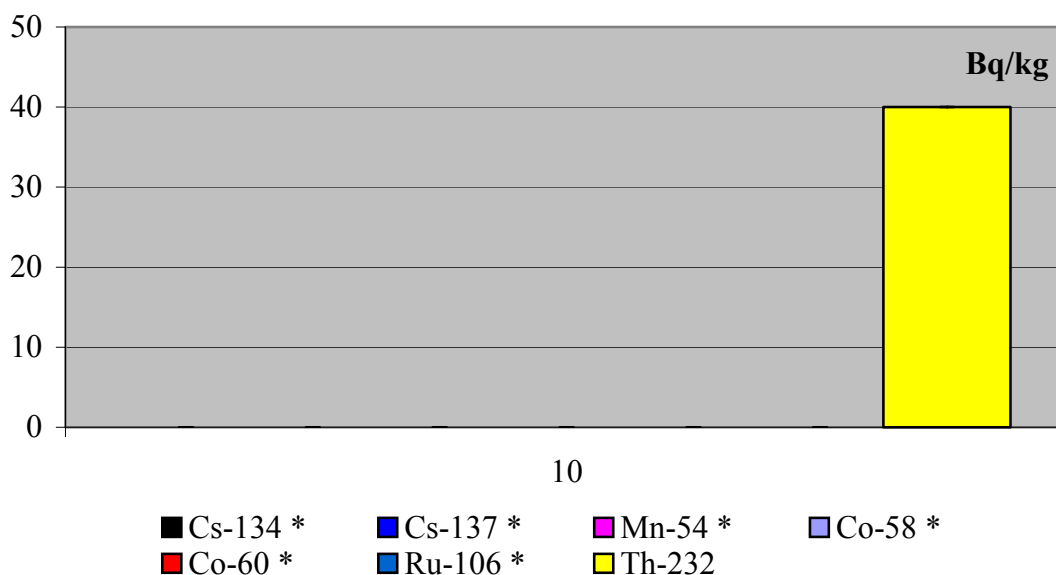
#### **5.3.1. Fauna en flora in de Maas**

De vegetatie die gekozen werd als bio-indicator bestaat uit een mos dat frequent voorkomt in het ecosysteem van zoet water: *Cinclidotus danubicus*.

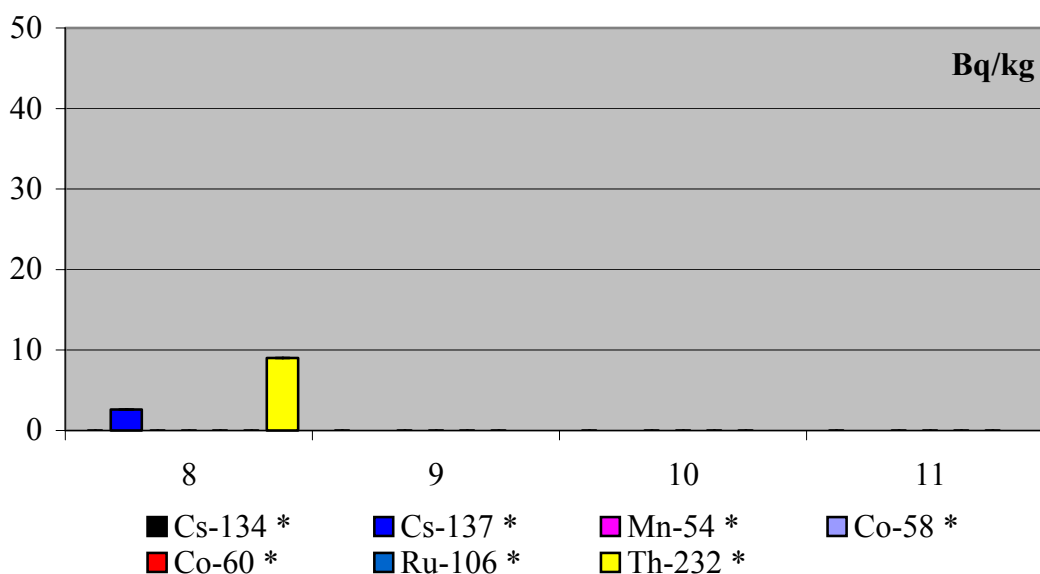
Mossen staan immers bekend als goede indicatoren van de radioactiviteit die in zoet water wordt geloosd.

Uit de stalen watermos die op de site van **Ham sur Meuse** (Frankrijk) genomen worden, stroomopwaarts van de kerncentrale van Chooz, blijkt dat de flora op de Maas volledig gezond is (nulpunt). Dat is echter voor er vloeibaar afval geloosd wordt, afkomstig van de centrale.

### Mossen in de Maas 1996: Ham



### Mossen in de Maas 1997: Ham

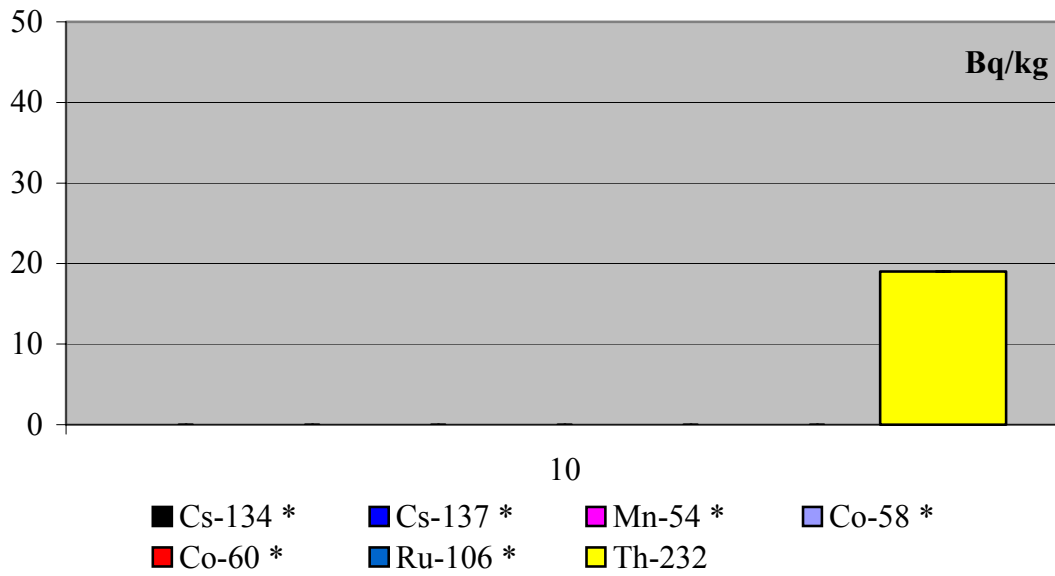


In de resultaten leest men over het algemeen lagere waarden af of waarden die gelijk zijn aan de detectiedrempels van de meettoestellen. Slechts enkele gegevens liggen boven deze drempels (enkele Bq/kg voor radiocesium, radiokobalt en mangaan, 10 tot 40 Bq/kg voor Th en Ru) maar zelfs in dat geval, zijn zij weinig significant.

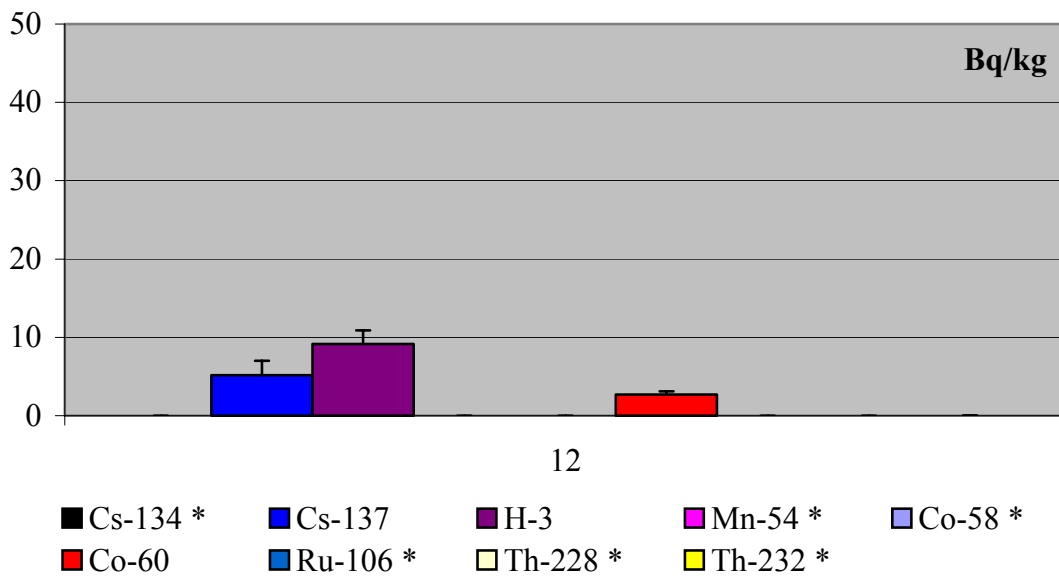
Op de sites van **Chooz** en **Givet** in Frankrijk en **Heer**, **Hastière** en **Falmignoule** in België, net voorbij de Frans-Belgische grens, vindt men ook het afval terug van de Franse kerncentrale van Chooz.

Dicht tegen de nucleaire site van Chooz, blijkt uit de stalen genomen te **Givet** of **Chooz** zelf enkel de aanwezigheid van sporen van cesium en kobalt en die van een natuurlijk radio-element: thorium.

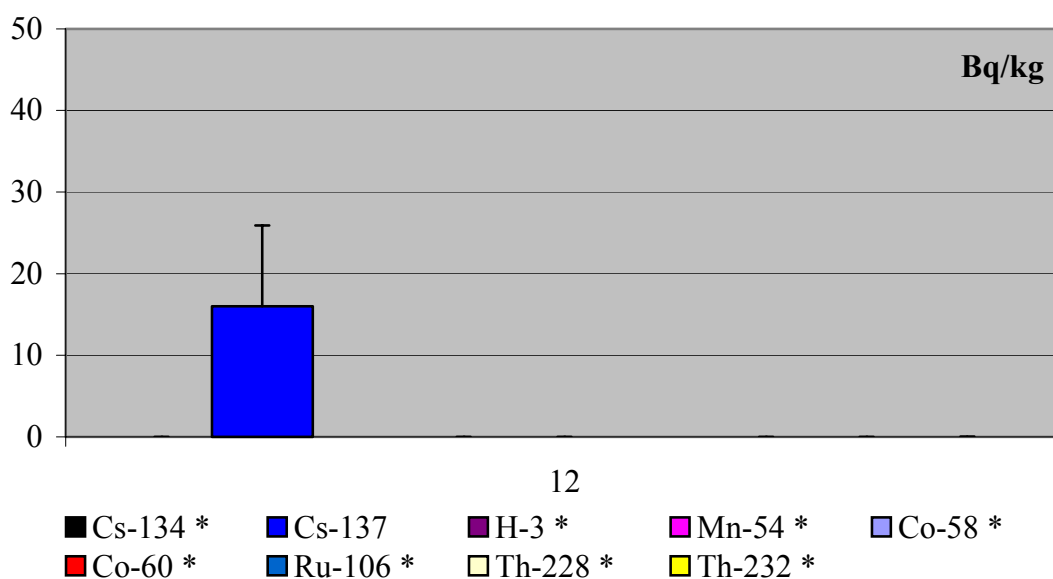
### Mossen in de Maas 1996: Givet



### Mossen in de Maas 1997: Chooz I

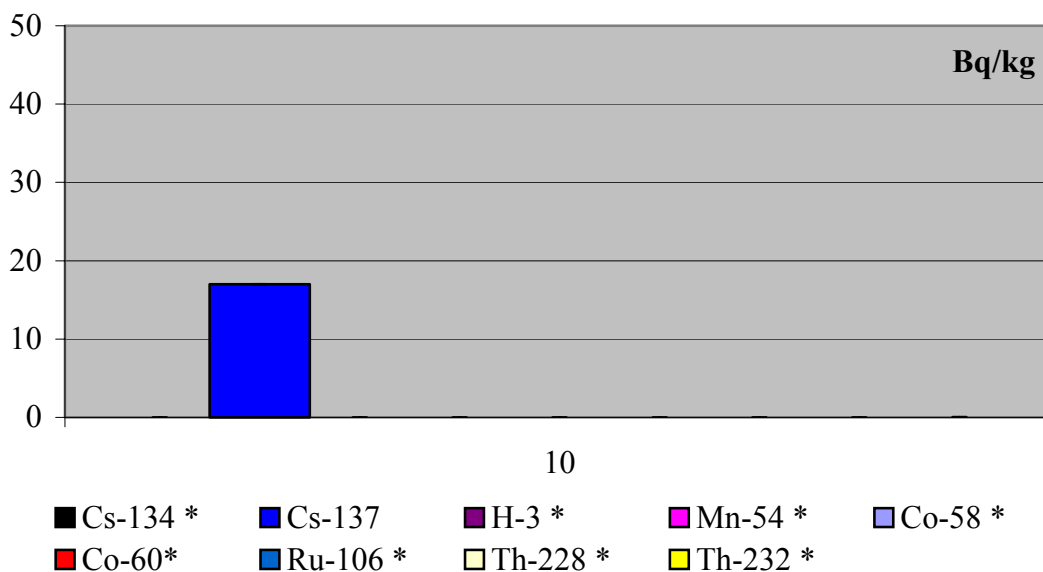


## Mossen in de Maas 1997: Chooz II



Een beetje verder van de centrale, ten noorden van Givet in België, blijkt uit de stalen genomen te Heer-Agimont in 1996 niets bijzonders, tenzij enkele sporen van cesium-137.

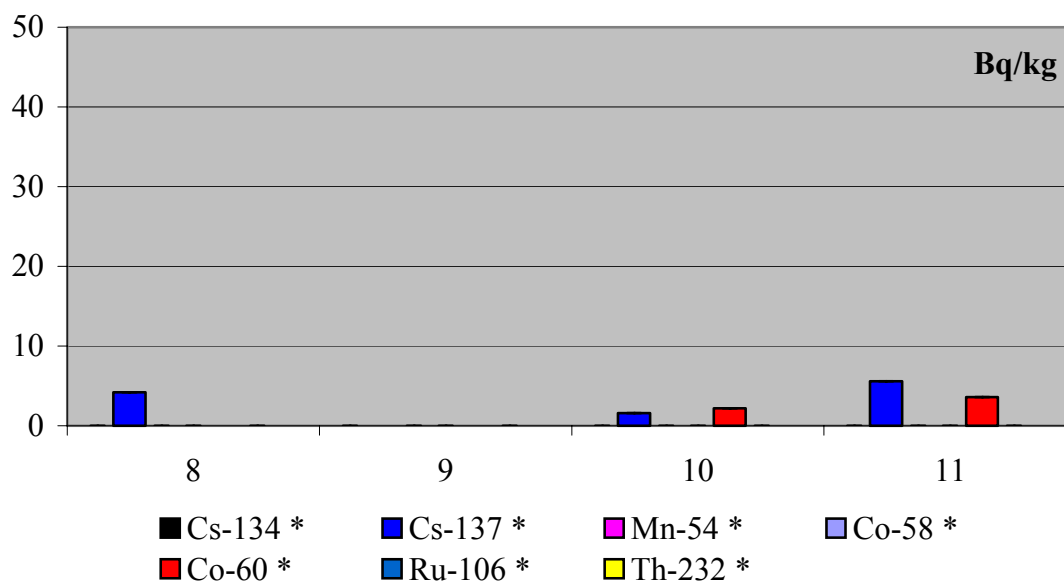
## Mossen in de Maas 1996: Heer-Agimont



In 1997, blijkt uit het mos van **Hastièrre** en **Falmignoule** dat er zwakke activiteitsniveaus bestaan die slechts iets hoger liggen dan de detectiedrempels. Er wordt soms radiocesium ontdekt, net als <sup>232</sup>Th.

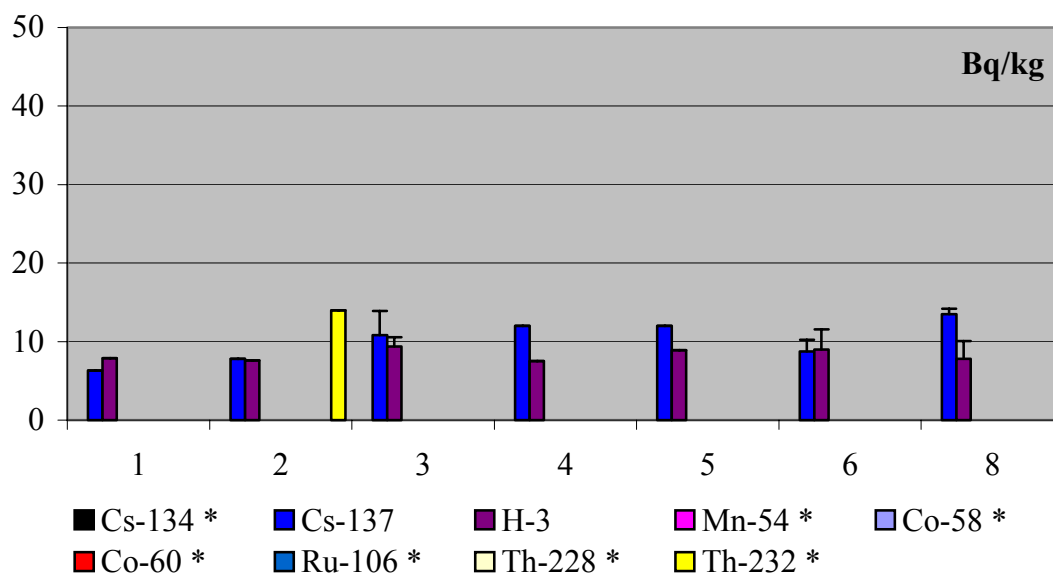
Te **Hastièrre**, halverwege tussen Heer-Agimont en Falmignoule, ontdekt men enkel sporen van radiocesium-137 en kobalt-60 (waarden iets hoger dan de detectiedrempels en dus weinig significant als dusdanig).

### Mossen in de Maas 1997: Hastière



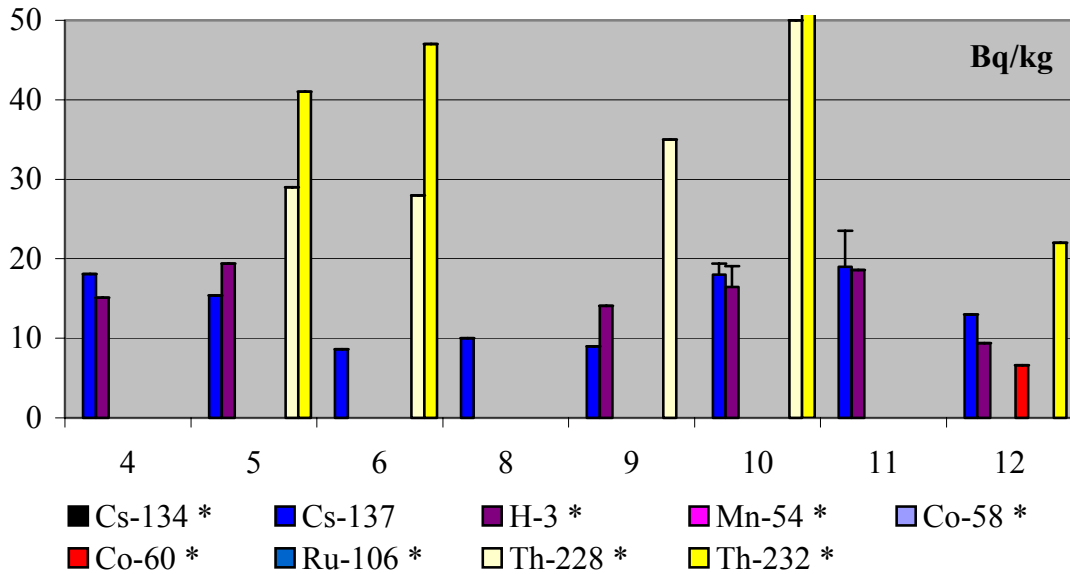
In **Falmignoule**, stroomopwaarts van de plaats waar de Lesse in de Maas vloeit, zit in het mos sporen van Cs-137 en tritium (in de orde van enkele Bq boven de detectiedrempels). Soms vindt men ook sporen van thorium.

