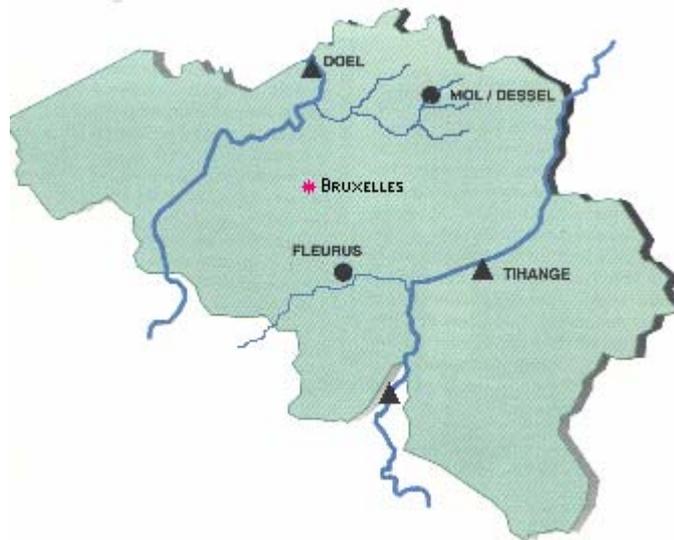


**SERVICE SURVEILLANCE DU TERRITOIRE**

**Surveillance radiologique de la Belgique  
Rapport de synthèse 1996-1997**



**Michelle BOUCHONVILLE - Dr Lionel SOMBRÉ**

# **Agence fédérale de Contrôle nucléaire**

*Département Contrôle et Surveillance*

*Service Surveillance du Territoire*

*Rue Ravenstein, 36 à B-1000 Bruxelles - Belgique*

---

## ***Auteurs :***

**Dr Lionel SOMBRE**

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

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

**Mme Michelle BOUCHONVILLE**

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

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

---

## ***Chef de Service :***

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

Tél. : +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)

***Secrétariat du Service :***

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

# COLLABORATION AVEC LES INSTITUTIONS EXTÉRIEURES

Les institutions suivantes et leurs collaborateurs respectifs ont fourni les données de base pour l'élaboration du présent rapport :

## ISPLP (ex IHE) - Bruxelles

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

## IRE – Fleurus

Radiochimie bas niveaux : V. Adam, D. Tomasevszky, J-L. Destercke  
Métrologie & dosimétrie : C. De Lellis, J. Gustin, E. Ferrari  
Chef du service sécurité et d'utilité publique : A. Debauche

## CEN – Mol

Coordination : E. Vangelder, M. Van Hees  
Prise et préparation échantillons : E. Tessens, B. Bouwens, R. Verkoyen, L. Jansen  
Mesures bas niveaux :  
*Supervision* : Ch. Hurtgen, F. Verrezen  
*Analyses* : J. Mermans, E. Dupuis, M. Verbist, D. Verstrepen, J. Neefs, W. Van Baelen  
Spectrométrie nucléaire :  
*Supervision* : F. Hardeman, J.-L. Genicot, S. Pommé  
*Analyses* : E. Daniëls, J.P. Alzetta, F. Janssens, P. Willeborts, I. Geboers, A. Damen

en collaboration avec :

Fourniture d'échantillons de poissons Mer du Nord : R. De Clercq (R.Z.O.)

# TABLES DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPTION DU RESEAU AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES</b>	<b>4</b>
Site de Chooz	4
Site de Tihange	5
Site de Doel	6
Site de Mol	7
Site de Fleurus	8
Site côtier	9
<b>3. RADIOACTIVITE DE L'AIR ET DES PRECIPITATIONS</b>	<b>10</b>
<b>3.1. POUSSIERES DE L'AIR</b>	<b>10</b>
<b>3.2. PLUIES</b>	<b>13</b>
Conclusions	18
<b>4. RADIOACTIVITE DES SOLS</b>	<b>19</b>
Conclusions	29
<b>5. RADIOACTIVITE EN MILIEU LIQUIDE</b>	<b>30</b>
<b>5.1. RADIOACTIVITE DES EAUX</b>	<b>30</b>
5.1.1. Meuse	30
5.1.2. Escaut	34
5.1.3. Mer du Nord	45
5.1.4. Conclusions	46
<b>5.2. RADIOACTIVITE DES SEDIMENTS</b>	<b>48</b>
5.2.1. Meuse et Sambre	48
Conclusions	54
5.2.2. Escaut et bassin de la Nete	55
Conclusions	60
5.2.3. Mer du Nord	61
Conclusions	62
<b>5.3. RADIOACTIVITE DE LA FAUNE ET DE LA FLORE AQUATIQUES</b>	<b>63</b>
5.3.1. Meuse	63
Conclusions	69
5.3.2. Escaut	70
Conclusions	72
5.3.3. Mer du Nord	74
Conclusions	81
<b>6. RADIOACTIVITE DE LA CHAINE ALIMENTAIRE</b>	<b>82</b>
<b>6.1. EAUX de BOISSON</b>	<b>82</b>
Conclusions	92
<b>6.2. LAIT</b>	<b>93</b>
Conclusions	94
<b>6.3. VIANDES</b>	<b>95</b>
Conclusions	96
<b>6.4. POISSONS</b>	<b>97</b>
Conclusions	98
<b>6.5. LEGUMES</b>	<b>98</b>
Conclusions	98
<b>7. REJETS ATMOSPHERIQUES ET LIQUIDES DES SITES NUCLEAIRES</b>	<b>99</b>
<b>REJETS ATMOSPHERIQUES</b>	<b>99</b>
<b>REJETS LIQUIDES</b>	<b>99</b>
Conclusions	102
<b>8. CONCLUSIONS GENERALES</b>	<b>103</b>

# 1. INTRODUCTION

La surveillance radiologique du territoire, y compris celle des sites nucléaires ainsi que le suivi de leur impact sur l'environnement sont gérés par le S.P.R.I. du Ministère des Affaires Sociales, de la Santé Publique et de l'Environnement, en collaboration avec l'Institut de Santé Publique Louis Pasteur (I.S.P.-L.P. – ex I.H.E.), le Centre d'Etudes de l'Energie Nucléaire (C.E.N.) de Mol et l'Institut National des Radioéléments (I.R.E.) de Fleurus .

Cette surveillance s'exerce conformément aux articles 70 et 71 de l'Arrêté royal portant Règlement Général de Protection de la Population et des Travailleurs contre le Danger des Radiations Ionisantes. Cette responsabilité devrait être transférée à l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire courant 2000.

Autour des installations nucléaires, les buts de cette surveillance sont de :

1. Garantir le respect des prescriptions légales et réglementaires en matière de contamination de l'environnement ;
2. Vérifier i) les conditions de rejets et l'efficacité des dispositions techniques ; ii) le bon fonctionnement des dispositifs de rejet de manière à permettre une détection rapide de fuites éventuelles et de permettre de prendre des mesures correctives opportunes;
3. Le cas échéant, évaluer les doses potentielles reçues par certains groupes de la population;
4. Informer le public de manière objective;
5. Transmettre à la Commission Européenne toutes les données exigées par les différents règlements et directives en vigueur.