### Mossen in de Maas 1996: Falmignoule





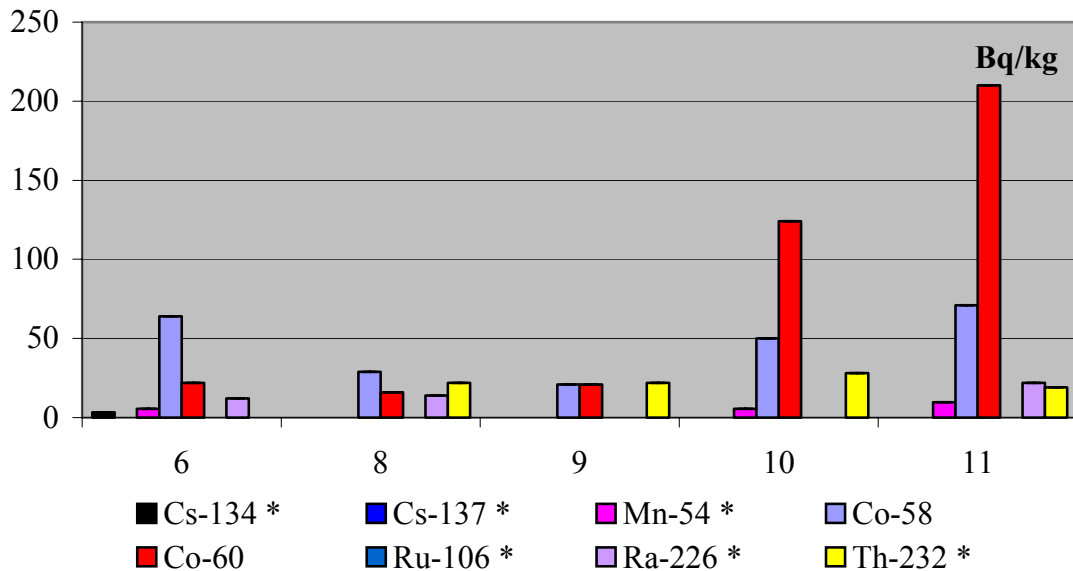
### Mossen in de Maas 1997: Falmignoule



Bij de site van **Ivoz-Ramet** vindt men afval van de kerncentrale van Tihange en aanvoer van het Samberbekken en de ziekenhuizen van de Naamse regio en het bekken van Charleroi.

De activiteitsniveaus blijven over het algemeen erg laag. In 1996 vond men in het mos meer radioactiviteit in radiokobalt (60 en in mindere mate 58) in oktober-november.

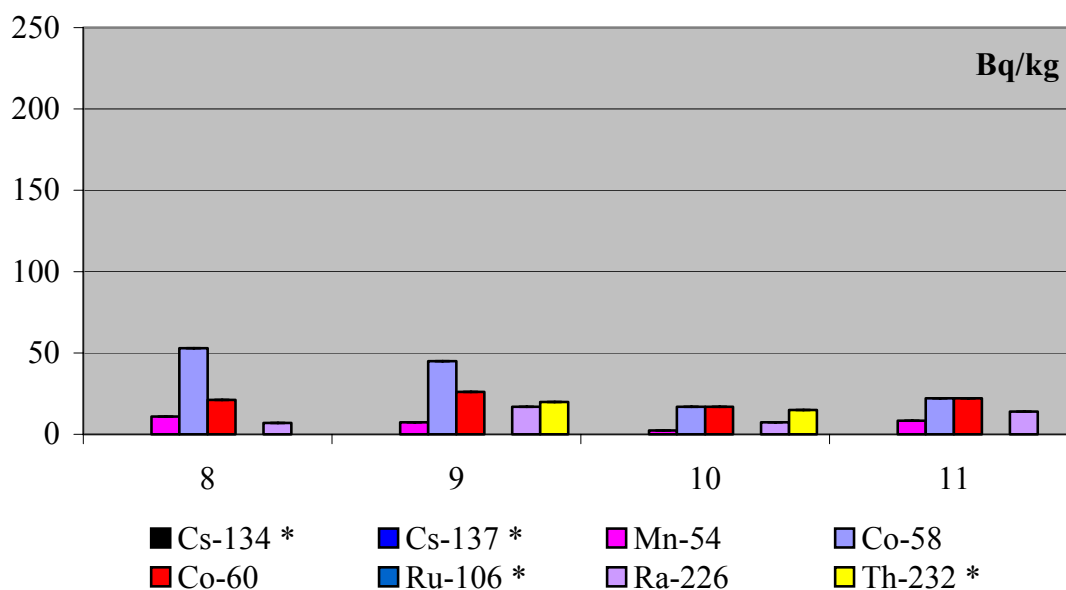
### Mossen in de Maas 1996: Ivoz-Ramet



Deze verhoging van het kobaltgehalte in het mos is afkomstig van grotere lozingen van dat radio-element door de productie-eenheid 3 van de nucleaire site. Op te merken valt dat diezelfde eenheid in mei-juni ook meer kobalt geloosd had (waaronder Co-58). Als het gehalte Co-60 van het mos in die periode lichtjes hoger ligt, dan is dat van Co-58 heel wat duidelijker.

In 1997, blijft het gehalte radiokobalt in het mos laag (in de orde van de waarden gemeten voor de natuurlijke radio-elementen  $^{226}\text{Ra}$  en  $^{232}\text{Th}$ ).

### Mossen in de Maas 1997: Ivoz-Ramet



### Conclusies:

In de gekozen bio-indicatoren voor de radioactieve besmetting kan men, door hun capaciteit om de radio-elementen in water op korte-middellange termijn te concentreren, sporen van radioactiviteit terugvinden (in de orde van diegenen gemeten voor natuurlijke radio-elementen  $^{226}\text{Ra}$  en  $^{232}\text{Th}$ ).

In deze waterplanten komt iedere lozing, hoe miniem ook, die afkomstig is van kerncentrales (alhoewel zij ver beneden de toegestane waarden blijft) duidelijk tot uiting. Via deze "biologische" controle, kan men dus een spoor vinden en bijhouden van iedere lozing die anders onopgemerkt zou kunnen blijven in de waterstalen die routinematig genomen worden, ongeacht het feit of het geloosde product al dan niet actief is. Dat komt door het integratievermogen voor radioactiviteit van deze planten.

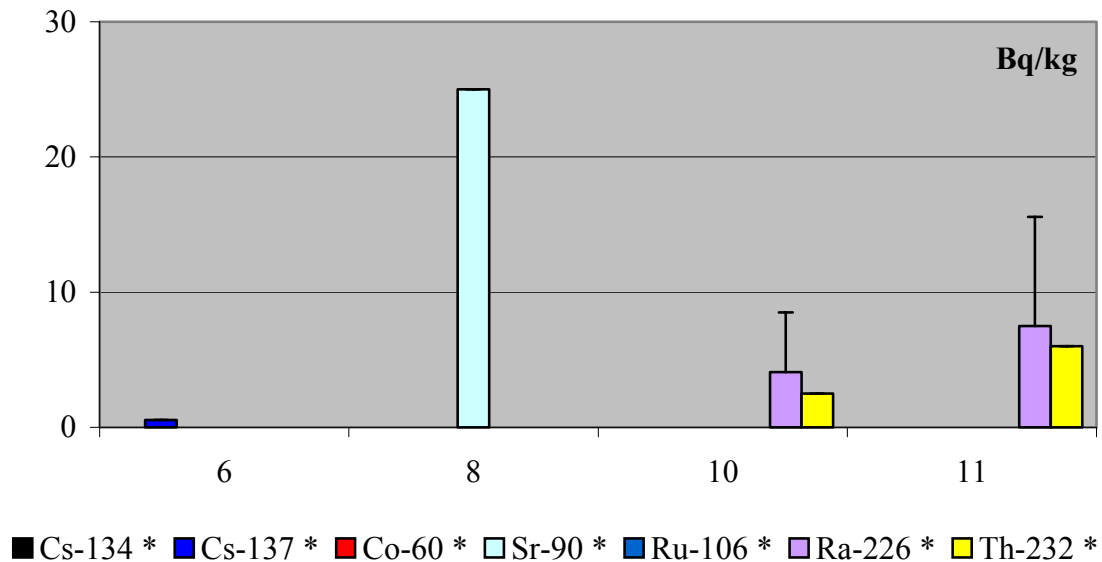
Dat soort controle moet in de toekomst behouden blijven en vervolledigd worden met gegevens "in real time" afgeleverd door het toezichthoudende net TELERAD (in het bijzonder door middel van het rivierbaken op de rechteroever van de Maas Heer-Agimont).

Globaal kan men stellen dat de radiologische situatie van het Maaswater goed is en dat er geen speciale problemen moeten worden gemeld.

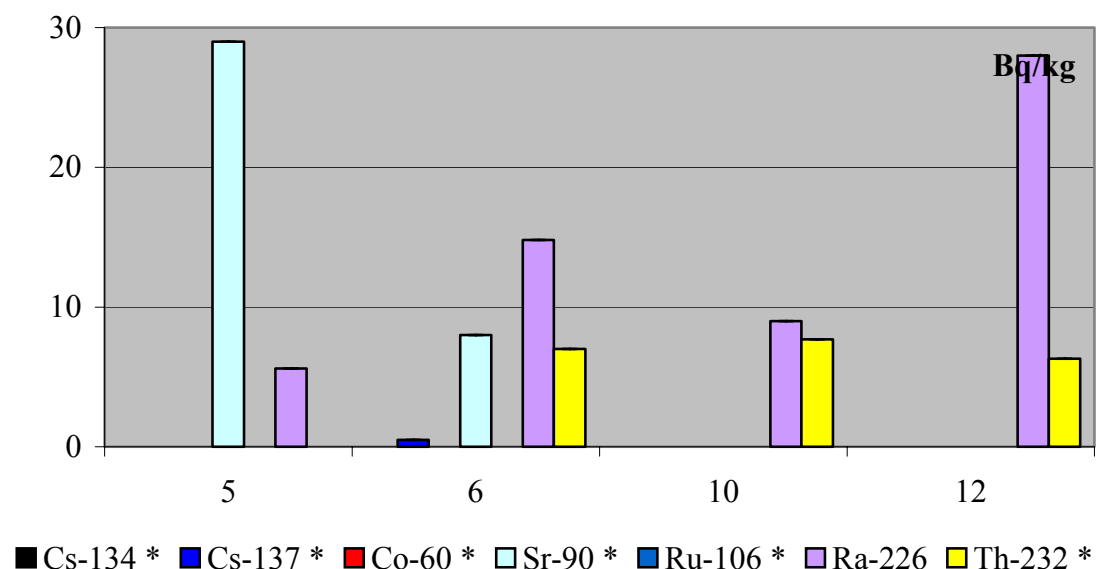
### 5.3.2. Fauna en flora van de Schelde

De zeealgen (*Fucus vesiculosus*) waarvan stalen genomen zijn in **Yerseke** (noordoostelijke zone van het schiereiland Beveland in Nederland) bevatten bijna geen radioactiviteit.

**Watervegetatie in de Schelde 1996 : Yerseke**



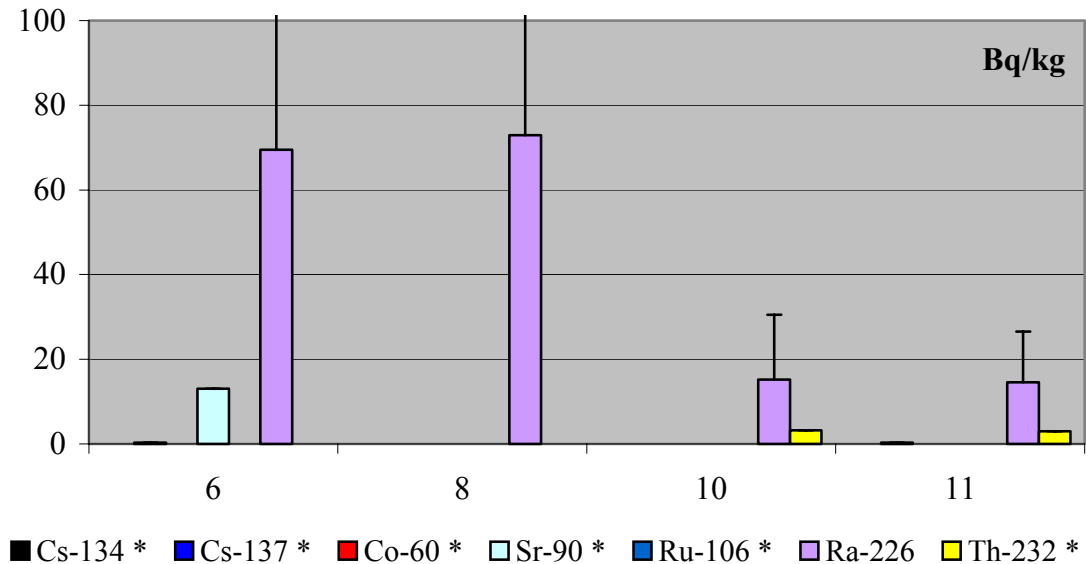
**Watervegetatie in de Schelde 1997 : Yerseke**



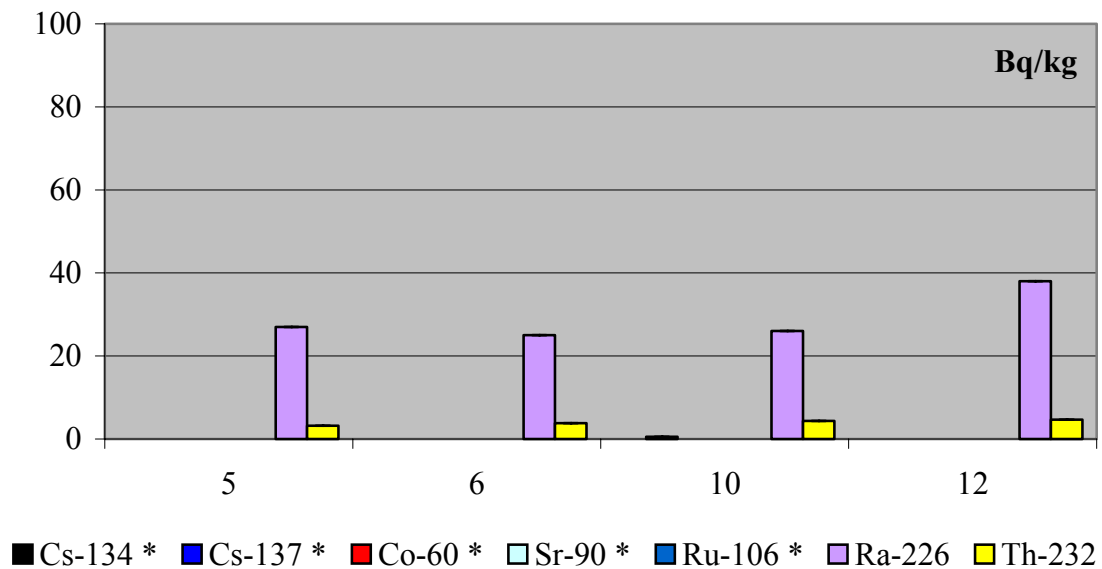
Men ontdekt hoogstens sporen van Ra-226, gedeeltelijk afkomstig van het industrieel Netebekken, Sr-90, dat niet afkomstig is van de afval van de kerncentrale van Doel maar zeker wijst op de aanwezigheid van afval van de opwerkingsfabriek (Sellafield?), en Th-232, een primair radio-element (gevormd bij de vorming van het zonnesysteem).

Wat de sites van **Kloosterzande** en **Hoofplaat** betreft, aan het estuariumgedeelte van de Schelde, ten noorden van de Belgisch-Nederlandse grens, zit er in de algenstalen (*Fucus vesiculosus*) voornamelijk radium 226 (sporen van thorium).

### Watervegetatie in de Schelde 1996 : Kloosterzande

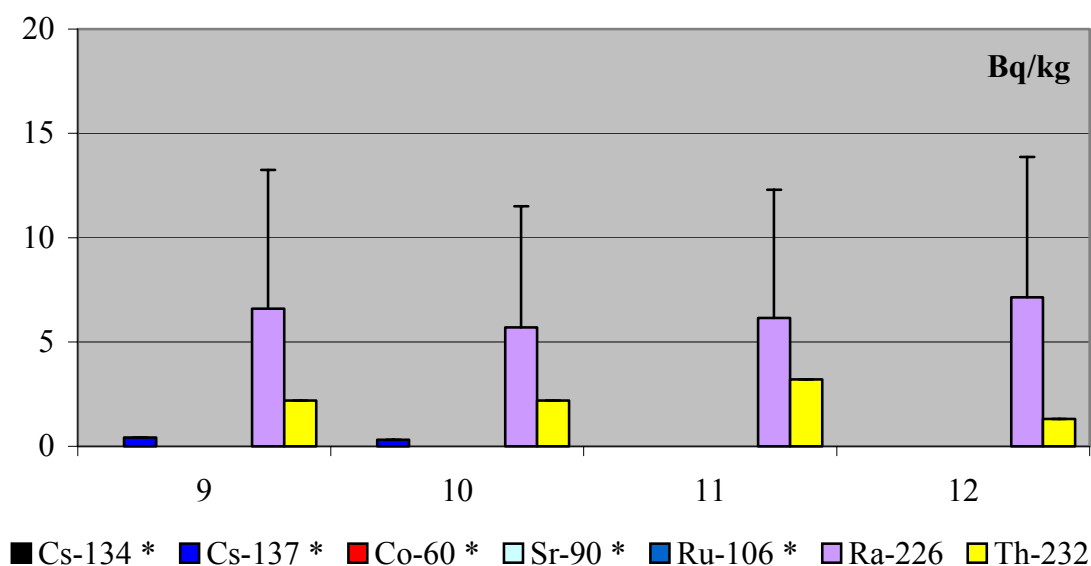


### Watervegetatie in de Schelde 1997 : Kloosterzande

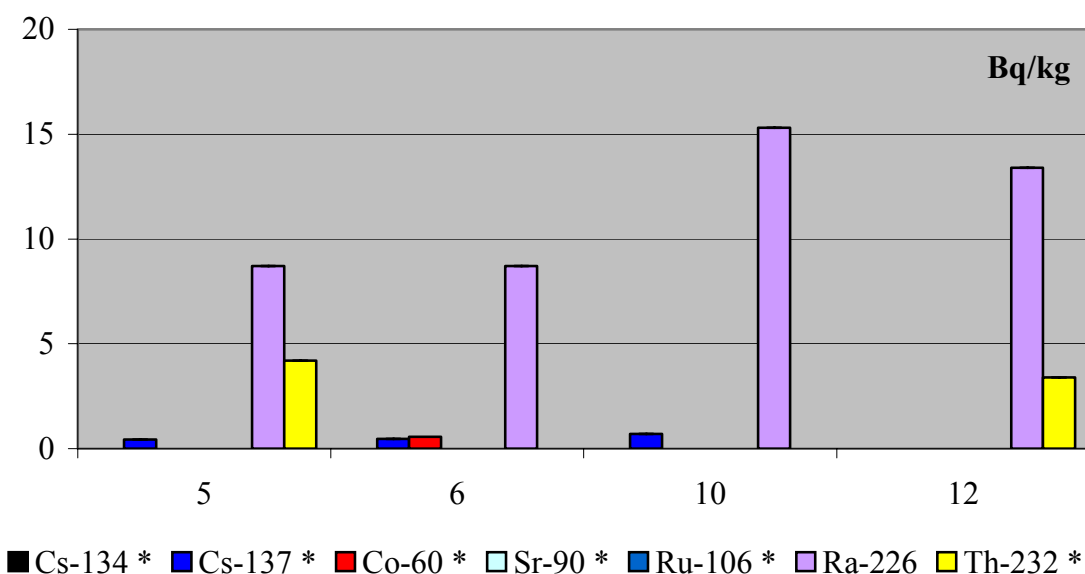


Deze staalafnamezones staan immers meer bloot aan de aanvoer van dat radio-element via het water van de Schelde waarin het water van het Netebekken al gevloeid is.

### Watervegetatie in de Schelde 1996 : Hoofdplaat



### Watervegetatie in de Schelde 1997 : Hoofdplaat



Wat radium betreft, blijven de waarden van de algen van de verschillende sites in dezelfde orde als diegenen gemeten sedert de jaren 1993. Dat bevestigt de opmerkingen gemaakt over de sedimenten en het water van de Schelde en de Nete waaruit blijkt dat de radiumwaarden in dezelfde orde liggen als de waarden geregistreerd gedurende de vorige jaren (men had een geleidelijke vermindering ervan ontdekt van 1991 tot 1995).

#### Conclusies:

Uit de analyse van de resultaten hierboven blijkt duidelijk dat de bioindicatoren van de radioactiviteit in het water verder moeten ingezameld worden. Die bioindicatoren kunnen op middellange termijn iedere wijziging van de concentratie van bepaalde radio-elementen in het water aan het licht brengen.

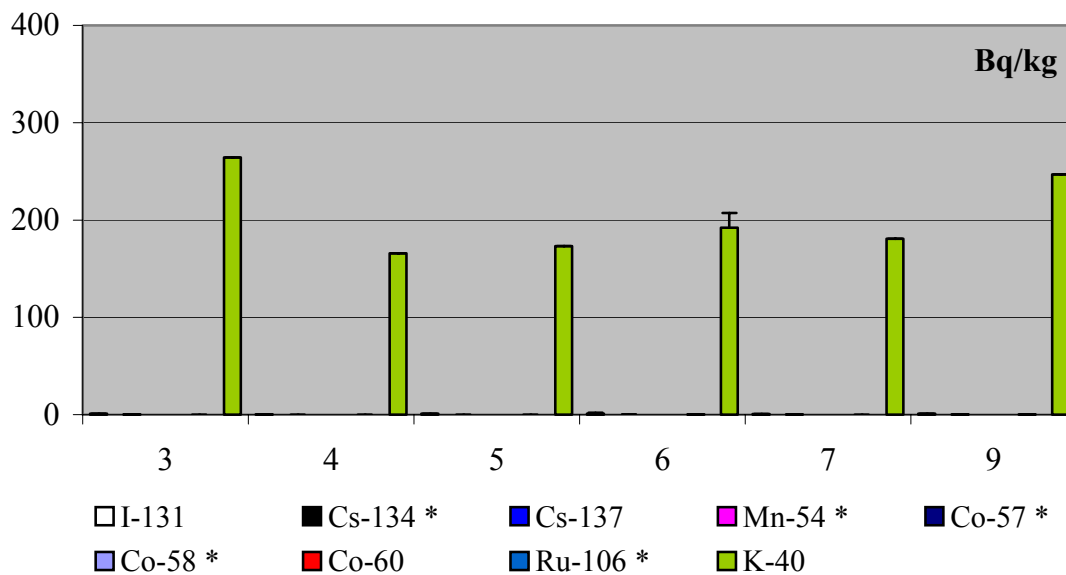
Die waarnemingen vervolledigen en verfijnen de gegevens aangevoerd door de analyse van sedimenten die, alhoewel er radioactiviteit in geconcentreerd wordt, een radiologische situatie integreren op langere termijn.

### 5.3.3. Fauna en flora in de Noordzee

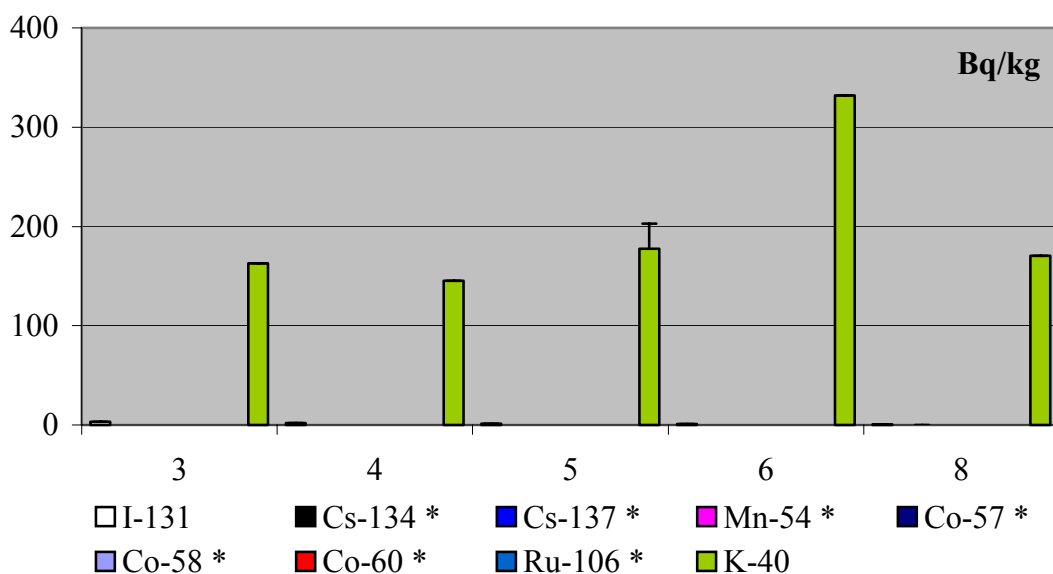
De voornaamste radio-elementen die ontdekt worden in de zeevegetatie (*Fucus vesiculosus*) zijn natuurlijke elementen: kalium 40, net als zware elementen zoals uranium (234, 238) en thorium.

Er worden echter ook sporen van kunstmatige radio-elementen ontdekt: jodium 131 en kobalt 60 (waarden nauwelijks groter dan de detectiedrempel) en uranium 235 en plutonium (op hetzelfde niveau als de detectiedrempels). Deze sporen van kunstmatige radioactiviteit komen van de kernindustrie: met name de centrales en zeker de opwerkingsfabrieken van kernbrandstof.

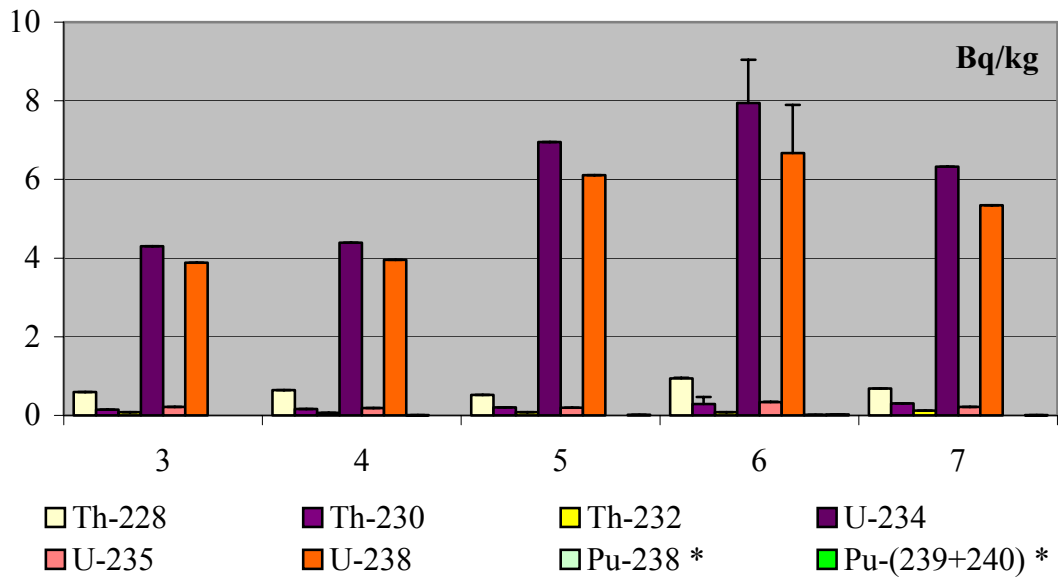
**Algen in de Noordzee 1996: beta-gammastralen**



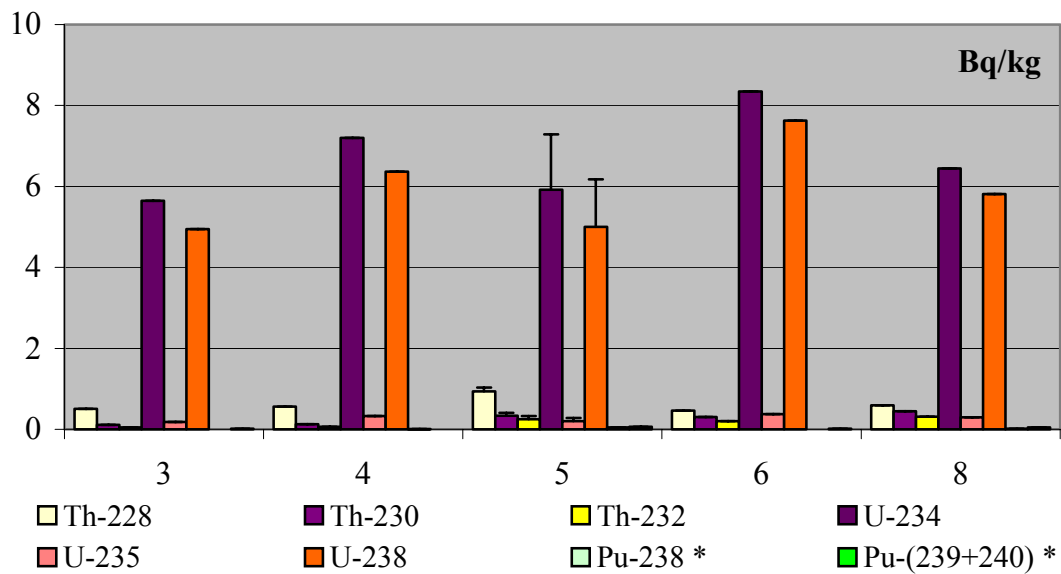
**Algen in de Noordzee 1997: beta-gammastralen**



### Algen in de Noordzee 1996 : Actiniden



### Algen in de Noordzee 1997 : Actiniden

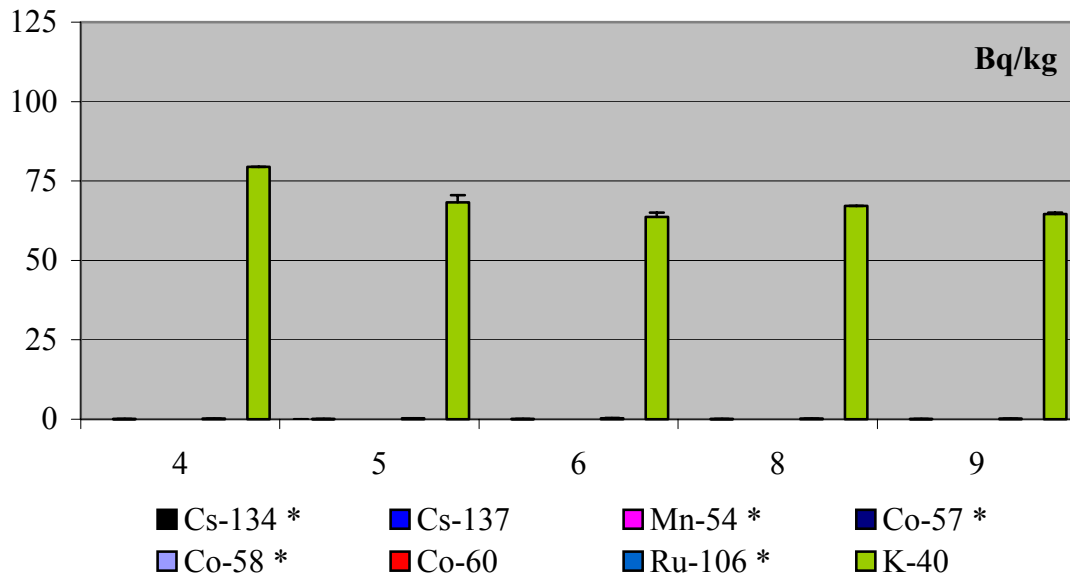


Voor de zee fauna (vissen), werden er staalafnamecampagnes gevoerd door de Belgica ter hoogte van Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge (in een strook van ongeveer 10 km). Van de weekdieren (mosselen *Mytilus edulis*) en de schaaldieren (garnalen) worden stalen genomen in Oostende.

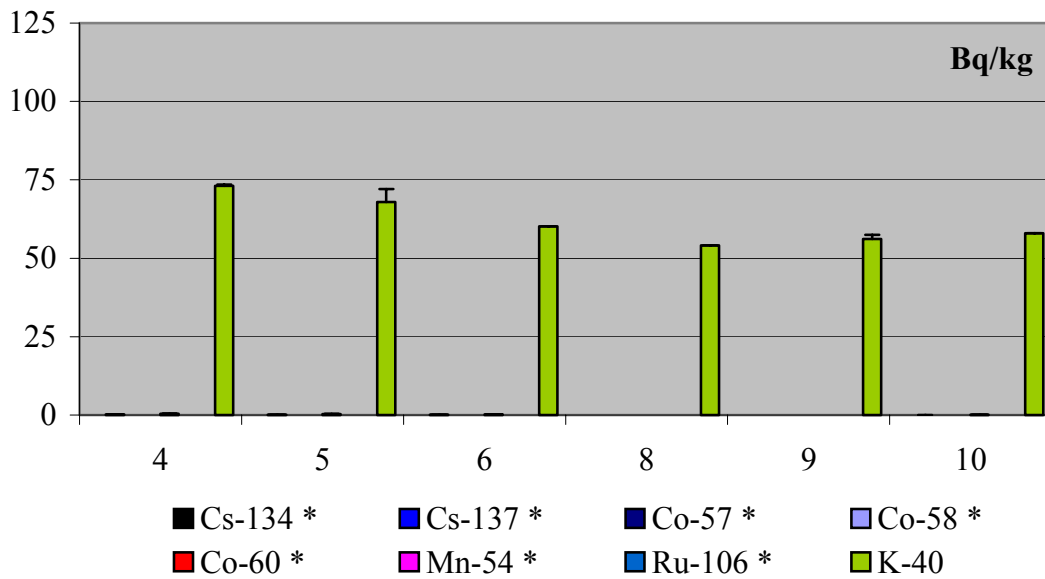
In de mosselen zitten sporen van kobalt die nauwelijks hoger zijn dan de detectiegrenzen. Dat wijst op nucleaire industriële activiteit (centrales, opwerkingsfabrieken).



### Mosselen in de Noordzee 1996 : beta-gammastralen

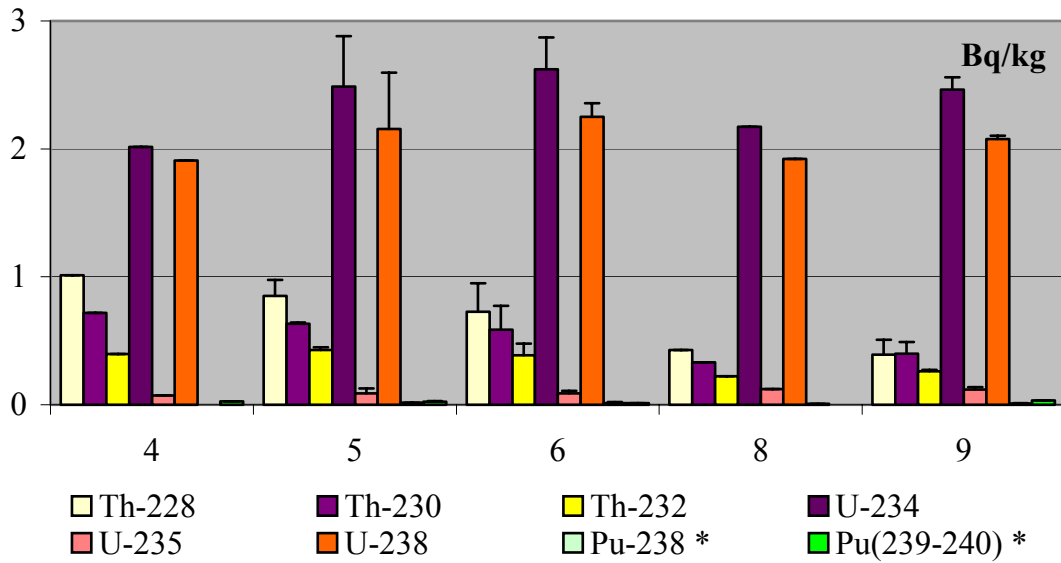


### Mosselen in de Noordzee 1997: beta-gammastralen

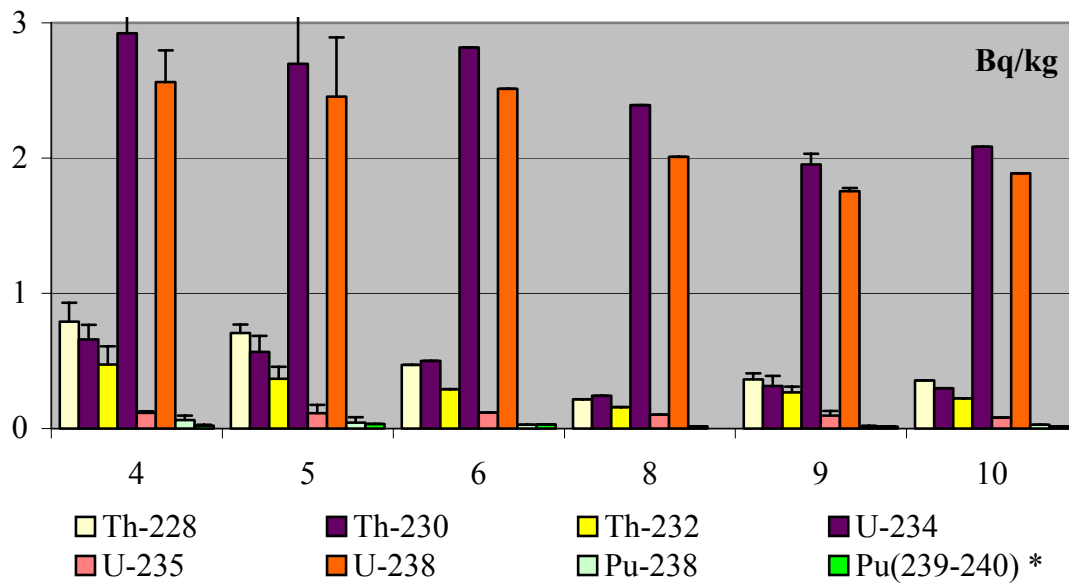


Wat de zware elementen betreft, vindt men in de mosselen natuurlijke elementen terug zoals thorium en uranium. Er zijn ook sporen van plutonium gevonden. Deze kunstmatige radioactiviteit is afkomstig van de werking van de kerncentrales en de opwerkingsfabrieken van splijtstof.