La surveillance radiologique est effectuée, non seulement autour des centrales nucléaires de Tihange et de Doel, mais également sur les zones de notre territoire entourant les centrales françaises de Chooz et de Gravelines, proches de nos frontières. Le centre nucléaire de Mol ainsi que l'Institut national des Radioéléments de Fleurus font également l'objet d'une surveillance attentive. Le reste du territoire est également pris en compte selon les voies de transfert de la radioactivité contrôlées.

En pratique, la surveillance du territoire, pour une éventuelle contamination atmosphérique, s'effectue principalement de manière continue au moyen de réseaux automatiques : le réseau mis en place par l'IRE autour des sites wallons de Tihange et Fleurus ainsi qu'autour du site de Chooz - côté belge - et, actuellement, le réseau national TELERAD. Ce dernier est appelé dans un proche avenir à remplacer les réseaux précédents.

Néanmoins, il est nécessaire de compléter cette approche par des prélèvements in situ et des mesures fines en laboratoire. C'est le rôle du programme de surveillance du territoire qui repose sur des campagnes d'échantillonnages et de mesures de la radioactivité présente dans les différents vecteurs de transfert dans l'environnement (air; eaux de pluie, - de rivières, - de mer, - de boisson; sédiments de rivières et marins, faune et flore fluviales et maritimes; chaîne alimentaire, etc.).

La surveillance du territoire est nécessaire en vue de détecter les incidents et/ou les accidents qui peuvent survenir à la suite de rejets non contrôlés de quantités excessives de

substances radioactives dans l'eau ou dans l'air. D'autre part, chaque état membre doit assurer, vis-à-vis de la Communauté Européenne, un programme de surveillance de plus en plus contraignant et poussé.

Le programme a été en outre complété dans le passé par la réalisation d'études radioécologiques qui visaient à donner une meilleure connaissance du comportement des radionucléides dans le milieu ambiant afin de garantir une interprétation correcte des données de surveillance et des suivis annuels.

Cette mission, essentielle pour assurer un maintien en Belgique de la connaissance du milieu ainsi que de la compétence en matière de radioécologie/radioprotection de l'environnement, n'est plus assurée actuellement en raison d'une absence de budget dégagé à cet effet. Il est à souhaiter que l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire puisse s'investir à nouveau dans cette voie dès qu'elle assumera pleinement les compétences actuellement dévolues au S.P.R.I..

Pour assurer le contrôle de l'environnement, les emplacements choisis pour la collecte des échantillons à mesurer ont été déterminés soit, en fonction des conditions de dispersion atmosphérique soit, suite à une reconnaissance du terrain ou encore, pour tenir compte de situations particulières.

La fréquence des prélèvements et de mesures des échantillons a été définie afin de disposer d'informations aussi représentatives que possible d'une situation radiologique donnée tout en tenant compte des possibilités techniques et matérielles mises à notre disposition.

Les données récoltées portent essentiellement sur la mesure de la radioactivité dans les poussières de l'air, les précipitations, le lait et les pâtures pour ce qui concerne l'influence éventuelle des rejets gazeux et sur la mesure de la radioactivité dans l'eau, les sédiments, les poissons et les végétaux aquatiques pour ce qui concerne l'influence des rejets liquides.

Ce rapport présente les résultats du programme de surveillance obtenus pour la période 1996 et 1997.

Les résultats obtenus dans le cadre de la surveillance radiologique sont décrits de manière synthétique pour les différents vecteurs de transfert de la radioactivité étudiés (atmosphériques, aquatiques et la chaîne alimentaire).

Pour ce faire, des graphiques présentent l'évolution de la radioactivité au fil de mois (représentés dans les graphiques par les chiffres 1 à 12) en fonction des radioéléments considérés, des stations de prélèvement choisies ou des compartiments de l'écosystème envisagé (eaux, sédiments, nourriture, etc.).

Le signe "\*" qui peut apparaître dans certains graphiques signifie que les moyennes annuelles ont été réalisées sur un nombre limité de jours ou de semaines pour lesquels la mesure était supérieure au seuil de détection des appareils de détection de la radioactivité. Dès lors, les moyennes calculées peuvent être surestimées.

Toutes les données "brutes" figurent en détail dans les annexes au présent document. Ces annexes sont regroupées en rappelant la numérotation des chapitres et sous-chapitres développés dans ce texte.

Enfin, les auteurs de ce document attirent l'attention du lecteur sur le fait que les données concernant la chaîne alimentaire portent surtout sur la radioactivité du lait. Figurent dans le document quelques données préliminaires sur les autres produits alimentaires (farines, viandes, poissons, légumes etc.).

## 2. DESCRIPTION DU RESEAU AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES

MESURES	CHOOZ (SENA)	
	<b>Radioactivité de l'air</b>	
	<b>Fréquence</b>	<b>Lieu de prélèvement</b>
<b>poussières de l'air</b>	Quotidien	Dourbes - Vielsalm
<b>précipitations</b>	Mensuel	Chooz - Vielsalm
<b>Débit de dose gamma</b>	Permanent	Hastière, Dion, Felenne, Treignes
<b>lait (ferme)</b>	Hebdo	rayon 20 km autour de Chooz
<b>sol</b>	1 x/an	Hastière - Vielsalm
<b>dosimétrie ambiante</b>	Bimensuel	Environs de Chooz (12 points)
	<b>Radioactivité de l'eau</b>	
<b>activité gamma</b>	automatique permanent	Compagnie intercommunale Bruxelloise des eaux (CIBE) Hastière
<b>spectro gamma</b>	Hebdo	Hastière
<b>activité alpha-béta totale</b>	Mensuel	Hastière
<b>mesure H-3</b>	Hebdo	Hastière
	<b>Radioactivité des sédiments</b>	
<b>spectro gamma</b>	Mensuel  chômage de la Meuse (tous les 3 ans)	En différents endroits de la Haute Meuse (Tailfer)
	<b>Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques</b>	
<b>spectro gamma</b>	Trimestriel	Hastière, Ham (Mousses)
<b>mesure H-3</b>	Trimestriel	Hastière, Ham (Mousses)
	<b>Radioactivité des végétaux terrestres</b>	
<b>spectro gamma</b>	16 x/an	Chooz (Lichens)
<b>mesure H-3 organique</b>	16 x/an	Chooz (Lichens)

<b>MESURES</b>	<b>TIHANGE</b>	
	<b>Radioactivité de l'air</b>	
	<b>Fréquence</b>	<b>Lieu de prélèvement</b>
<b>poussières de l'air</b>	Hebdo	Tihange
<b>précipitations</b>	Mensuel	
<b>Débit de dose gamma</b>	Permanent	Ampsin ferme, Ampsin Socolie, Huy, Ampsin Carrière
<b>lait (ferme)</b>	Hebdo	rayon 20 km autour de Tihange
<b>dosimétrie ambiante</b>	Bimensuel	Clôtures et environs du site de Tihange (12 points)
	<b>Radioactivité de l'eau</b>	
<b>activité gamma</b>	automatique permanent	Ampsin
<b>spectro gamma</b>	Hebdo	Huy, Ampsin, Monsin
<b>activité alpha-béta totale</b>	Hebdo	Huy, Ampsin, Monsin
<b>mesure H-3</b>	Hebdo	Huy, Ampsin, Monsin
	<b>Radioactivité des sédiments</b>	
<b>spectro gamma</b>	Mensuel	Lixhe, Amay, Barrage d'Ivoz-Ramet, Barrage de Monsin
	<b>Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques</b>	
<b>spectro gamma</b>	Trimestriel	Ecluse d'Ivoz-Ramet

<b>MESURES</b>	<b>DOEL</b>	
	<b>Radioactivité de l'air</b>	
	<b>Fréquence</b>	<b>Lieu de prélèvement</b>
<b>poussières de l'air</b>	Mensuel	Site de Doel
<b>lait (laiterie)</b>	Hebdo	Site de Doel
<b>sol</b>	1 x/an	Site de Doel
<b>dosimétrie ambiante</b>	Trimestriel	Site de Doel
	<b>Radioactivité de l'eau</b>	
<b>activité gamma</b>	Mensuel	Anvers, Doel
<b>spectro gamma</b>	Hebdo	Doel
<b>activité alpha-béta totale</b>	Mensuel	Doel
<b>mesure H-3</b>	Hebdo	Doel
	<b>Radioactivité des sédiments</b>	
<b>spectro gamma</b>	Mensuel	Doel
	<b>Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques</b>	
<b>activité gamma</b>	Trimestriel	Hoofdplaat, Kloosterzande
<b>spectro gamma</b>	Trimestriel	Hoofdplaat, Kloosterzande

<b>MESURES</b>	<b>MOL</b>	
	<b>Radioactivité de l'air</b>	
	<b>Fréquence</b>	<b>Lieu de prélèvement</b>
<b>poussières de l'air</b>	Quotidien	Site du C.E.N.
<b>précipitations</b>	Hebdo	Site du C.E.N.
<b>lait (laiterie)</b>	Hebdo	Dessel
<b>sol</b>	1 x/an	Site du C.E.N.
	<b>Radioactivité de l'eau</b>	
<b>activité gamma</b>	Hebdo	Bassin du Ruppel (Boom)
<b>spectro gamma</b>	Hebdo	Molse Nete (Geel)
<b>activité alpha-béta totale</b>	Mensuel	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessengerlo) Grote Nete (Oosterlo)
<b>mesure H-3</b>	Hebdo	Molse Nete (Geel)
	<b>Radioactivité des sédiments</b>	
<b>activité gamma</b>	Mensuel	Molse Nete (Geel)
<b>spectro gamma</b>	Mensuel	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessengerlo) Grote Nete (Oosterlo – Lier)

<b>MESURES</b>	<b>FLEURUS - S.P.R.I.</b>	
	<b>Radioactivité de l'air</b>	
	<b>Fréquence</b>	<b>Lieu de prélèvement</b>
<b>poussières de l'air</b>	Quotidien	Site de l'IRE – ISP-LP (Bruxelles)
<b>précipitations</b>	Mensuel	Site de l'IRE
<b>Débit de dose gamma</b>	permanent	5 balises (Clôtures du site de l'IRE)
<b>lait (ferme)</b>	hebdo	rayon 20 km autour de Fleurus
<b>sol</b>	1 x/an	Site de l'IRE
<b>dosimétrie ambiante</b>	bimensuel	Clôtures et environs du site de Fleurus (12 points)
	<b>Radioactivité des sédiments</b>	
<b>spectro gamma</b>	Mensuel	Floriffoux, Andenne
	<b>Radioactivité de la Chaîne Alimentaire</b>	
<b>Lait national</b>	Mensuel	Dans le commerce
<b>légumes</b>		
<b>Viandes</b>		
<b>Poissons de mer</b>		
<b>Poissons de rivière</b>		

<b>MESURES</b>	<b>SITE COTIER</b>	
	<b>Radioactivité de l'air</b>	
	<b>Fréquence</b>	<b>Lieu de prélèvement</b>
<b>poussières de l'air</b>	Mensuel	Koksijde
<b>précipitations</b>	Quotidien	Koksijde (IRM)
<b>sol</b>	1 x/an	Koksijde
	<b>Radioactivité de l'eau</b>	
<b>spectro gamma</b>	Trimestriel	Zones 1, 2 et3 Dumping 1 et2
<b>activité alpha-béta totale</b>	Trimestriel	Zones 1, 2 et3 Dumping 1 et2
	<b>Radioactivité des sédiments</b>	
<b>spectro gamma</b>	Trimestriel	Contribution de la RZO, Belgica
	<b>Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques</b>	
<b>activité gamma</b>	Trimestriel	Contribution de la RZO, Belgica
<b>spectro gamma</b>	Trimestriel	Contribution de la RZO, Belgica

### 3. RADIOACTIVITE DE L'AIR ET DES PRECIPITATIONS

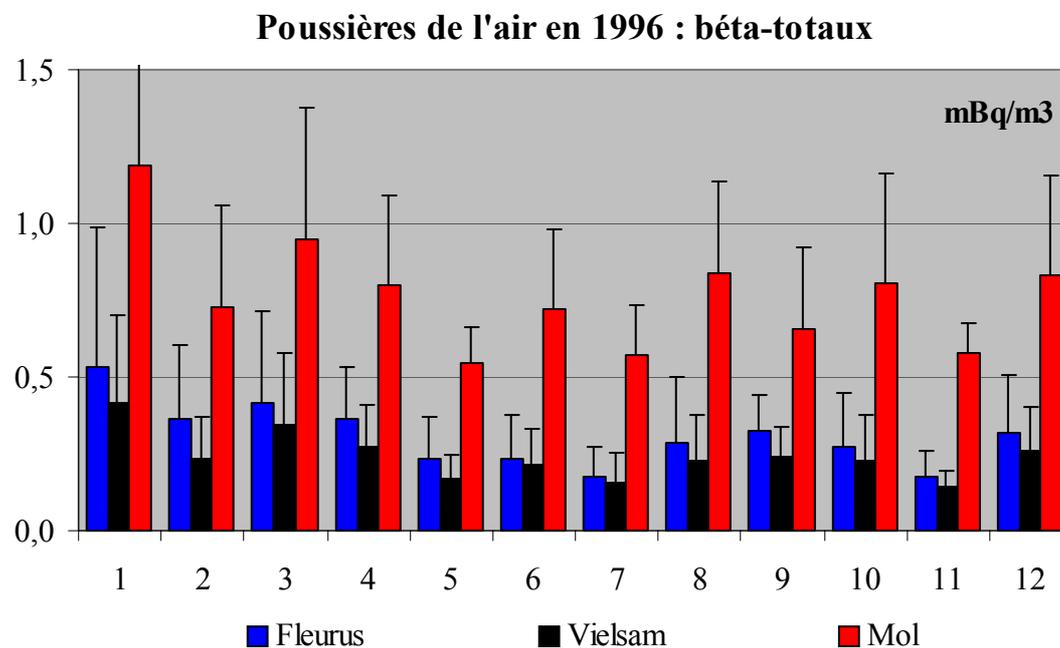
L'analyse des poussières de l'air est une méthode efficace de détection d'un rejet de matières radioactives dans l'atmosphère. En effet, les aérosols (particules  $> 0,5 \mu\text{m}$ ) sont une des formes des rejets atmosphériques des installations nucléaires; ils renferment essentiellement des produits de fission recondensés (émetteurs  $\beta$ - $\gamma$ ). On note parfois la présence d'émetteurs  $\alpha$ .