### Mosselen in de Noordzee 1996 : Actinides

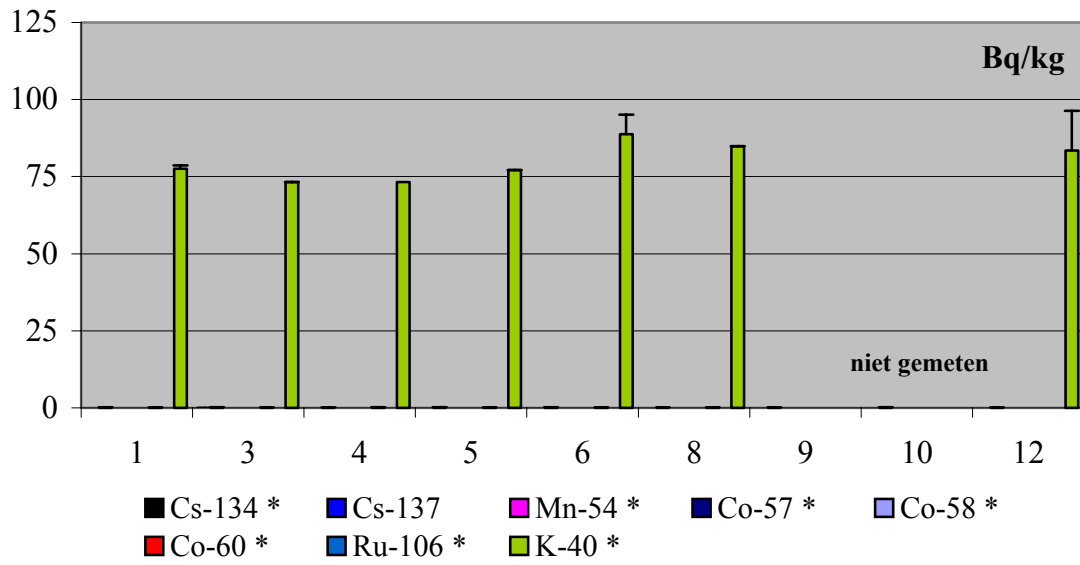


### Mosselen in de Noordzee 1997 : Actinides

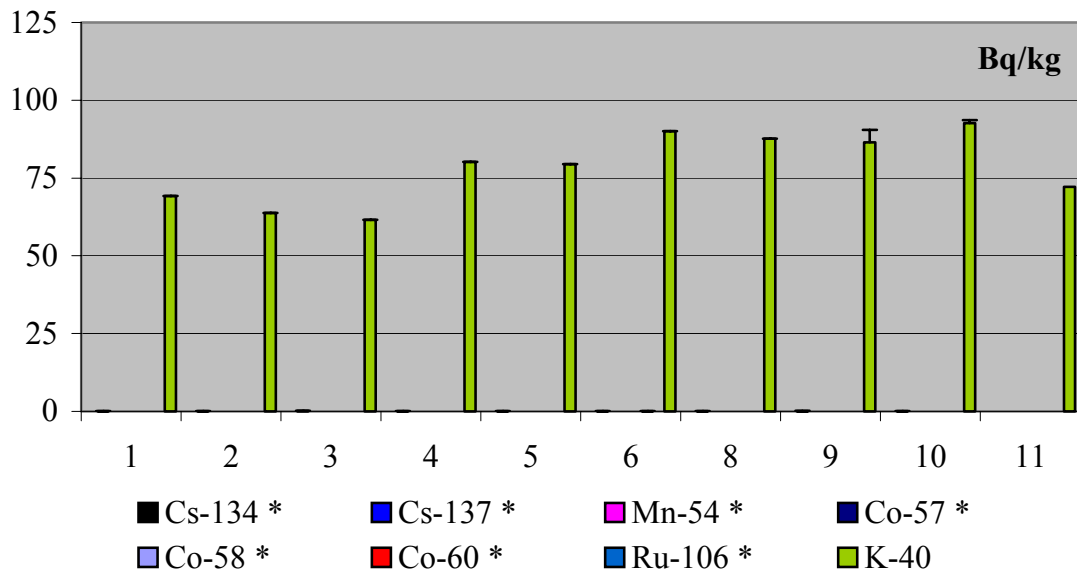


De gemeten schaaldieren bevestigen deze vaststelling. Er worden soms enkel sporen van plutonium ontdekt.

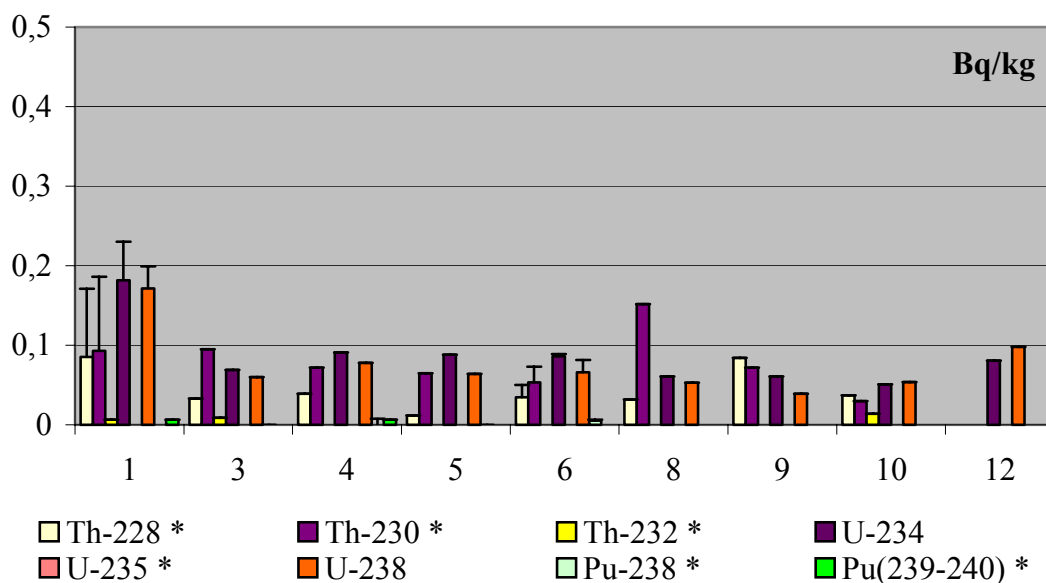
### Garnalen in de Noordzee 1996: Betagammastralen



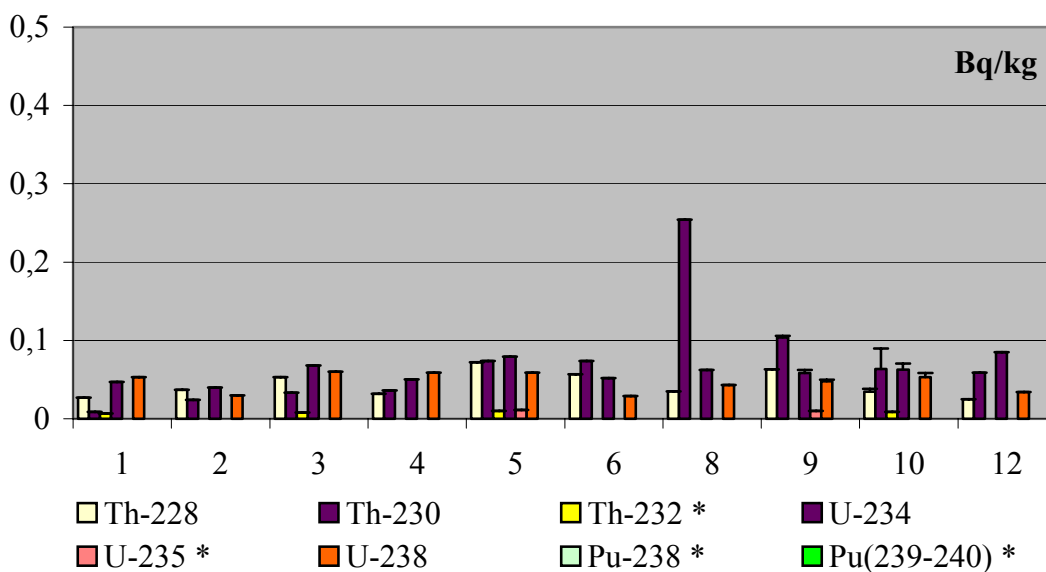
### Garnalen in de Noordzee 1997: Betagammastralen



### Garnalen in de Noordzee 1996 : Actiniden

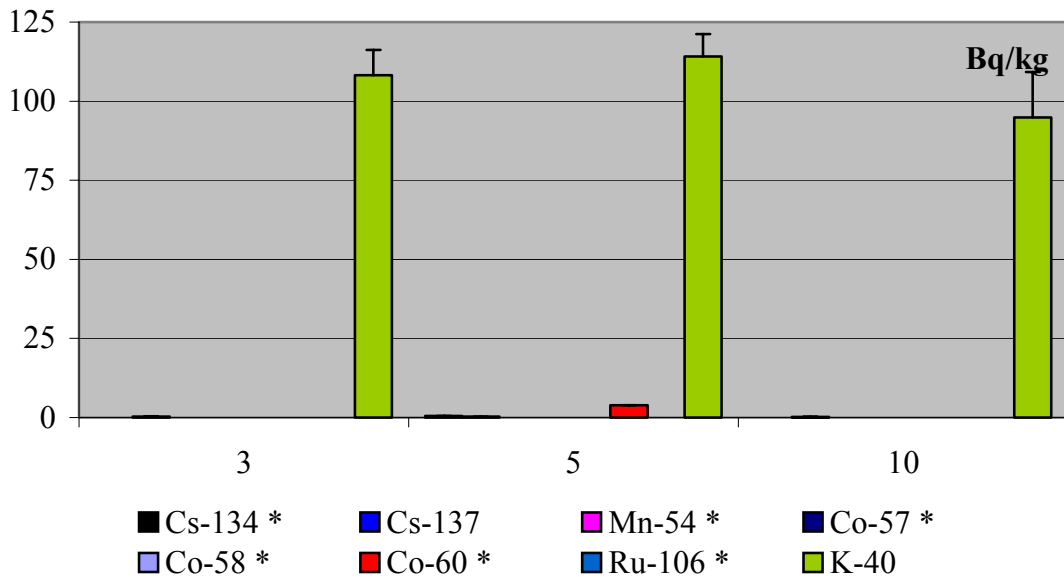


### Garnalen in de Noordzee 1997 : Actiniden

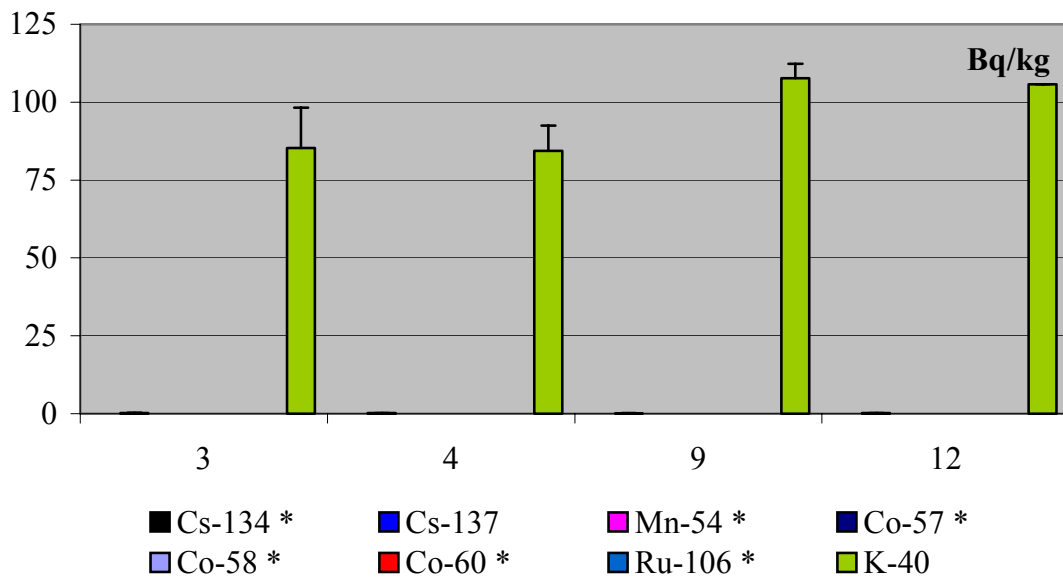


Wat de visstalen afkomstig van de campagnes van de Belgica betreft (voornamelijk platvissen zoals tong, schartong, schol, enz.): hierin vindt men soms sporen van kobalt en plutonium. De natuurlijke elementen – kalium en thorium/uranium – zijn altijd aanwezig en makkelijk te detecteren.

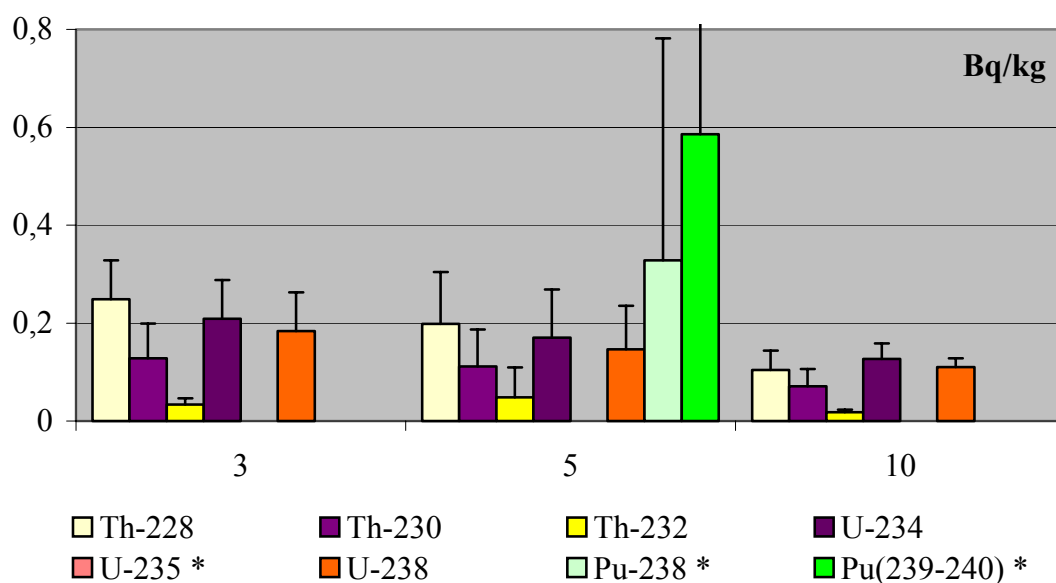
### Platvissen in de Noordzee 1996 : beta-gammastralen



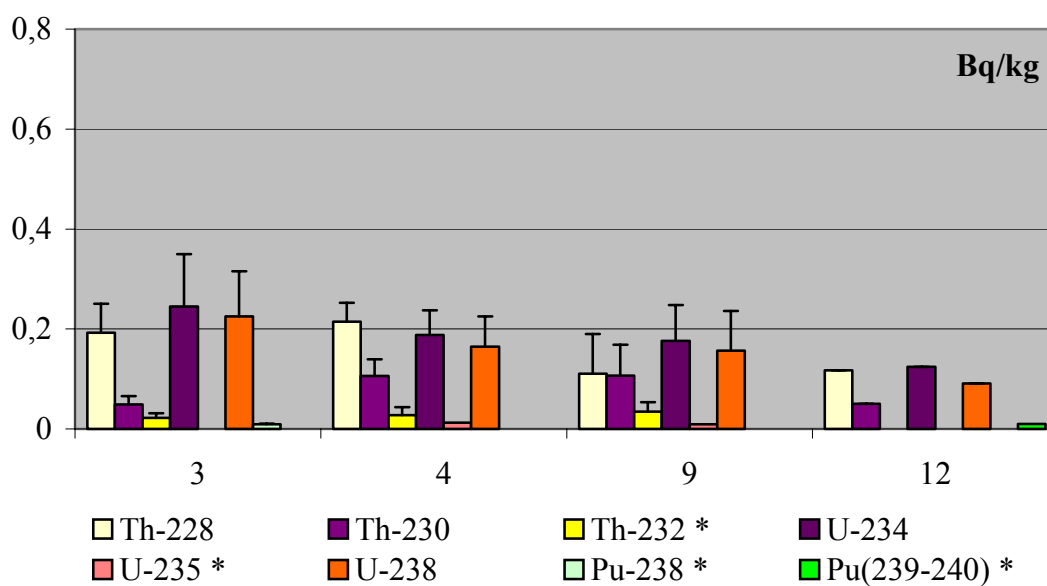
### Platvissen in de Noordzee 1997 : beta-gammastralen



### Platvissen in de Noordzee 1996: Actiniden



### Platvissen in de Noordzee 1997 : Actiniden



#### Conclusies:

Geen bijzondere radiologische problemen te noteren. De waarden van de kunstmatige radio-elementen blijven ver onder die van de natuurlijke elementen zoals kalium 40, thorium en uranium.

## 6. RADIOACTIVITEIT VAN DE VOEDSELKETEN

Sedert het begin van de jaren 60 heeft het WIV (het toenmalige LP) een studie opgezet van de radiologische besmetting van de voedselketen. Daartoe werden stalen genomen van melk, vlees, zee- en riviervis en van groenten. De stalen werden maandelijks opgehaald in de handel. Vervolgens werden zij geanalyseerd en werd het gehalte aan radionucliden bepaald.

De radiologische besmetting van voedingswaren is voornamelijk afkomstig van de aanwezigheid van splijtstoffen met een lange levensduur zoals  $^{90}\text{Sr}$  en  $^{137}\text{Cs}$  die vooral tot stand kwamen als gevolg van de kernproeven die in de atmosfeer plaatsvonden in de jaren zestig.

Bij een eventueel ongeval (zoals dat van Tchernobyl), zal de verhoogde radiologische besmetting vooral te wijten zijn aan de aanwezigheid van  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , eventueel  $^{103,106}\text{Ru}$ , enz.

Na meerdere jaren observatie blijkt uit dat controleprogramma duidelijk dat de invloed van de kerninstallaties helemaal niet merkbaar is bij het meten van de radioactiviteit van voedingswaren.

### 6.1. Het DRINKWATER

Dat water wordt aandachtig bestudeerd gezien de belangrijke rol dat het kan spelen bij de transfer van radioactiviteit op de mens.

De controle van de drinkwaterkwaliteit wordt uitgevoerd in verschillende Belgische gemeenten. De waterverdeling is afhankelijk van verschillende maatschappijen en een groot aantal kleine intercommunales.

Daar wordt de totale alfa en beta radioactiviteit, radium 226, kalium 40 (natuurlijk) en tritium gemeten. Enkel dat laatste kan gedetecteerd worden. De metingen blijven net boven de detectiedrempels van de meettoestellen als zij significant zijn.

Tot in 1998 waren er geen Europese normen voor radioactiviteit voor drinkwater waarbij het principe "ALARA" – As Low As Reasonably Achievable, zo laag als redelijkerwijs mogelijk - van toepassing was. In een aanbeveling van de WGO stonden niettemin de volgende niveaus:

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

Sedert november 1998 heeft de Europese Unie een richtlijn vastgesteld met als referentie **98/83/CE van de Raad van 3 november 1998 inzake de kwaliteit van het water bestemd voor menselijke consumptie**. Deze richtlijn behandelt de microbiologische, chemische en radioactieve aspecten. In verband met dat laatste punt moet opgemerkt worden dat de technische bijvoegsels waarin de analyses staan die uitgevoerd moeten worden en de toepassingsvoorwaarden van de richtlijnen nog afgewerkt moeten worden.

De richtlijn preciseert daarentegen twee parametrische waarden die gerespecteerd moeten worden: *100 Bq/liter tritium (H-3)* en een *totale jaarlijkse aangewezen dosis van 0,1 mSv* (bij de berekening van deze dosis houdt men geen rekening met de bijdrage van tritium, kalium 40, radon en de aanverwante producten).

Inzake de noodzaak om al dan niet de totale aangewezen dosis te berekenen, richt men zich in de technische bijlagen op twee benaderingen gebaseerd op de "screeningwaarden". De lidstaten kunnen kiezen voor de ene of de andere in functie van hun gewoonten en voorkeuren inzake radiologisch toezicht van het milieu en de bevolking.