Cette méthode de détection a été particulièrement utilisée pour le suivi des essais nucléaires atmosphériques lorsqu'ils étaient pratiqués ("fallout") ainsi que pour le suivi du passage des nuages radioactifs consécutifs à l'accident de Tchernobyl.

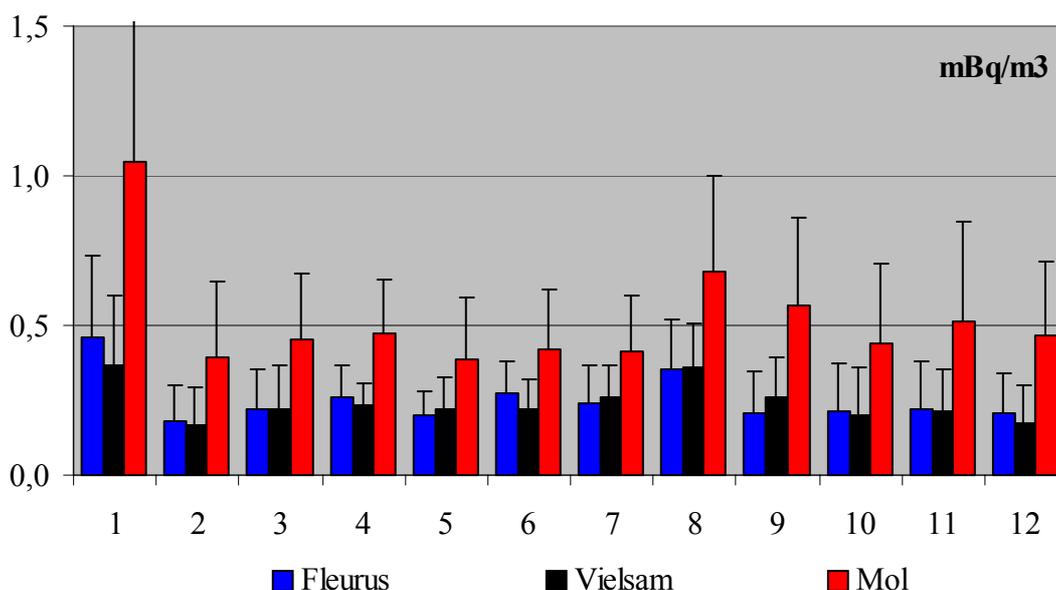
Ces poussières peuvent se déposer directement sur le sol (dépôt sec) ou être lessivées par la pluie (dépôt humide). C'est pourquoi, la mesure de la radioactivité des poussières de l'air et celle des précipitations constituent des éléments importants et complémentaires d'un réseau de surveillance radiologique.

Les graphiques suivants illustrent très clairement l'importance de ce type de contrôle.

#### 3.1. POUSSIÈRES DE L'AIR



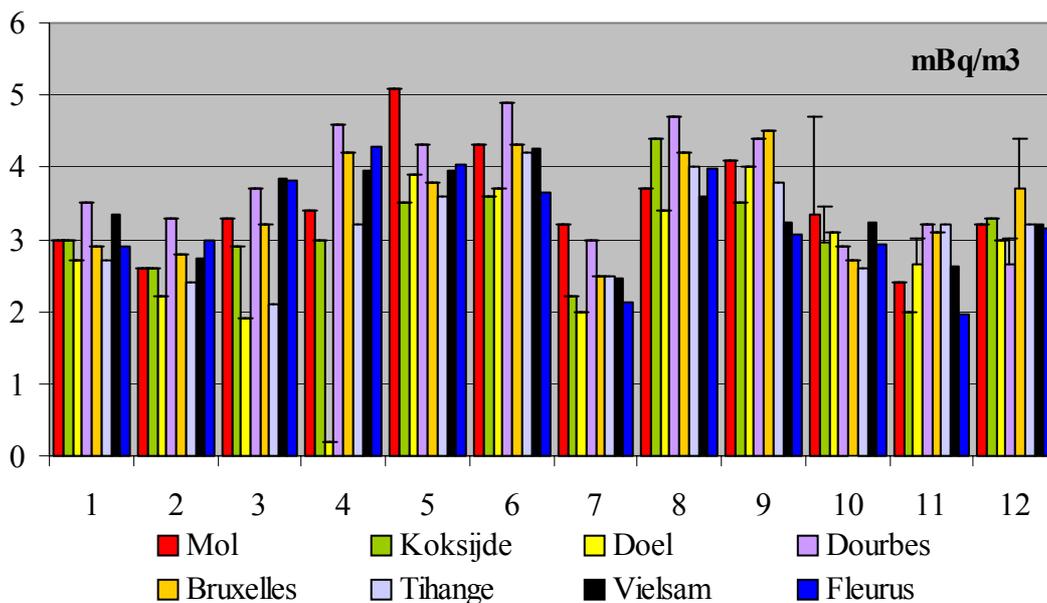
### Poussières de l'air en 1997 : béta-totaux



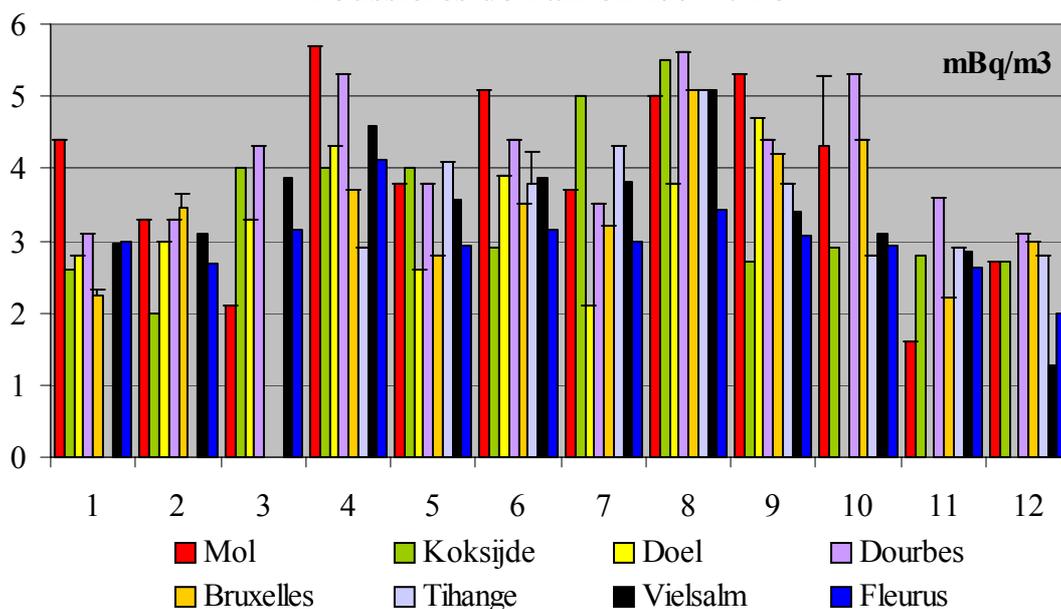
En ce qui concerne les *émetteurs béta* dans les poussières de l'air, les teneurs (exprimées en mBq/m<sup>3</sup>) en émetteurs béta totaux mesurés par mètre cube sont très faibles : < 1 mBq/m<sup>3</sup>. Il faut remarquer que ce type de mesure tient compte de la présence des produits de décroissance à courte période du radon, d'origine naturelle, qui prédominent dans la radioactivité de l'atmosphère.