Deze screeningwaarden zorgen er daarentegen voor dat de controle van het water vergemakkelijkt wordt en dat er geen nodeloos kostelijke analyses worden uitgevoerd, terwijl men zich ervan vergewist dat het verdeelde water wel degelijk aan de normen voldoet. In de twee gevallen dient de parametrische waarde van 100 Bq/liter voor tritium ook als screeningwaarde.

De eerste benadering, de "*globale*" genoemd steunt op een evaluatie van de globale natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit met screeningwaarden van 0,1 Bq/liter voor de alfatotalen en 1 Bq/liter voor de betatotalen. Op basis van deze waarden kan men het water snel "sorteren". Als deze waarden overschreden worden, past het te controleren of de natuurlijke radioactiviteit niet verantwoordelijk is voor de gemeten niveaus en in het tegenovergestelde geval moet een maximum aan radio-elementen geanalyseerd worden (beta, alfa en gammaspectrometrie) en moet de totale aangewezen dosis berekend worden om ze te vergelijken met de parametrische waarde van 0,1 mSv/jaar.

De tweede benadering, de "*specifieke analyse van radionucliden*" genoemd steunt op het meten van een aantal radio-elementen (uranium, in  $\beta$ : C-14 en Sr-90, in  $\alpha$ : Pu-239 en Am-241, in  $\gamma$ : Co-60, Cs-134/137 en I-131) waarvan de waarden lager moeten liggen dan de referentieconcentraties.

Als één van de screeningwaarden overschreden wordt of één van de referentieconcentraties, moeten volledige analyses voor  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$  uitgevoerd worden om de totale aangewezen dosis te berekenen op basis van de conversiefactoren die vermeld worden in de "Basic Safety Standards" van Richtlijn 96/29/EURATOM (voor een jaarlijkse opname van 250 liter voor kinderen van minder dan 1 jaar, 350 liter voor kinderen van 1 tot 10 jaar en 730 liter voor volwassenen en kinderen die ouder zijn dan 10 jaar).

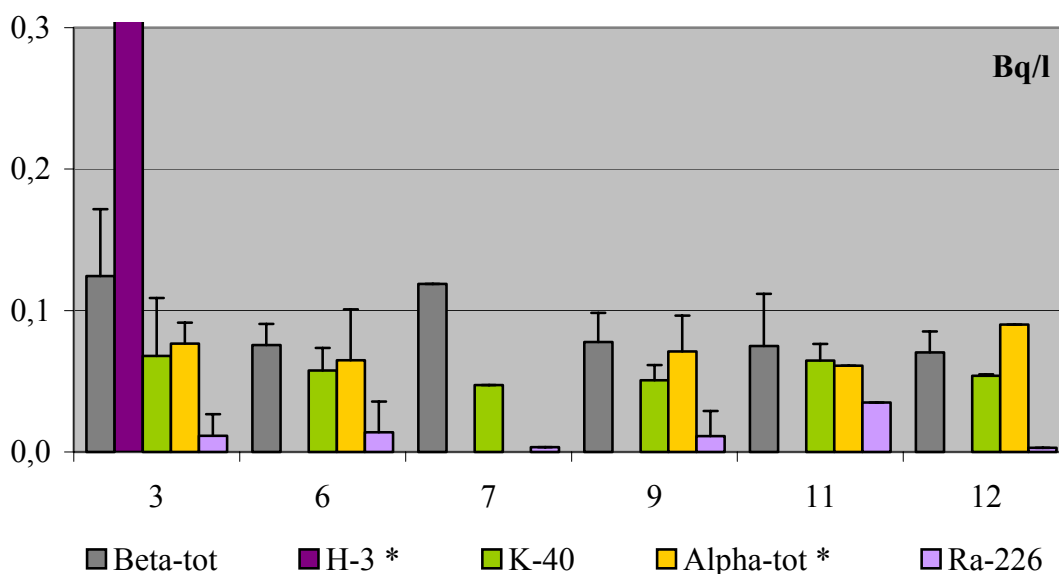
In België, waar tientallen waterwinningspunten gevestigd zijn, meer bepaald in Wallonië in de kleine gemeenschappen, zal een algemeen controleplan moeten uitgewerkt worden voor het water om deze nieuwe richtlijn te kunnen toepassen en te respecteren. Het programma voor radiologisch toezicht van het territorium controleert reeds de grootste verdelers van drinkbaar water.

De **BIWM** zorgt voor de bevoorrading van een groot deel van de Belgische bevolking, met onder andere de agglomeraties Brussel en Antwerpen. Er werden vier controlepunten grondwaterlaag) weerhouden: Modave (Modave), Crupet (Assesse), Vedrin (Namur), Braine-l'Alleud (Braine-l'Alleud).

In 1996 :



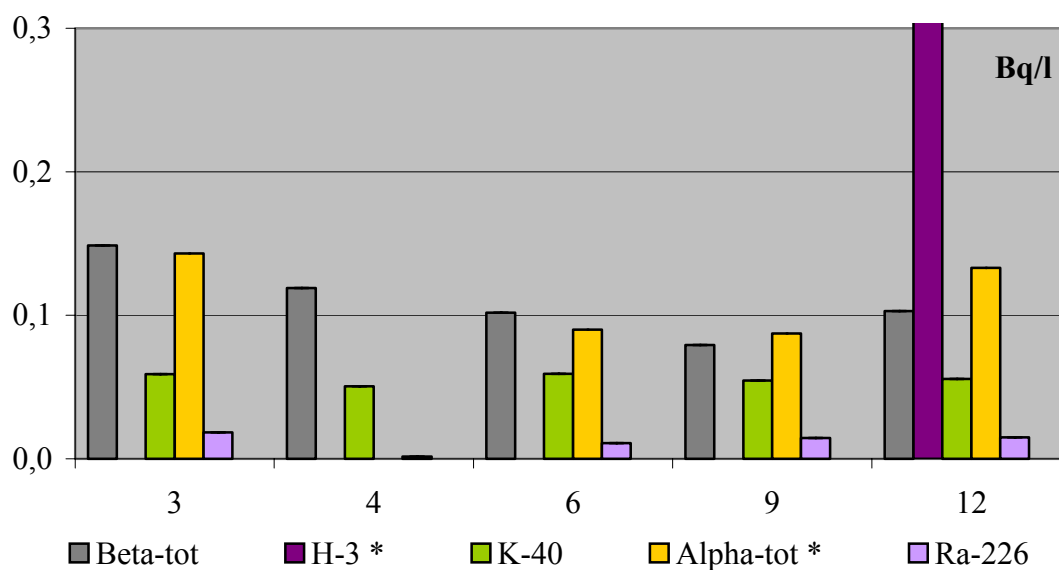
### Drinkwater1996: BIWM



De gedetailleerde analyse van de resultaten toont dat het water over het algemeen beantwoordt aan de Europese normen, de waterwinning in Namen kan voor problemen zorgen. De totale alfawaarden benaderen namelijk de screeningwaarde van 0,1 Bq/liter. Deze situatie wordt verklaard door hogere waarden Ra-226 (natuurlijk) die schommelen van 0,03 tot 0,04 Bq/liter, dus lager dan 20% de referentieconcentratiewaarde van 0,5 Bq/l, of 0,1 Bq/l. Deze waterwinning moet dus bijzonder in het oog gehouden worden. Men detecteert ook sporen van tritium in Modave : 7 Bq/liter (detectiegrens: 5,6 Bq/liter).

In 1997:

### Drinkwater 1997: BIWM

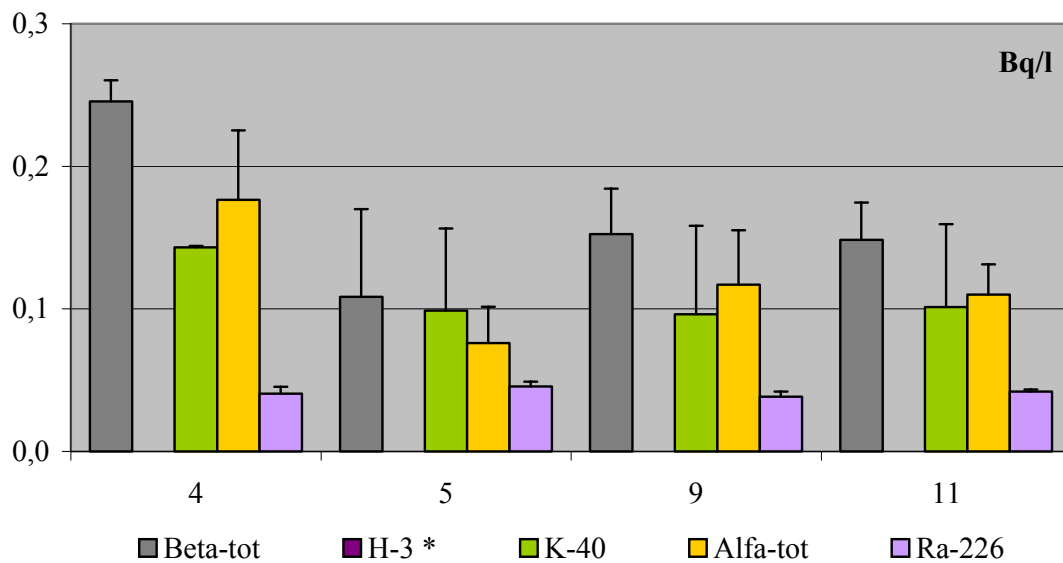


De problemen met de waterwinning in Namen worden in 1997 herhaald, met deze keer totale alfawaarden die hoger liggen dan de screeningwaarde van 0,1 Bq/l (de Ra-226 waarden

blijven op 0,04 Bq/l). Voor deze winning zou het passen om volledige analyses uit te voeren (alfa, beta en gamma spectrometrie), de totale aangewezen dosis te berekenen en te vergelijken met de parametrische waarde van 0,1 mSv/jaar. Er zijn sporen van tritium gevonden te Modave, Assesse en Eigenbrakel.

De **TMVW**, met twee weerhouden controlepunten (grondwaterlagen) – Hautrage (St Ghislain) en Blicquy (Leuze-en-Hainaut-Beloeil), verdeelt water met een soortgelijke radiologische kwaliteit.

### Drinkwater 1996 : TMVW



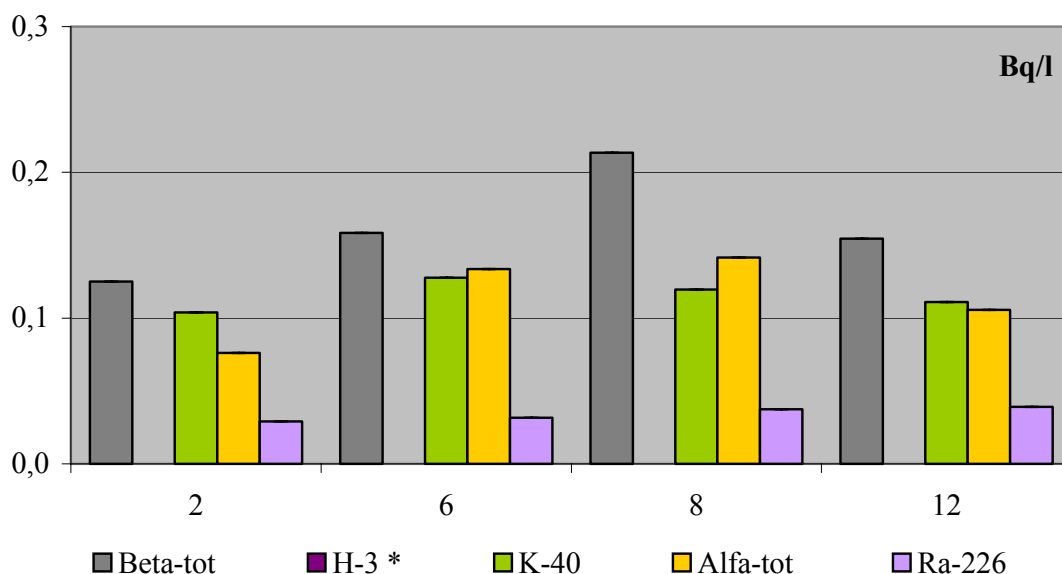
De waterwinning te St Ghislain schept enkele problemen in 1996 omdat de totale alfawaarden de screeningwaarde van 0,1 Bq/liter overschrijden en als dusdanig gedetailleerder onderzocht moeten worden in de toekomst: volledige spectrometrie en berekening van de totale aangewezen dosis.

In 1997:

De waterwinning te St Ghislain en in mindere mate in Leuze-en-Hainaut-Belœil zorgt opnieuw voor problemen: de totale alfawaarden overschrijden nog altijd 0,1 Bq/liter. Dat wordt gedeeltelijk verklaard door de aanwezigheid van radium-226 (tussen 0,03 en 0,05 Bq/l).

Ook hier zal het dus nodig zijn om in de toekomst meer doorgedreven analyses uit te voeren als deze situatie blijft verder duren. De berekening van de totale aangewezen waarde moet ook uitgevoerd worden.

## Drinkwater 1997: TMVW



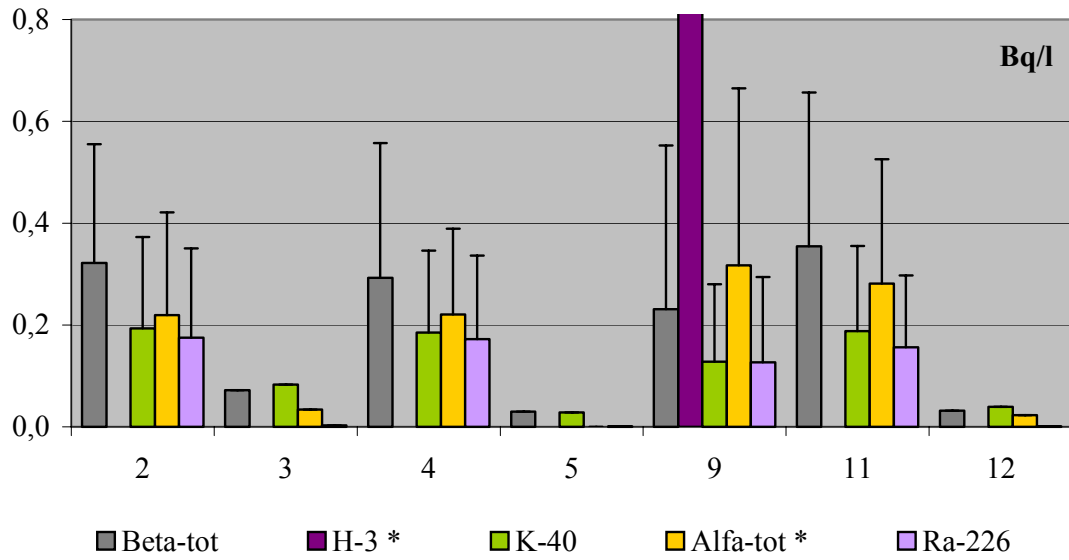
De **SWDE** (Société wallonne de distribution d'eau), met drie gecontroleerde distributiepunten (grondwaterlagen) - Neufvilles (Soignies), St Léger (St Léger) en Yves-Gomezée (Walcourt) - verdeelt ook water dat soms voor problemen zorgt wat de totale alfawaarden betreft.

Het is namelijk zo dat het gewonnen water van St Léger en in mindere mate dat van Soignies de screeningwaarde van 0,1 Bq/l in  $\alpha$  totalen overschrijden: voor St léger gaat het om waarden van 0,3 tot 0,5-0,6 Bq/l.

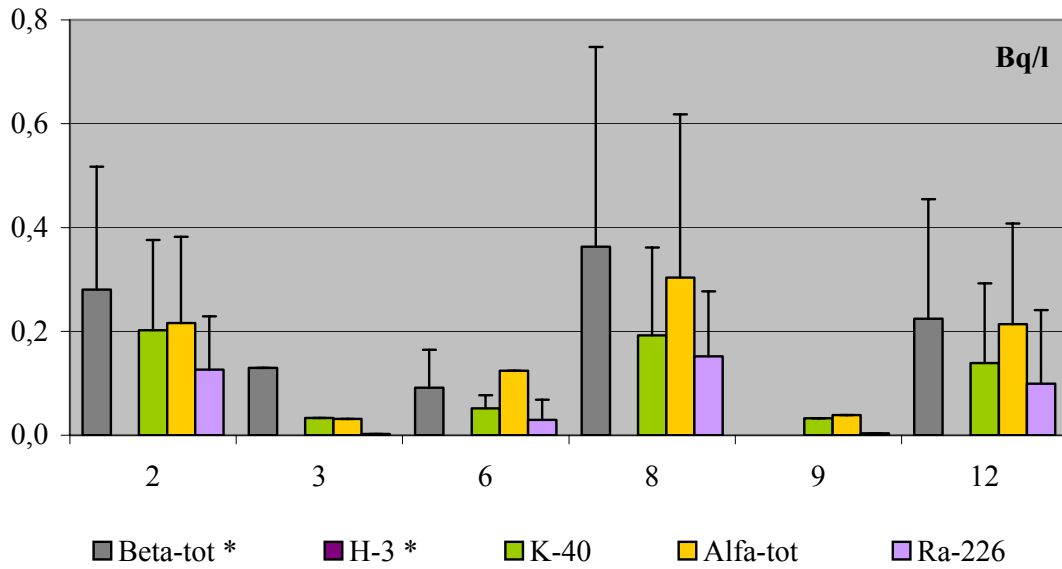
Zoals hierboven uitgelegd zijn deze waarden gedeeltelijk te verklaren door de aanwezigheid van radium 226 waarvan de waarde vaak meer dan 0,1 Bq/l, of 20% van de referentieconcentratiewaarde voor dat element overtreft. Opmerking: als tritium detecteerbaar is, is het aanwezig in lage concentratieniveaus, in de orde van 5-6 Bq/liter.

Het zal in de toekomst nodig zijn om deze waterwinningspunten nauwkeurig te controleren om de totale aangewezen waarde te kunnen berekenen.

### Drinkwater 1996 : S.W.D.E.



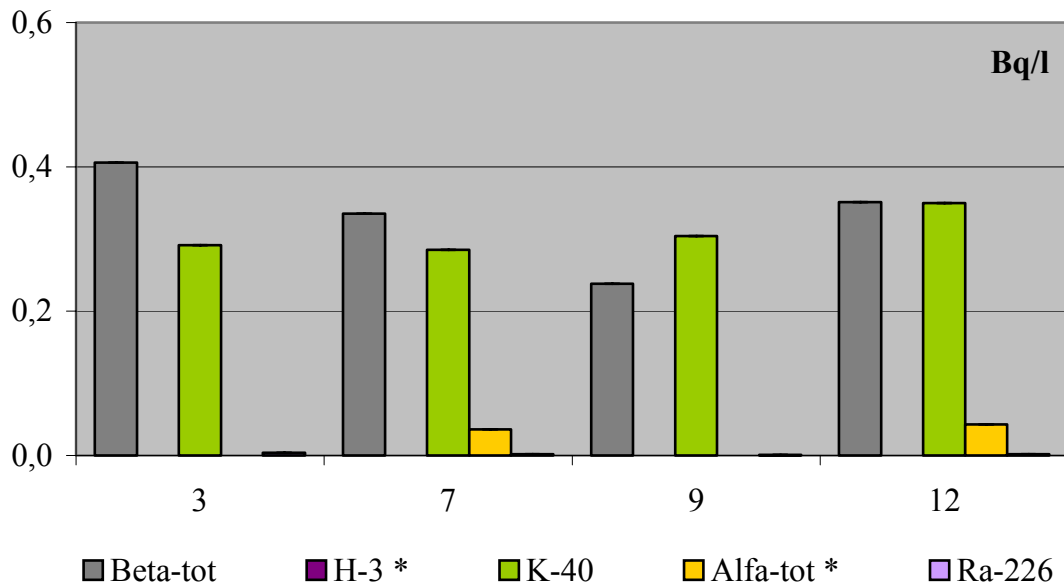
### Drinkwater 1997: S.W.D.E.



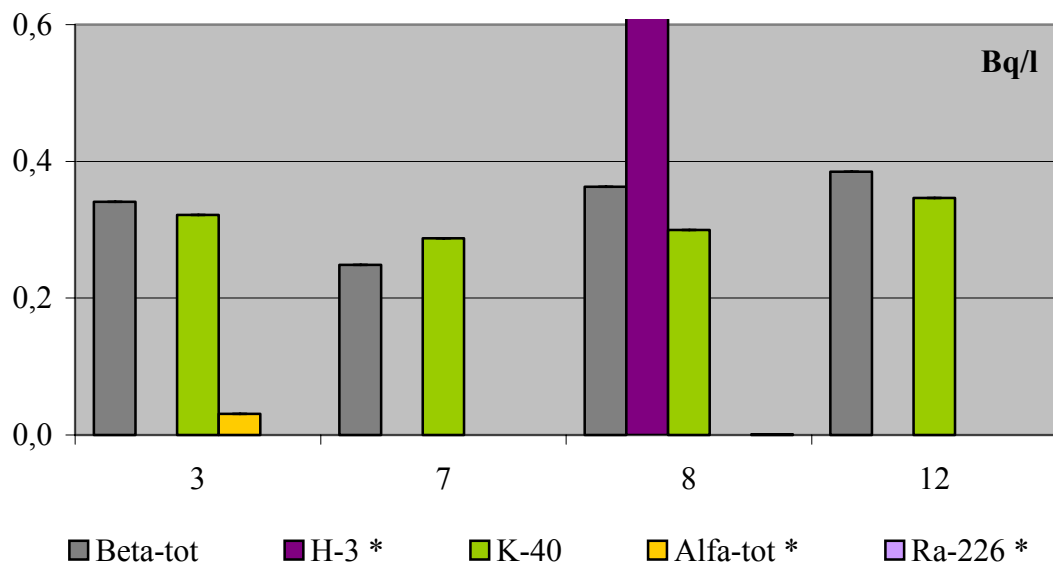
Wat de **VMW** betreft, wordt er rekening gehouden met één controlepunt (grondwaterlaag) te Kluizen (Evergem).

Dat water beantwoordt probleemloos aan de richtlijn voor drinkbaar water van de Europese Commissie. In augustus 1997 ontdekt men een beetje tritium (5 Bq/l) waarvan de waarde iets hoger ligt dan de detectiedrempel voor dat element (3,9 Bq/l).

### Drinkwater 1996: VMW (Evergem)



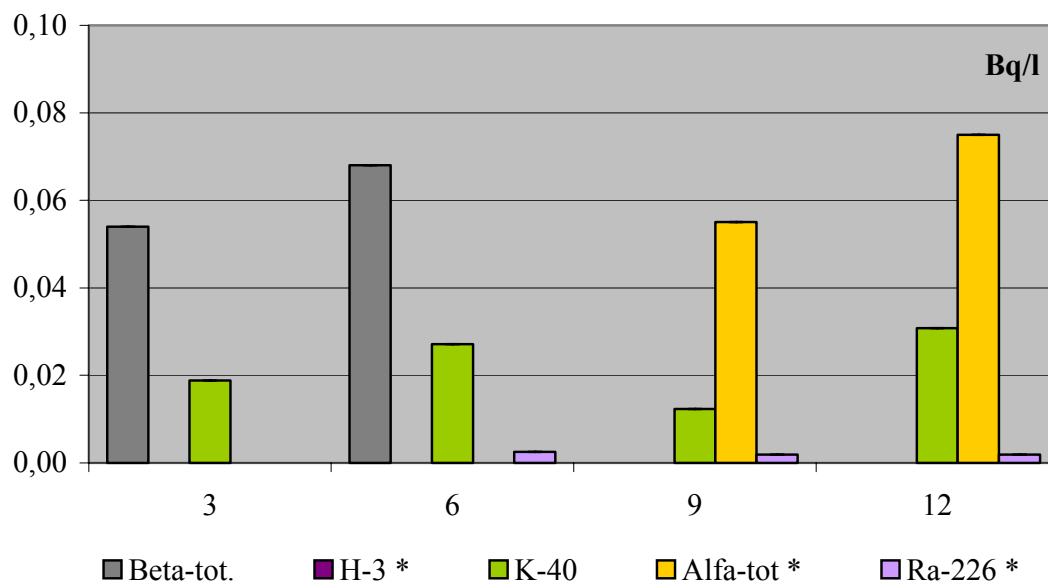
### Drinkwater 1997 : VMW (Evergem)



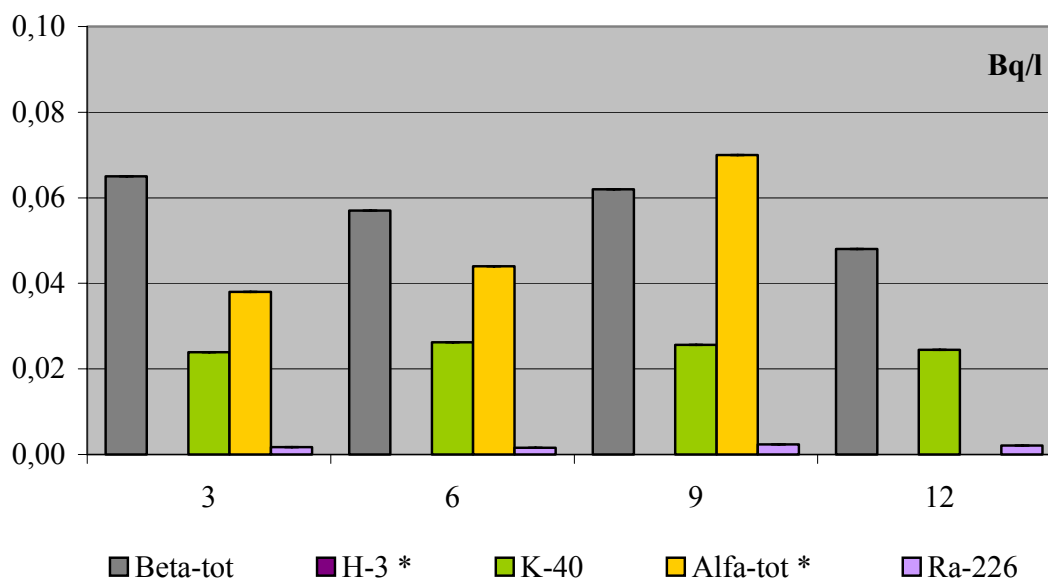
Voor de **Intercommunale de Liège** zijn er twee controlepunten (grondwaterlagen): Ocquier (Clavier) en Hollogne (Grâce-Hollogne-Liège).

Voor Clavier zijn er globaal geen problemen, noch in 1996, noch in 1997. De totale alfawaarden moeten echter wel in het oog gehouden worden want zij leunen aan bij de screeningwaarde van 0,1 Bq/liter.

### Drinkwater 1996 : Clavier

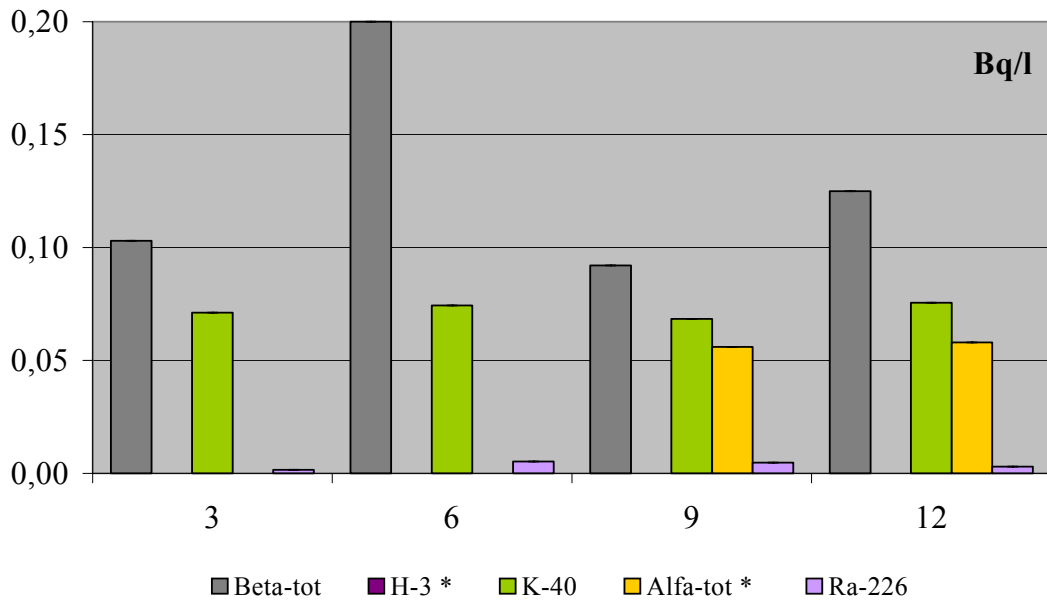


### Drinkwater 1997 : Clavier

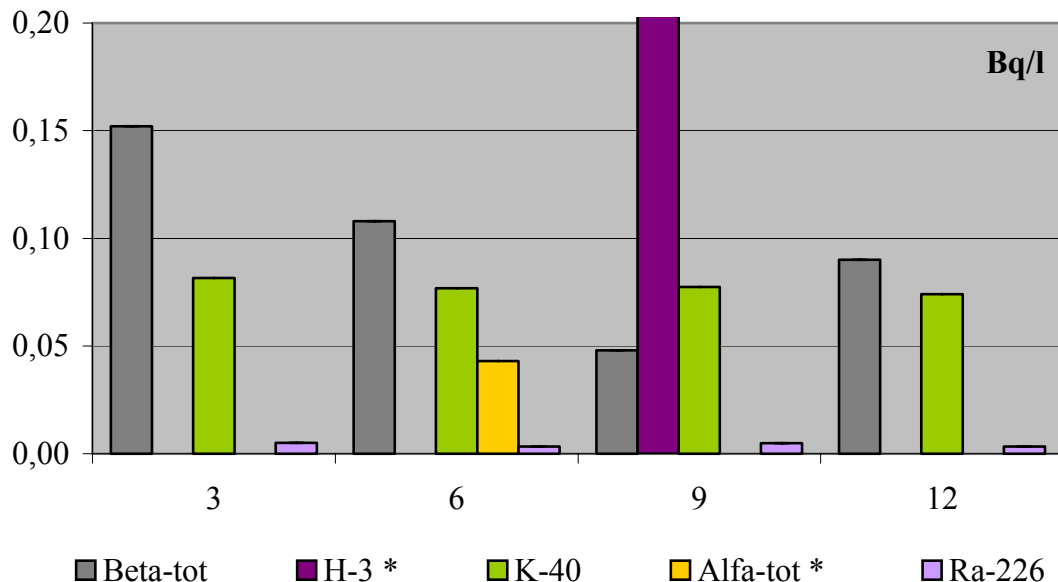


Voor de waterwinning van Grâce-Hollogne-Liège zijn er over het algemeen geen problemen, noch in 1996, noch in 1997. In september 1997 noteert men een tritiumwaarde die hoger ligt dan de detectiedrempel van de meettoestellen: 5 Bq/liter (waarde van de detectiegrens: 3,9 Bq/liter).

### Drinkwater 1996 : Luik

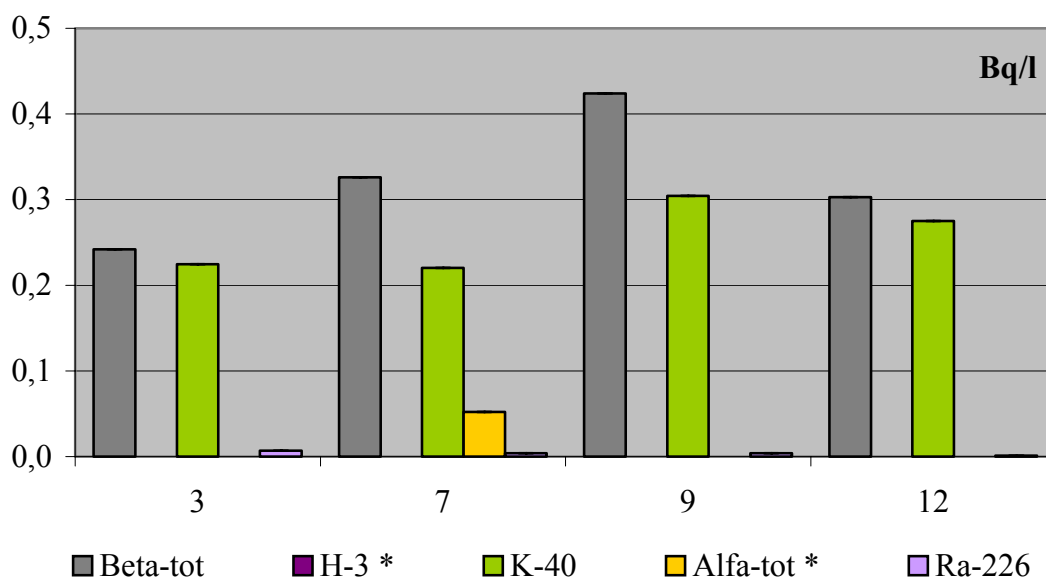


### Drinkwater 1997 : Luik

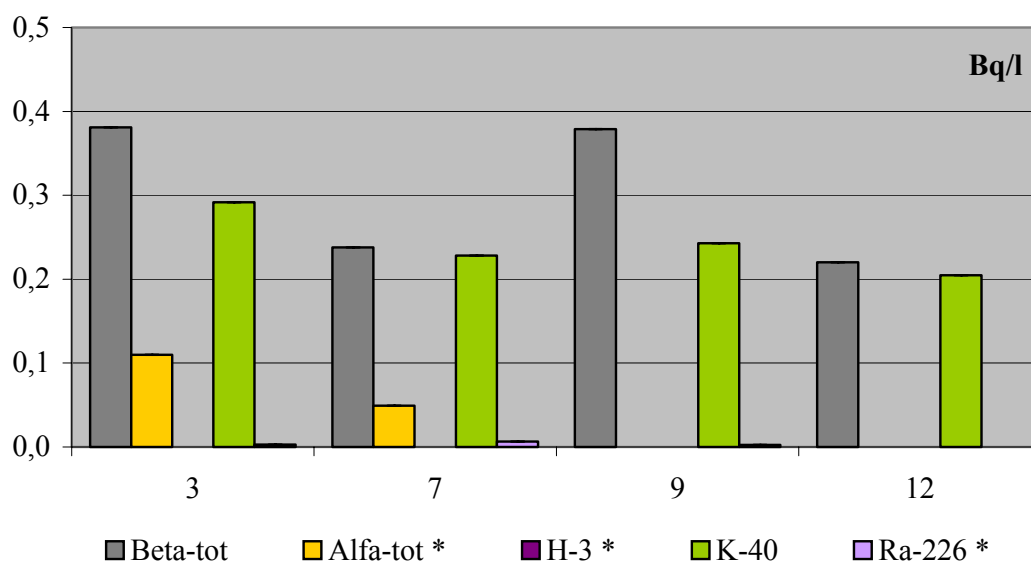


Zelfde vaststelling voor het water dat verdeeld wordt aan de Belgische kust in Adinkerke (De Panne) door het IWVA en in Oostduinkerke (Koksijde).

### Drinkwater 1996 : IWVA (De Panne)



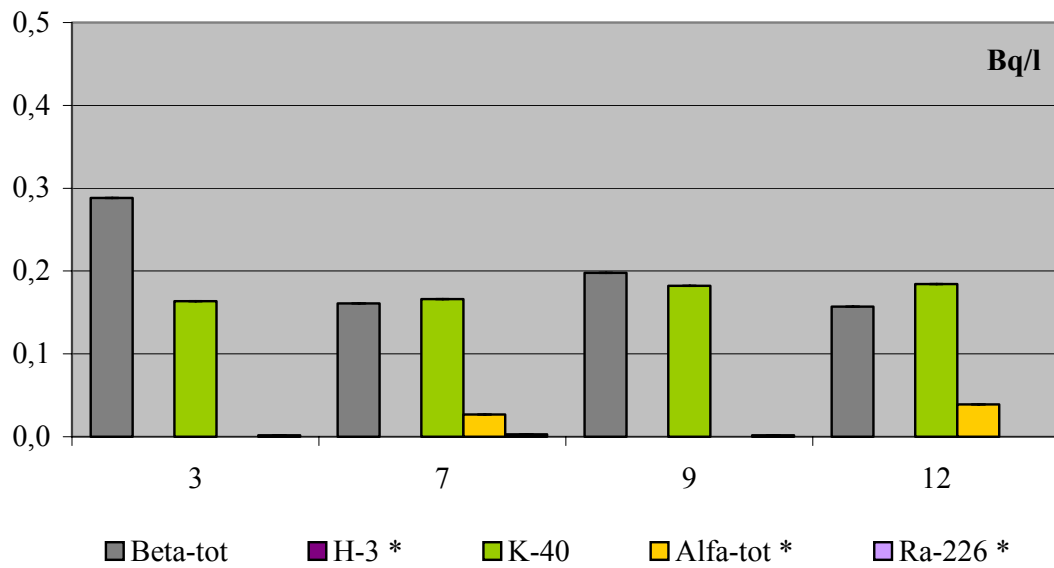
### Drinkwater 1997 : IWVA (De Panne)



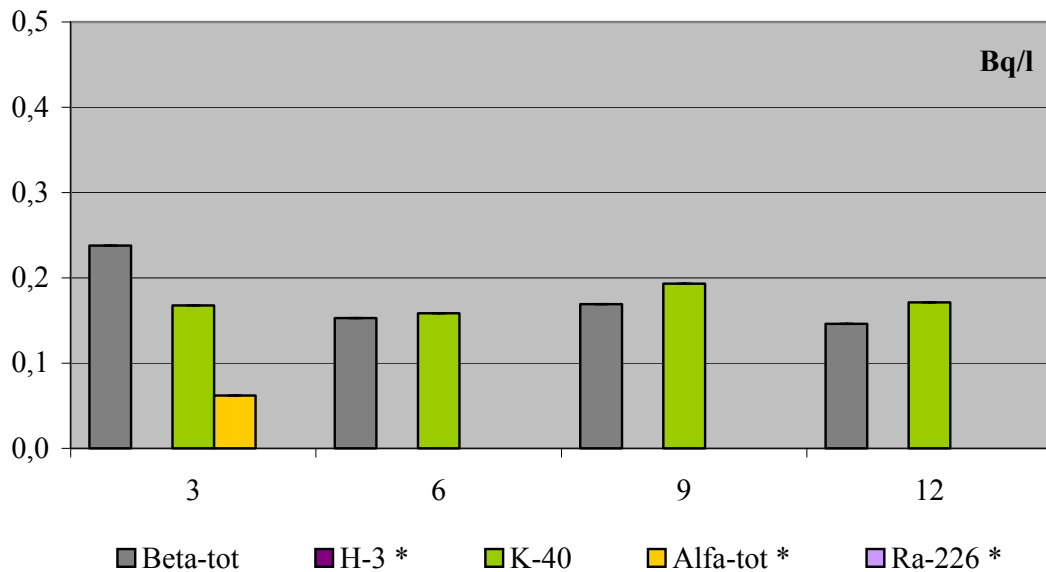


Voor de waterwinning van Koksijde :

### Drinkwater 1996 : Koksijde



### Drinkwater 1997: Koksijde



#### Conclusies:

De radiologische invloed van de kernindustrie is verwaarloosbaar omdat zij een stuk lager ligt dan de nieuwe normen die vermeld staan in de Europese richtlijn over drinkwater.