Le *béryllium 7*, radionucléide naturel produit par les rayonnements cosmiques, est présent dans les aérosols, les teneurs mesurées sont voisines de 3 mBq/m<sup>3</sup> (fluctuent de 2 à 4 mBq/m<sup>3</sup>).

### Poussières de l'air en 1996 : Be-7



### Poussières de l'air en 1997 : Be-7

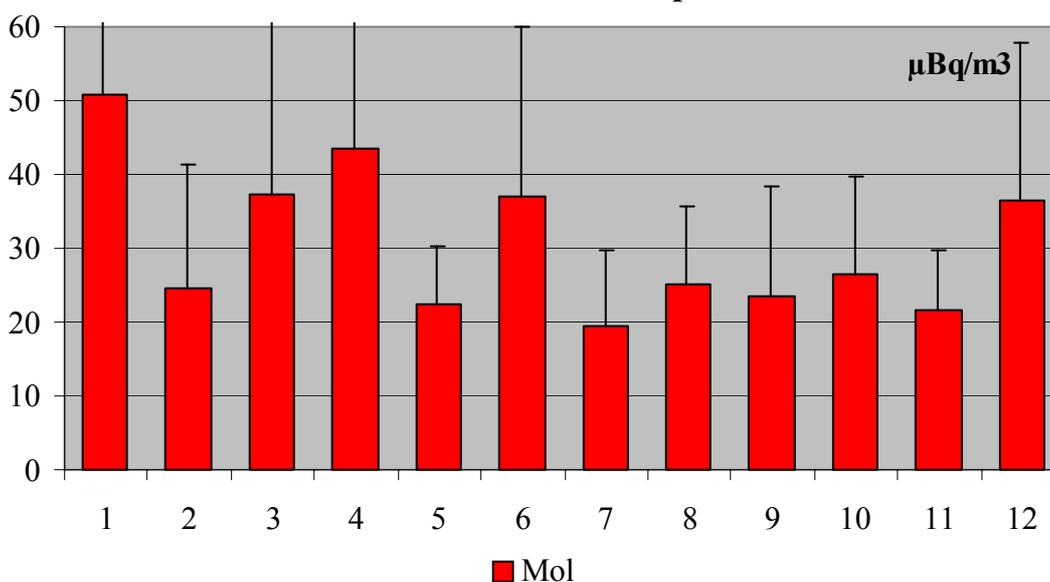


Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans d'autres pays européens (Suède, Luxembourg, France, Allemagne, Autriche, Italie, etc.) où elles varient en général de 1 à 30 mBq/m<sup>3</sup>.

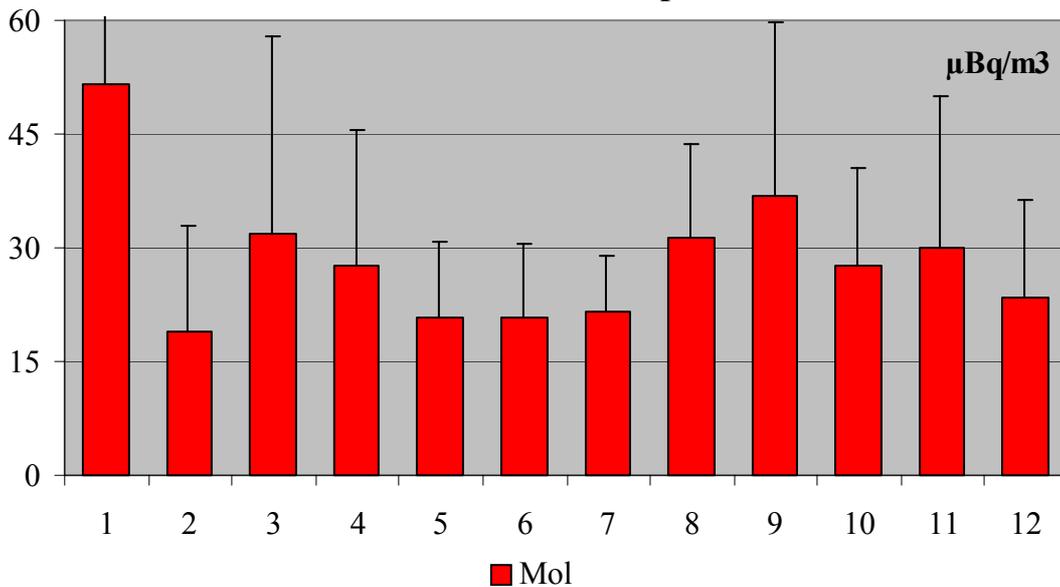
Pour ce qui est des *émetteurs gamma* recherchés (<sup>134,137</sup>Cs, <sup>103,106</sup>Ru, <sup>141,144</sup>Ce, <sup>95</sup>Nb, <sup>95</sup>Zr), les mesures sont toutes inférieures aux seuils de détection des appareils de spectrométrie : de 3 à 20-25 μBq/m<sup>3</sup> (16-17 μBq/m<sup>3</sup> pour les <sup>134</sup>Cs et <sup>137</sup>Cs).

En ce qui concerne les mesures effectuées en *alpha totaux* autour du site nucléaire du CEN/SCK à Mol, les teneurs enregistrées fluctuent en général de 20 à 40 μBq/m<sup>3</sup> d'air.

### Poussières de l'air 1996 : alpha-totaux



### Poussières de l'air 1997 : alpha-totaux



Ces teneurs sont tout à fait conformes à ce qui peut être mesuré dans d'autres pays européens, on note en effet dans la région parisienne des activités annuelles moyennes en alpha totaux inférieures à  $150 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  d'air. Il s'agit presque exclusivement de radioactivité naturelle.

### 3.2. PLUIES

Les pluies qui lessivent l'atmosphère sont un bon moyen de contrôle de la qualité de l'air ambiant et de son éventuelle contamination radioactive.

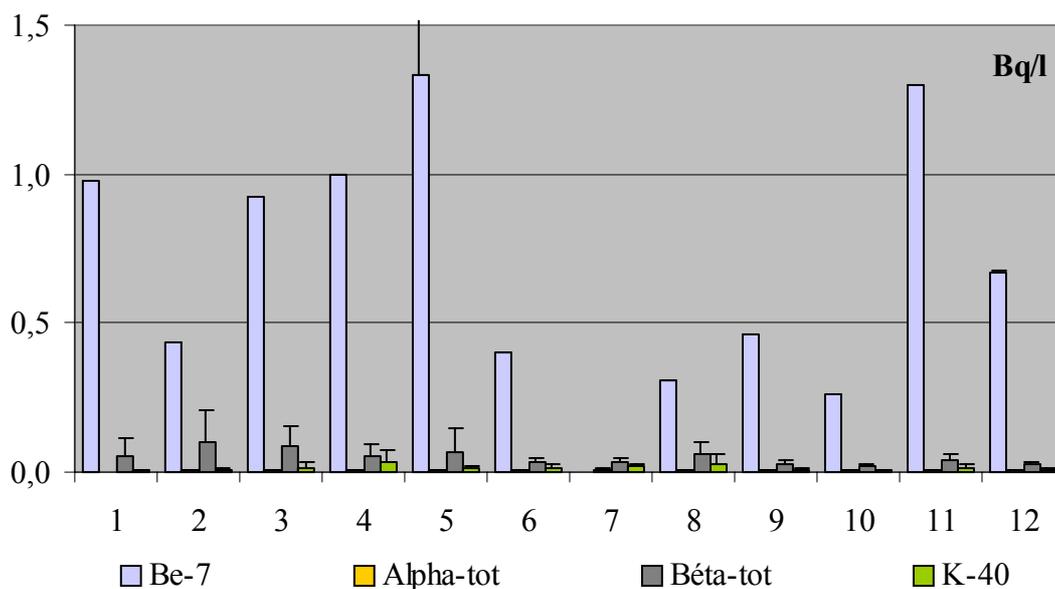
L'analyse des résultats ayant trait à la **radioactivité** des pluies, collectées essentiellement autour des sites nucléaires et dans l'agglomération Bruxelloise, montre que celle-ci reste très faible et expliquée par la présence de radioéléments d'origine naturelle.

A *Bruxelles*, la radioactivité détectée dans les eaux de pluie est, en effet, due à la présence de radioéléments naturels, tels que :

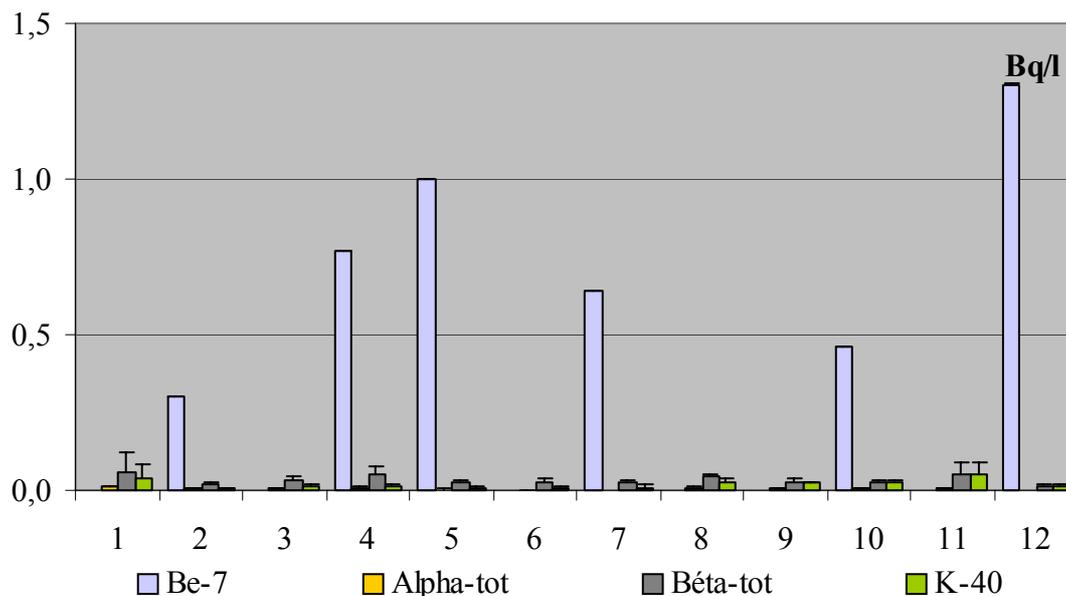
- le Be-7 – *53,2 jours de demi-vie* - qui est produit par les rayonnements cosmiques,
- le K-40 –  *$1,26 \times 10^9$  années de demi-vie* - qui appartient à la famille des radioéléments naturels primaires, dont l'origine remonte à la création du système solaire et dont la présence explique la quasi-totalité de la radioactivité bêta totale mesurée et enfin,
- de traces de radioactivité alpha, également d'origine naturelle.

A noter que le Be-7 est de loin le plus visible tout en restant à des teneurs bien évidemment très faibles : de l'ordre du Bq/litre. Ces teneurs sont, comme on peut le prévoir compte tenu de l'origine de ce radioélément, tout à fait comparables à celles détectées dans les pays voisins de l'Union Européenne.

### Bruxelles 1996



### Bruxelles 1997



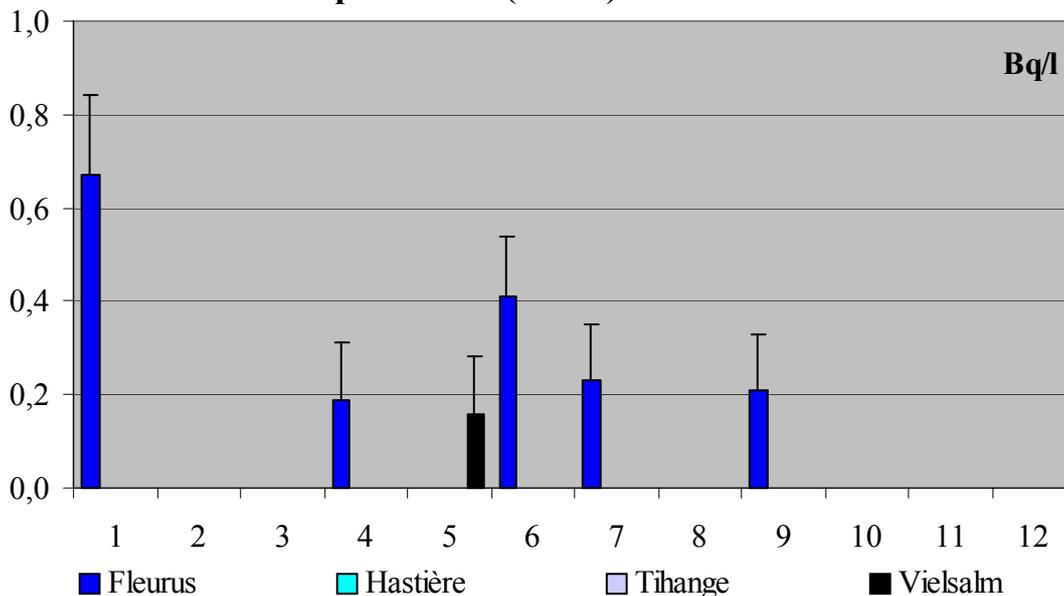
L'analyse des résultats obtenus *autour des sites nucléaires* (IRE à Fleurus, centrale nucléaire de Tihange, centrale nucléaire de Chooz en France, contrôlée à Hastière, CEN/SCK à Mol), *pour Bruxelles et pour un site "propre" à Vielsalm* montre que la plupart des radioéléments recherchés sont en général non détectables (mesures inférieures aux seuils de détection des appareils).