Opgemerkt moet worden dat het grootste deel van de beta radioactiviteit verklaard wordt door de aanwezigheid van kalium 40, een natuurlijk radio-element waarvan het aandeel niet meegeteld wordt voor de berekening van de dosis die bij de mens terecht komt.

Bepaalde waterwinningspunten moeten opgevolgd worden gezien hun gehalte alfastraling, vaak verklaard door de aanwezigheid van natuurlijk radium 226. De screeningwaarde, die dient als waarschuwing wordt soms bereikt en daardoor moeten gedetailleerder onderzoeken gevoerd worden om de totale aangewezen dosis te kunnen berekenen.

## 6.2. MELK

Melk is tegelijk een voedingsproduct dat veel gebruikt wordt en een belangrijke biologische indicator voor de transfer van radionucliden bij de mens via de voedselketen. Daarom wordt dit regelmatig opgevolgd.

Een regelmatige controle van de radiologische besmetting afkomstig van melkerijen geniet de voorkeur boven een vaak al te willekeurige monsternamen van de voedingsmiddelen die geconsumeerd worden. Deze meting weerspiegelt namelijk goed de gemiddelde totale opname van kunstmatige radionucliden door de bevolking.

Routinematig kan de detectie van  $^{137}\text{Cs}$  aanwezig in een mengeling van gewogen melk volstaan om het debiet te berekenen van de doeltreffende dosis die te wijten is aan voeding. Toch wordt ook melk van boerderijen en melkerijen ingezameld.

De melkerijen liggen in een dichte straal rondom de kerncentrales (20 km) in functie van het belang van de productie ervan. Zij omvatten bijna de volledige melkproductie van de streek.

De boerderijen liggen op de as van de dominante windrichting en dienen als typepunten (nauwkeurig referentieniveau van de radioactiviteit van melk).

De radionucliden waar men vooral naar zoekt in de melkstalen zijn:  $^{40}\text{K}$  voor de natuurlijke radioactiviteit en  $^{90}\text{Sr}$  en  $^{134,137}\text{Cs}$  voor de kunstmatige radioactiviteit (beta en gammastraling).

Iedere maand wordt een nationale mengeling gemaakt van de voornaamste Belgische melkerijen. Die mengeling wordt gewogen in functie van het relatieve belang van ieder van hen.

Uit de resultaten met betrekking tot de natuurlijke radioactiviteit van melk van dat nationale mengsel (kalium 40), blijkt dat de gemiddelde waarde van een liter melk constant blijft op ongeveer 40-50 Bq.

De andere radio-elementen, betastraling (strontium 90) en gamma (radiocesium 134 et 137) blijven soms detecteerbaar maar de waarden liggen veel lager dan die van kalium 40: van 50 tot 100 mBq/liter.

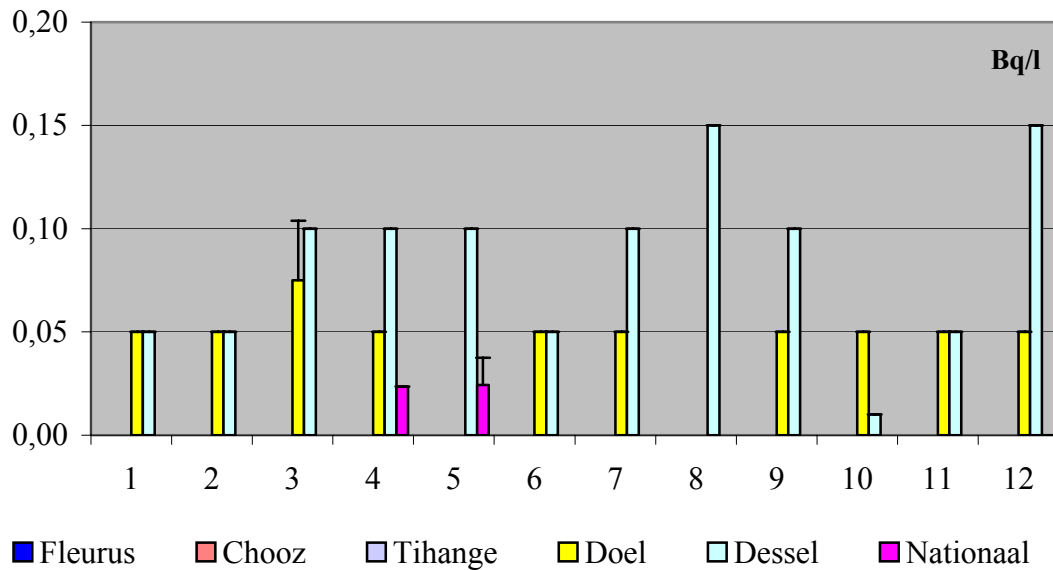
Deze waarden blijven ver onder de grenzen bepaald door de Commissie van de Europese Unie: 370 Bq/kg (Communautaire Verordening inzake Stralingsbescherming nr. 737/90 van 22 maart 1990 verlengd door nr. 686/95 van 28 maart 1995 en nr. 616/2000 van 20 maart 2000).

De gegevens die verkregen werden op basis van de melk die ingezameld werd in de buurt van de nucleaire installaties in ons land, bevestigen deze resultaten duidelijk.

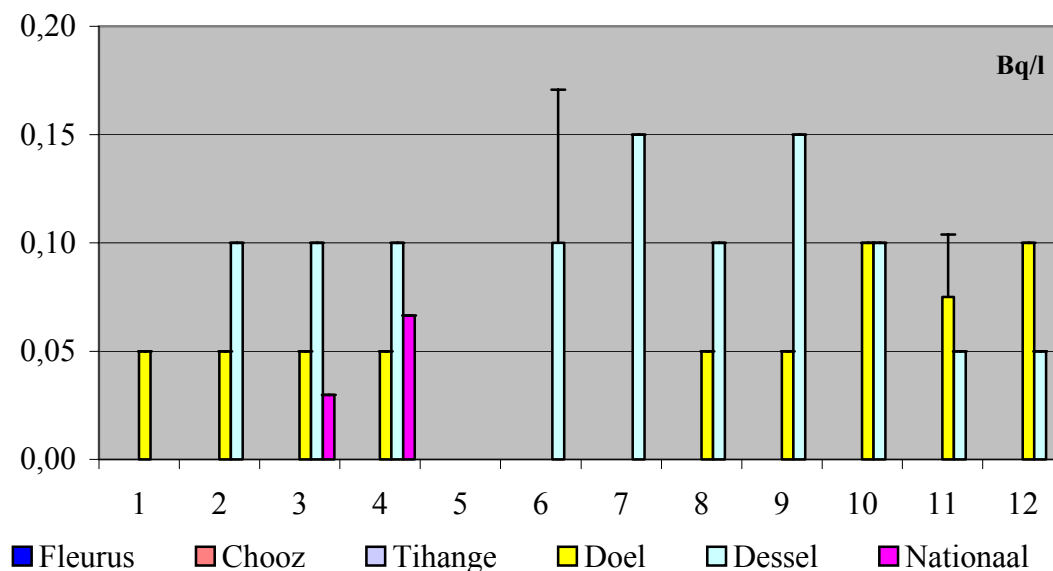
Voor  $^{40}\text{K}$  schommelt de gemiddelde concentratie in melk van 40 tot 55 Bq/liter. Rekening houdend met de afwijkingen van het gemiddelde (foutmarges), is het duidelijk dat de kalium 40 concentratie in melk, zoals men wel kon denken, stabiel is rond 50 Bq/liter en dat ongeacht de plaats waar het monster genomen is.

Voor wat  $^{137}\text{Cs}$  (en  $^{90}\text{Sr}$ ) betreft blijven de gemeten waarden vaak onder de detectiegrenzen en als zij hoger liggen blijven zij zeer zwak, in de orde van enkele tienden Bq/liter.

### Melk 1996: Cs-137 \*



### Melk 1997: Cs-137 \*



## Conclusies:

Op basis van de maandelijkse opvolging van de radioactieve besmetting van melk kunnen wij de volgende opmerkingen maken:

- de waarden te wijten aan de kunstmatige radioactiviteit gedurende een routineperiode (buiten toevallige lozingen) blijven erg laag als zij al niet in de buurt van de detectiedrempel liggen van de meettoestellen,
- de invloed van de kerninstallaties is dus volledig verwaarloosbaar,
- de waarden als gevolg van de natuurlijke radioactiviteit liggen veel hoger.

## 6.3. VLEES

Eenzelfde dier slaat de radionucliden op een andere manier op in functie van de organen. Deze verschillen houden verband met de metabolische weg die de radio-elementen volgen om binnen te dringen en zich eventueel vast te zetten in het organisme.

Zo zal cesium zich voornamelijk aan de spieren en op langere termijn aan de beenderen hechten, strontium gedraagt zich als calcium en zet zich dus vast in de beenderstructuur. De fysiologische concentratiefactoren, de verschillen in vet- en watergehalte van de organen kunnen ook een invloed hebben op de concentratiemechanismen van de radionucliden.

Het eetbare deel van het dier bestaat echter voornamelijk uit spieren. Het volstaat dus om zich te richten op het gehalte aan radiocesium van de spieren om een algemeen beeld te hebben van de hoeveelheid radioactiviteit die overgedragen kan worden op de mens.

Daarbij houdt men rekening met verschillende categorieën vlees:

- rundvlees;
- varkensvlees;
- paardenvlees (weinig gegeten in België);
- schapenvlees;
- wild (hertachtigen, everzwijnen);
- gevogelte (kip, kalkoen);
- allerlei soorten vlees (konijn, struisvogel).

Uit de gegevens in ons bezit blijkt de goede radiologische toestand van het verbruikte vlees. In de monsters zit bijna geen detecteerbare activiteit (het grootste deel van de gemeten stalen had een activiteitsniveau dat niet meetbaar was omdat het lager of gelijk was met de detectiedrempels van de meettoestellen).

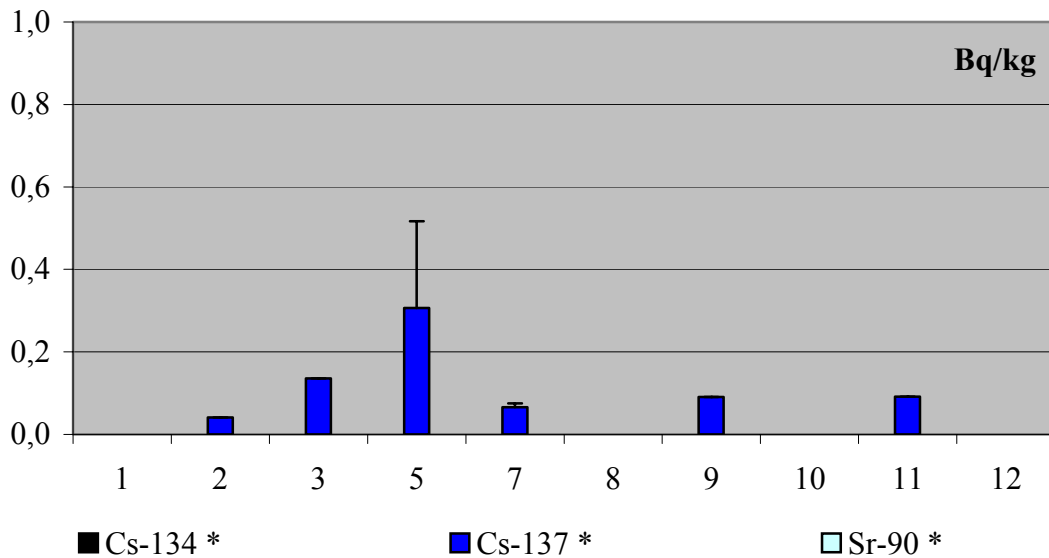
Daarbij komt dat de kunstmatige radioactiviteitsniveaus (cesium en strontium) heel wat lager liggen dan die van de natuurlijke radioactiviteit (kalium).

Men vindt namelijk 100 tot 130 Bq/kg  $^{40}\text{K}$  tegen minder dan 1 Bq/kg radiocesium en radiostrontium, zoals hieronder geïllustreerd is voor **rundvlees**.

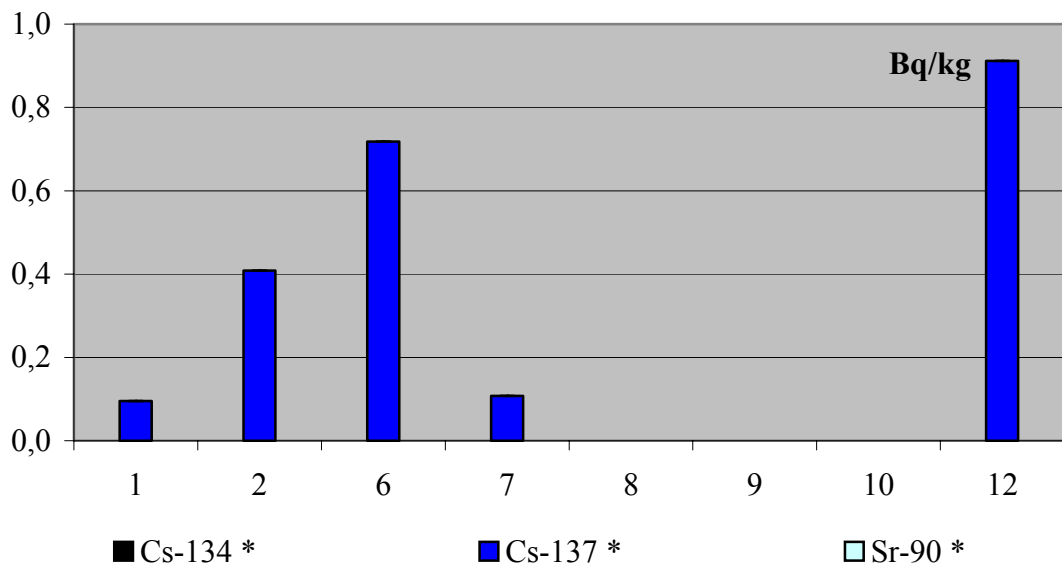
De andere vleessoorten bevatten dezelfde hoeveelheid kunstmatige elementen (Cs en Sr) en natuurlijke (K). Op te merken valt dat een hert in 1997 een radiocesiumwaarde 137 van 4 Bq/kg liet optekenen (dat moest in verband gebracht worden met zijn voeding gedurende de herfst en de winter bestaande uit zwammen en bessen/kostmossen enz., die bekend staan als bioconcentratoren van de radioactiviteit).

In de tabellen vermeld in het deel "bijlagen" van dit document kan de lezer de precieze gemiddelde waarden terugvinden die bepaald werden voor de andere vleessoorten.

### Rundsvlees 1996



### Rundsvlees 1997



### Conclusies:

Men constateert geen radiologische problemen. In de Europese normen wordt gesteld dat de maximale waarden voor cesium 134 en 137 toegestaan voor de invoer en de consumptie niet meer dan 600 Bq/kg mogen bedragen.

Anderzijds wordt het voorzichtigheidsbeginsel dat stelt dat de opgenomen hoeveelheid kunstmatige radioactiviteit zoveel mogelijk moet beperkt worden, hier wel degelijk gerespecteerd want uit de uitgevoerde metingen blijkt dat de resultaten vaak lager liggen dan

de detectiegrenzen van de spectrometrietoestellen alhoewel het om lage grenzen gaat in de orde van 1/10 Bq/kg voor cesium 137 en 1/100 Bq/kg voor strontium 90.

## 6.4. VIS

Men onderscheidt twee categorieën:

- riviervis (bijvoorbeeld brasem, voorn, rivierbaars, karper);
- zeevis (bijvoorbeeld goudbrasem, kabeljauw die vaker gegeten worden).

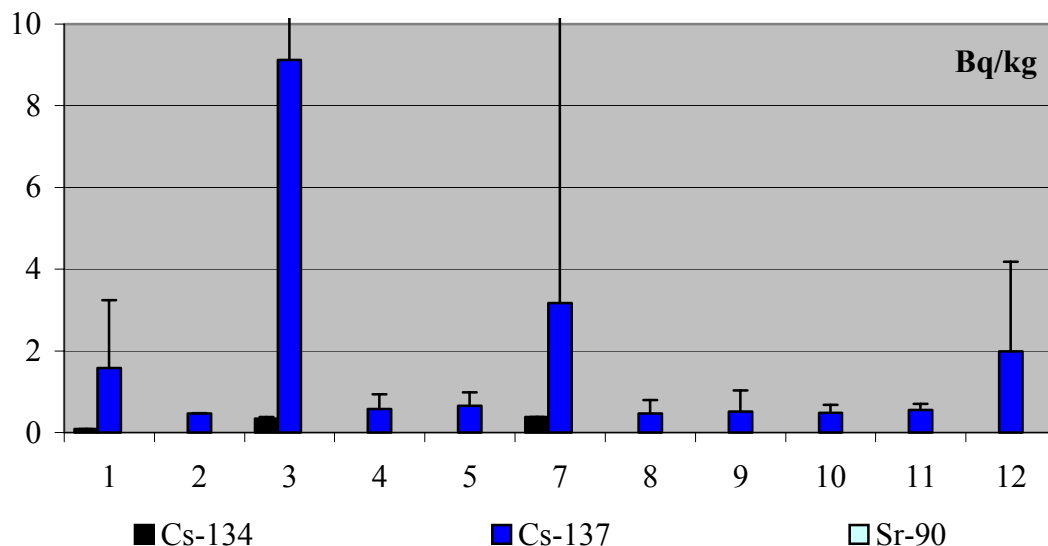
Ook hier liggen de waarden erg laag als zij al gedetecteerd kunnen worden.

Voor zeevis bijvoorbeeld is het enige detecteerbare radio-element  $^{137}\text{Cs}$ . Maar zelfs in dat geval zijn de waarden weinig significant: meestal liggen zij lager dan 1 Bq/kg.

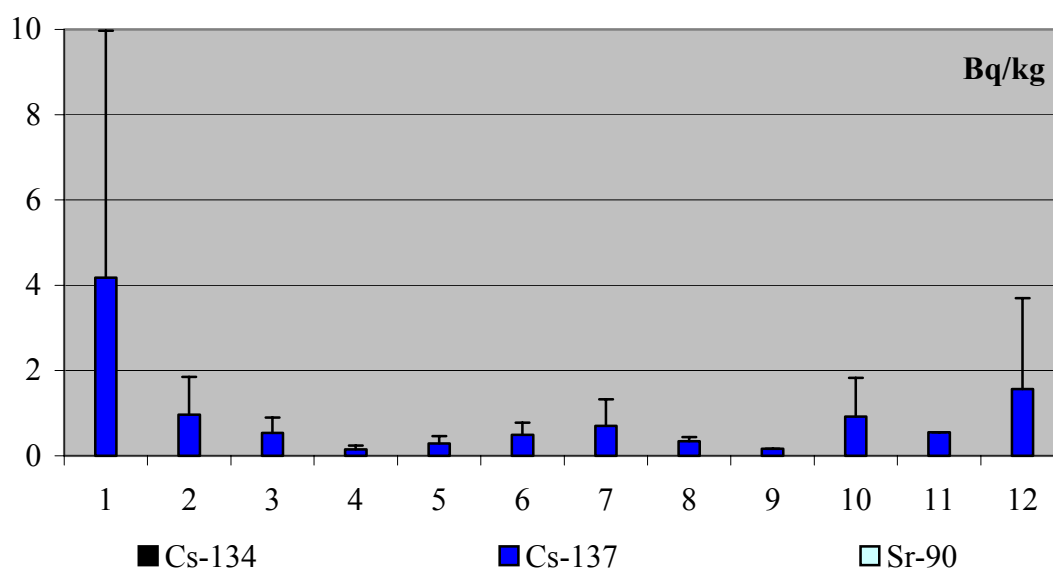
Als zij hoger liggen, worden de gemiddelden geassocieerd met een belangrijke fout (standaardafwijkingswaarde in de orde van de waarde van het gemiddelde), waardoor zij weinig significant zijn. Deze variabiliteit komt in feite van individuen die wat meer besmet zijn en gemengd zijn met anderen die minder besmet zijn. Uit de gegevens die wij ter beschikking hebben kunnen wij geen onderscheid maken tussen vissen die in volle zee leven en de diepzeevissen, de consumenten van de eerste niveaus (planktonofagen, algeneters, enz.) en de eindverbruikers (roofdieren, vleeseters). Het is moeilijker om de gegevens gedetailleerder te verwerken.