Les seuils de détection atteints par les appareillages de mesure pour Bruxelles sont très bas : 0,12 Bq/l pour le Ce-141; 0,4 Bq/l pour le Ce-144; 0,05 Bq/l pour les Cs-134 et Cs-137; 0,2 Bq/l pour l'I-131; 0,07 Bq/l pour le Nb-95; 0,06 Bq/l pour le Ru-103; 0,4 Bq/l pour le Ru-106; 0,006 Bq/l pour le Sr-90; 0,005 Bq/l en  $\alpha$  totaux et en  $\beta$  totaux.

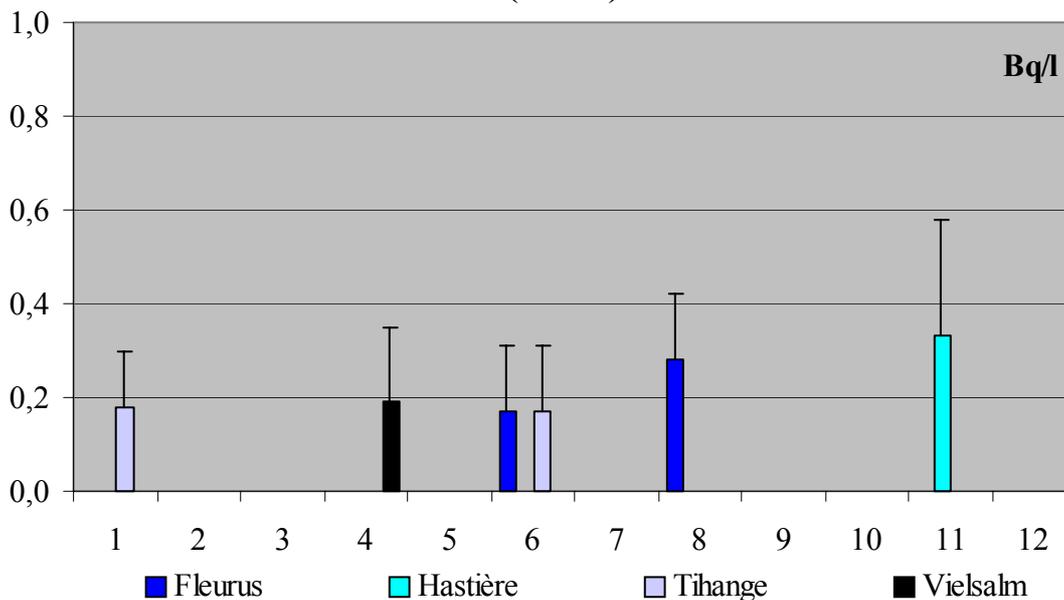
En ce qui concerne la présence d'émetteurs bêta autour des sites nucléaires et pour une région témoin (Vielsalm), l'analyse des résultats obtenus sur des eaux de pluies préalablement filtrées (analyses effectuées sur le filtrat et le résidu de filtration) montre que, la plupart du temps, les mesures sont sous les limites de détection et quand une mesure est possible, que les valeurs détectées sont à peine supérieures à ces limites. A remarquer également l'importance de l'incertitude sur les mesures (barres d'erreurs importantes).

Les quelques valeurs obtenues pour les eaux de pluies filtrées sont faibles et à peine supérieures aux seuils de détection des appareils de mesure : 0,2 à 0,4 Bq/litre. Les valeurs enregistrées autour des sites nucléaires sont comparables à celles détectées pour le site témoin de Vielsalm.

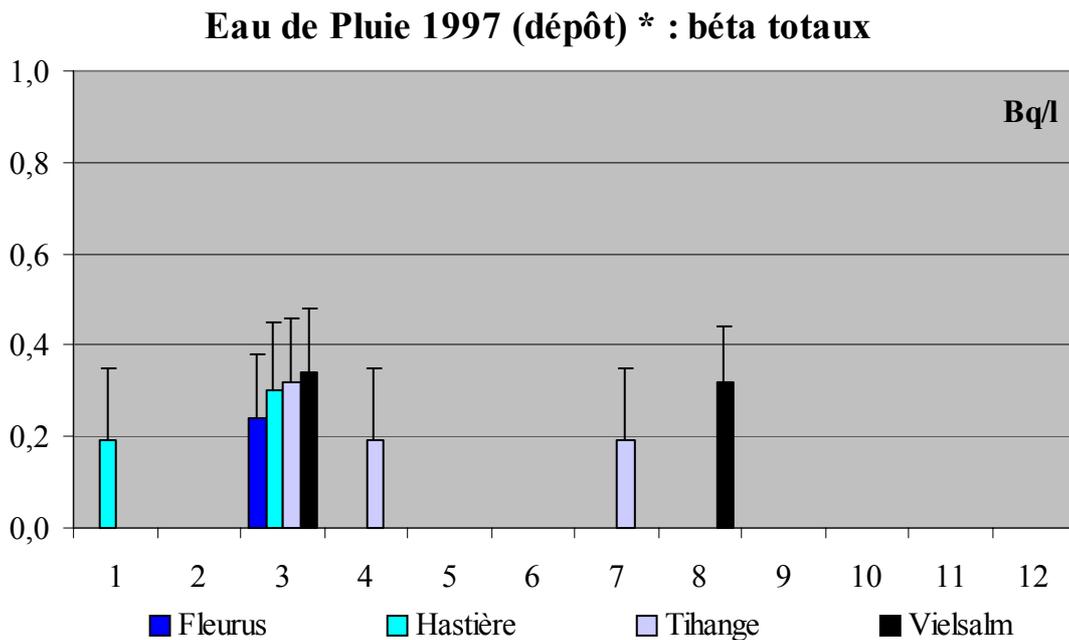
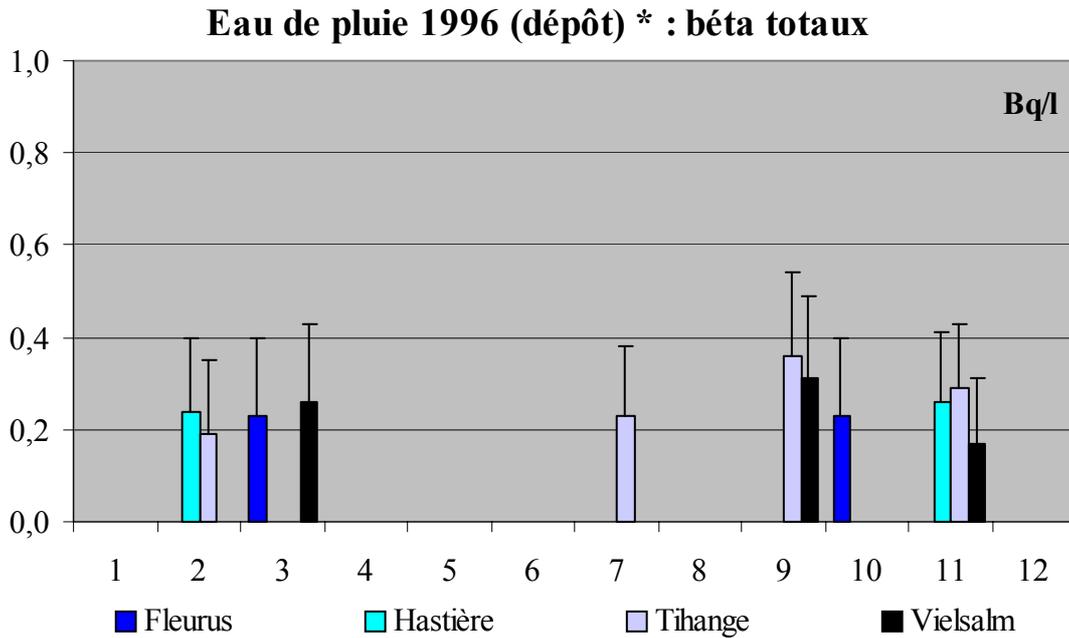
**Eau de pluie 1996 (filtrée) \* : bêta totaux**