De kalium 40 waarden zijn hier ook veel groter: zij leunen aan bij 120 Bq/kg voor de twee soorten vissen.

### Zeevis 1996



## Zeevis 1997



### Conclusies:

Ook hier zijn er geen radiologische problemen die aangehaald moeten worden. In de Europese normen wordt gesteld dat de maximale waarden voor cesium 134 en 137 toegestaan voor de invoer en de consumptie niet meer dan 600 Bq/kg mogen bedragen. Zij worden zeker gerespecteerd.

## 6.5. GROENTEN

Het gaat over de volgende groenten: sla, spinazie, prei, selder, bloemkool, wortels, witloof, tomaten, komkommer, aardappelen, enz.

Uit de geanalyseerde gegevens blijkt de goede radiologische toestand van de verbruikte groenten. Enkel radiostrontium is soms detecteerbaar en dat in heel lage hoeveelheden: in de orde van enkele tienden Bq/kg.

Kalium 40 wordt gedetecteerd a rato van 80 tot 150 Bq/kg.

### Conclusies:

Ook hier zijn er geen radiologische problemen.

## 7. ATMOSFERISCHE EN VLOEIBARE LOZINGEN VAN DE NUCLEAIRE SITES

### ATMOSFERISCHE LOZINGEN

Enkel de gegevens afkomstig van kerncentrales zijn beschikbaar.

Voor de **site van Tihange** zijn alle lozingen veel lager dan de grenzen vastgesteld door de van kracht zijnde wetgeving: de maandelijks geloosde activiteiten schommelen van 0,01 tot 0,1% van de grens voor zeldzame gassen, van 0,0001 tot 0,006% voor aërosolen (beta-gamma), van enkele 1/10000 % tot enkele 1/100 % voor jodium en van 0,2 tot 1% voor tritium.

Voor de **site van Doel**, zijn de lozingen ook veel lager dan de grenzen vastgesteld door de van kracht zijnde wetgeving: de maandelijkse geloosde activiteiten schommelen van 0,0001 tot 0,04% van de grens voor zeldzame gassen, van bijna nul voor aërosolen (beta-gamma), van enkele 1/10000 % tot enkele 1/100 % voor jodium en van 0,001 tot 0,2% voor tritium.

Gezien deze resultaten zijn er dus geen problemen die kunnen aangehaald worden.

### VLOEIBARE LOZINGEN

Inzake de **site van Tihange** met drie reactoren, zijn de vloeibare lozingsgrenzen bepaald op  $1,48 \cdot 10^5$  GBq  $^3\text{H}$  en  $8,88 \cdot 10^5$  MBq beta-gammastralingen.

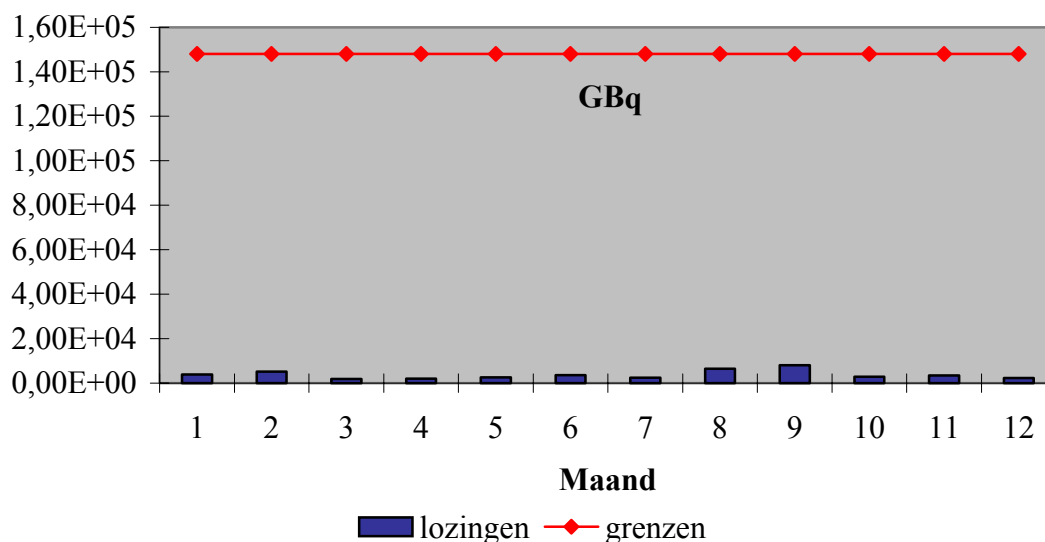
Zoals blijkt uit de volgende diagrammen, bestaan de vloeibare lozingen die het meest actief zijn uit tritium: zij maken 30% uit van de grens in 1996 en 32% in 1997.

De beta-gammastralingen blijven daarentegen ver onder de grenswaarde: zij bereiken 5,89% ervan in 1996 en 2,74% in 1997.

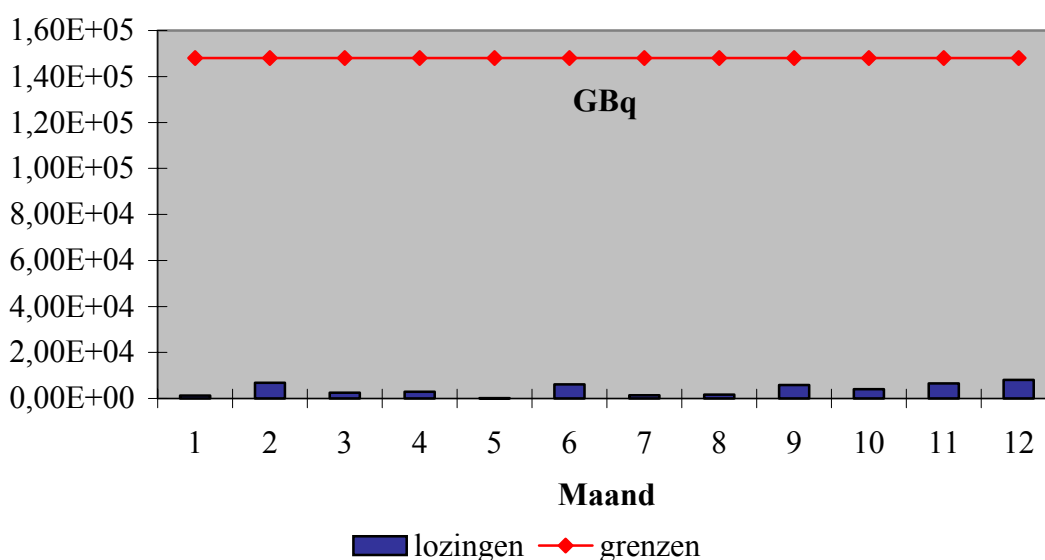
De tritiumlozingen worden geïllustreerd in de volgende diagrammen.



### Vloeibare lozingen in Tihange 1996: Tritium



### Vloeibare lozingen in Tihange 1997 : Tritium

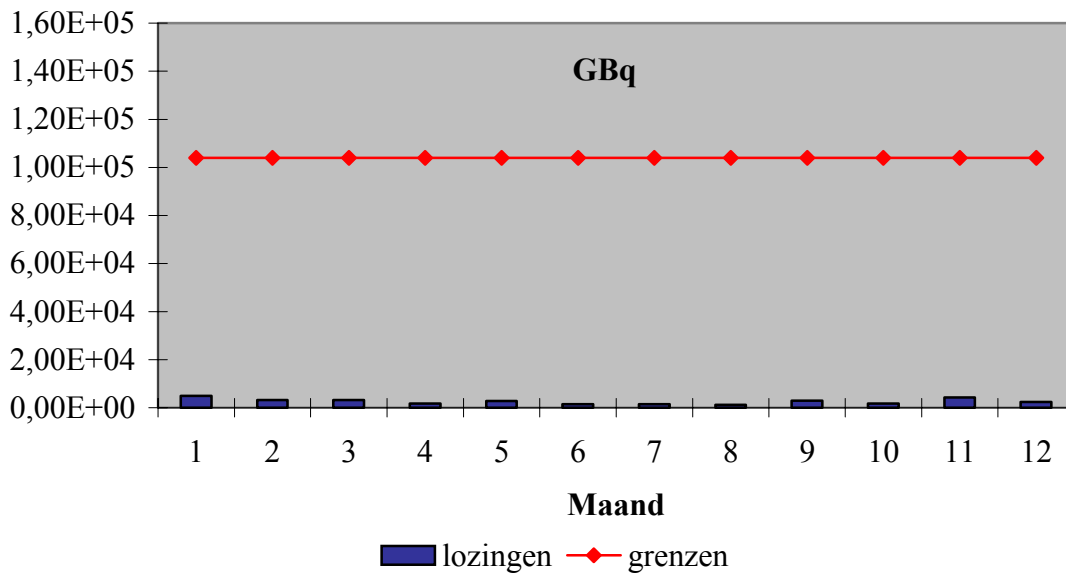


Wat de **site van Doel** betreft met vier reactoren, worden de lozingsgrenzen bepaald op  $1,04 \cdot 10^5$  GBq  $^3\text{H}$  en  $1,50 \cdot 10^6$  MBq beta-gammastralingen.

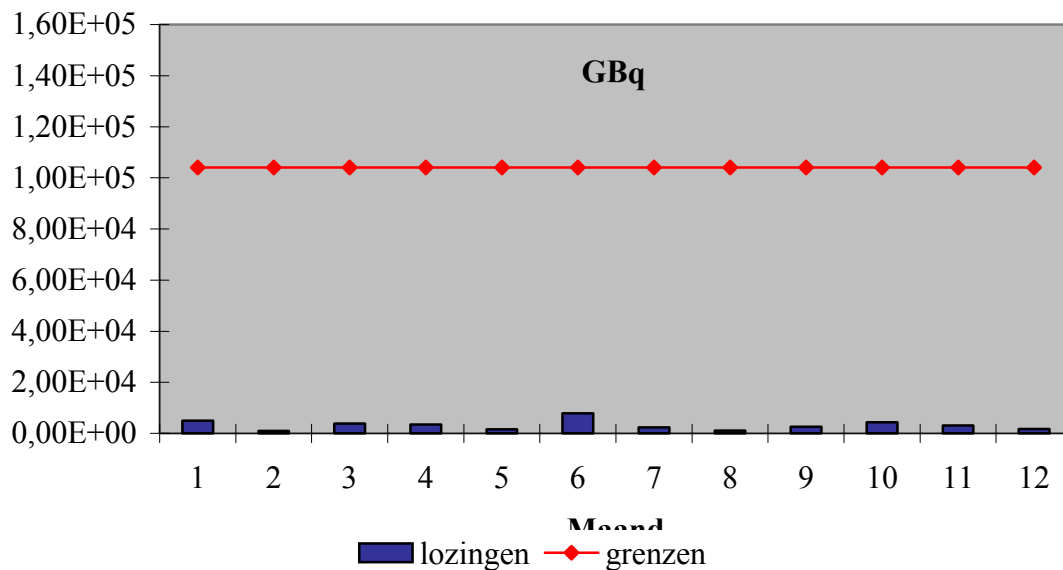
De voornaamste vloeibare lozingen bestaan ook hier uit tritium: dat vormt 30% van de grens in 1996 en 36,9% in 1997.

De lozing van beta-gammastraling blijft hier nog verder onder de grenswaarde: zij in 1996 bereiken zij er 1,26% van en 1,76% in 1997.

### Vloeibare lozingen in Doel 1996 : Tritium



### Vloeibare lozingen in Doel 1997: Tritium



De lozingen van de **nucleaire site van Mol** gebeuren in de Molse Nete via de installaties van Belgoprocess 2. Daarbij moet een maandelijkse grens gerespecteerd worden van 166 GBq/maand of 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 Molse Nete.

Uit deze gegevens blijkt dat de lozingen minder dan 1% van de grens vormen: 0,95% in 1996 en 0,29% in 1997.

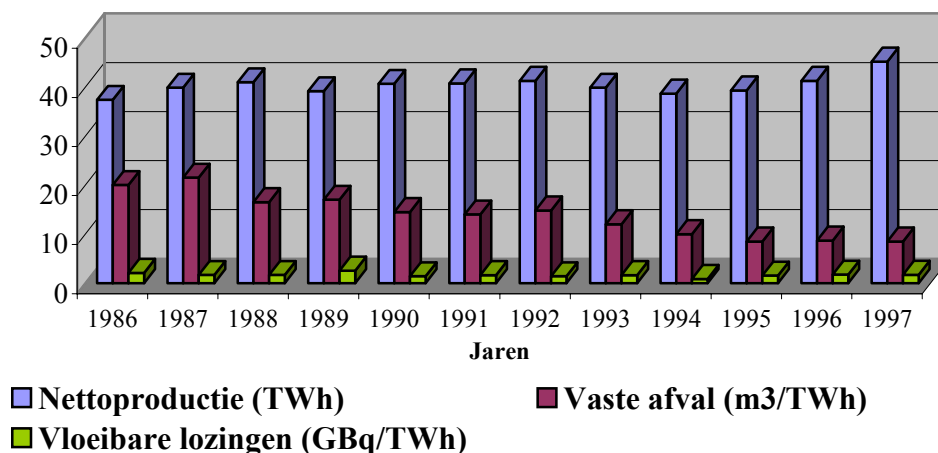
## CONCLUSIES :

Uit de analyse van de vloeibare lozingen van de kerncentrales blijkt duidelijk dat deze installaties de grenzen respecteren die hen opgelegd zijn en dat des te meer omdat de lozingen ver onder de grenzen in kwestie liggen.

Enkel de tritiumlozingen zijn significant. Van het ene tot het andere jaar bedragen zij 30% van de maximumwaarden toegestaan voor Tihange en 30 tot 40% voor Doel. Opgemerkt moet worden dat deze niveaus dalen sedert de jaren negentig in vergelijking met die van de periode 1985-1990 waar zij maximaal 47% bedroegen voor Tihange en 67% voor Doel.

Een ander interessant punt dat moet benadrukt worden gaat over de hoeveelheid vloeibare en vaste afval die de centrales genereren: als de totale elektriciteitsproductie ongeveer constant blijft, gaat de hoeveelheid radioactiviteit die in de vloeibare afvalstoffen terecht kwam eerder dalen. Die vaststelling is nog duidelijker als men gaat letten op het volume vaste afval gegenereerd door de geproduceerde TWh (volgende diagram).

### Productie van de Belgische nucleaire sites (centrales van Doel en Tihange)



Dat wijst op de inspanningen van de Belgische elektriciens om enerzijds de industriële exploitatie te optimaliseren, meer bepaald inzake de reductie van het volume geproduceerd afval en de ermee gepaard gaande kosten waarbij anderzijds de lozingen van afvalstoffen (B.A.T. concept - "Best Available Technology" - inzake vloeibaar en vast afval) geminimaliseerd worden.

Die geruststellende vaststelling mag de noodzaak niet verbergen dat de nucleaire installaties verder waakzaam moeten gecontroleerd worden.

Dat toezicht moet continu gebeuren via de automatische toezichtnetten (nationaal net TELERAD) en via monsternamecampagnes op de potentiële receptorsites van de radioactiviteit die routinematig of toevallig wordt geloosd.

## 8. ALGEMENE CONCLUSIES

Na analyse van de resultaten in het kader van het radiologische toezicht op het Belgische grondgebied in 1996 en 1997 kunnen wij de volgende opmerkingen formuleren:

De van kracht zijnde lozingsnormen worden goed nageleefd door de exploitanten van de kerninstallaties.

De natuurlijke radioactiviteit ( $^{40}\text{K}$  en  $^7\text{Be}$ ) is veel hoger en veel meer aanwezig dan de meeste kunstmatige beta-gammastralen.

Over het algemeen zijn de radiologische besmettingsniveaus van de gemeten stalen uiterst laag en daarom zijn de meeste resultaten dan ook niet significant.

Het toezichtsprogramma bewijst zijn belang en zijn capaciteit om de invloed van de radio-elementen op het milieu en dus op de mens "nauwgezet" te controleren: er worden routinematig "sporen" ontdekt van kunstmatige radioactiviteit die veel lager liggen dan de natuurlijke radioactiviteit.

Deze situatie is geruststellend op het vlak van de volksgezondheid. Zij is echter hinderlijk als het erom gaat de resultaten te exploiteren want voor de significante metingen is een preciezer en tastbaarder beeld nodig van de radiologische situatie. Dan kunnen er parameters worden ontwikkeld voor de transfer van radioactiviteit en wordt het makkelijker om te berekenen welke dosis kan voor de bevolking.

Ook al is de radiologische situatie op het Belgisch territorium volkomen bevredigend, toch moet het bekken van de Nete en de Schelde aandachtig opgevolgd worden. Men zou vooral moeten overgaan tot een eerder routinematige controle van de sedimenten en een verbetering van de "zorgvuldigheid" van die van het water. Daarbij komt nog dat de analyse van de resultaten voor de jaren 1996-1997 de indruk bevestigt die doorslaggevend was bij die van de vorige jaren 85-90 en 91-95: een betere kennis van het ecosysteem van het estuarium van de Schelde is nodig om precieze parameters te leveren om de dosis voor de bevolking te kunnen bepalen, rekening houdend met de lozingen van de nucleaire installaties van het Netebekken en die van de centrale te Doel.

Daartoe is het noodzakelijk om precieze gegevens te kennen over de lozingen van de nucleaire sites van het Netebekken en/of een toezichthoudend net uit te werken dat zich beperkt tot deze installaties om het belang van die lozingen te kunnen bepalen en in cijfers om te zetten. De aandacht moet gevestigd worden op de noodzaak van een zorgvuldigere en exhaustievere opvolging van de lozingsbronnen (waaronder vooral radium en thorium).

Dat programma voor radiologisch toezicht op het grondgebied zou in de toekomst gewijzigd en verbeterd moeten worden zodat het "reactiever" en doeltreffender wordt bij het uitvoeren van deze controlerende taak.

Zo zou vooral een inspanning moeten worden geleverd op het vlak van de monsternamen: stijging van het aantal stalen van riviersedimenten en bodemstalen waaronder bosgrond - want bossen zijn goede captureurs van atmosferische radioactiviteit - samen met een standaardisering van de methodes waarop de stalen worden genomen. Uniformisering van de bibliotheken van de onderzochte en gemeten radio-elementen, betere afstemming van het

programma in functie van de radiologische situatie van het Belgische territorium (geval van het Netebekken bijvoorbeeld) en de aanvragen van de internationale instellingen (artikel 35/36 van het EURATOM – CE verdrag, OSPAR akkoorden inzake de bescherming van de Noordzee en de Atlantische oceaan). Betere controle van de voedselketen en dus een betere evaluatie van de hoeveelheid natuurlijke en kunstmatige radio-elementen die door de bevolking kunnen worden opgenomen.

In de toekomst zullen de gegevens van het TELERAD-net een aanvulling vormen van de gegevens verkregen via het controleprogramma van de atmosferische en vloeibare radioactiviteit. Dan kunnen er kaarten worden voorgesteld met een milieudosimetrie op nationaal vlak.

Het zal ook nodig zijn om de volledige aanpak op het terrein opnieuw te organiseren door een juiste keuze van de plaats en het aantal stations voor monsternamen en de frequentie ervan om het TELERAD-net en het programma voor toezicht op het territorium beter te integreren.