**Eau de Pluie 1997 (filtrée) \* : bêta totaux**



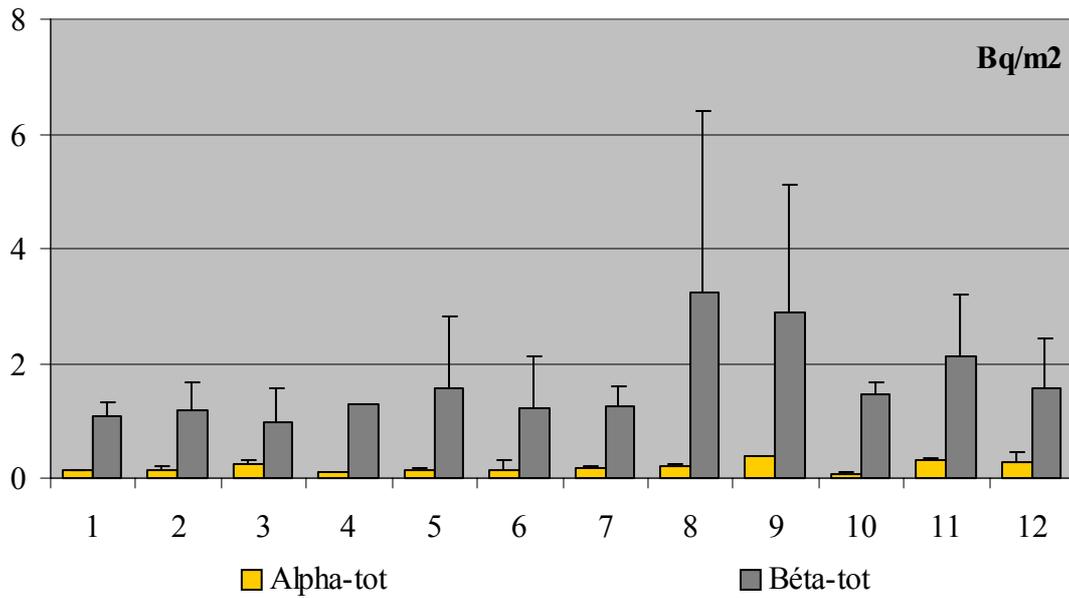
Même constat en ce qui concerne les résidus de filtration.



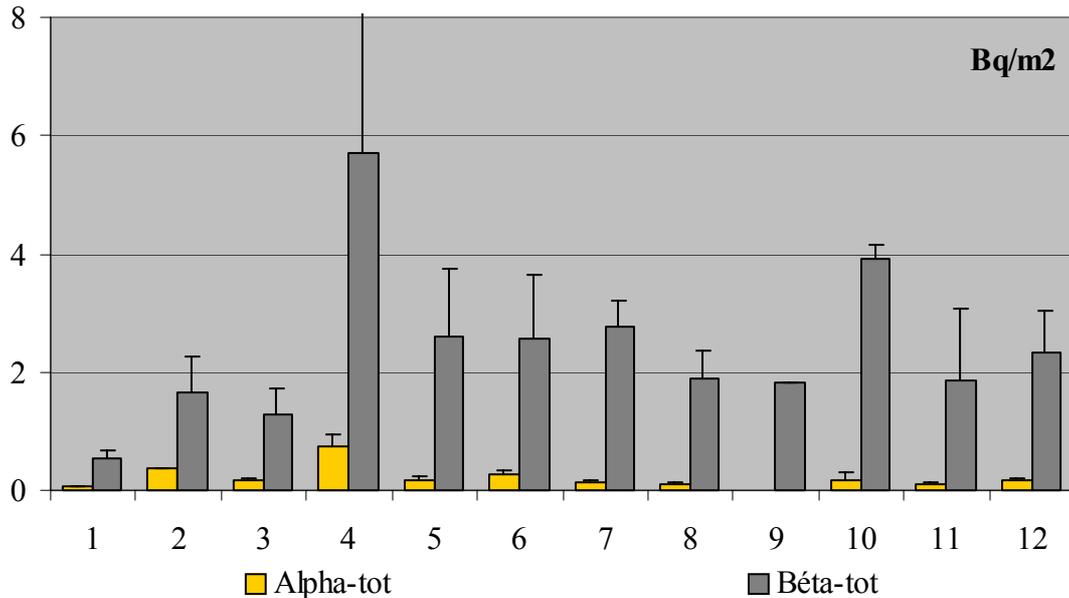
Il est donc évident que les traces détectées en émetteurs béta sont expliquées par la présence dans ces eaux d'émetteurs béta d'origine naturelle.

Les résultats obtenus *autour du site nucléaire du CEN/SCK à Mol* portent principalement sur des mesures en émetteurs alpha et béta totaux. Ces résultats sont exprimés en Bq déposés, via les pluies, par unité de surface (m<sup>2</sup>).

### Mol 1996



### Mol 1997



Les seuils de détection sont respectivement de 0,08-0,09 Bq/m<sup>2</sup> et 0,8-0,9 Bq/m<sup>2</sup> pour les émetteurs  $\alpha$  et  $\beta$ . Les teneurs obtenues, bien que supérieures aux limites de détection, restent faibles dans l'absolu, la présence d'émetteurs bêta naturels est responsable d'une grande partie des teneurs enregistrées pour cette famille de radioéléments.

Le réseau de détection de la radioactivité atmosphérique, par le biais de mesures de la radioactivité de l'air et de celle de la pluie montre son efficacité à détecter de très faibles quantités de radioactivité grâce aux seuils de détection auxquels arrivent les appareils de mesure.

Cet aspect du contrôle de la radioactivité atmosphérique devrait dans un avenir proche être épaulée par les données de mesures en continu opérées par l'ensemble des balises "air" qui émaillent le territoire dans le cadre du réseau de surveillance automatique TELERAD.

**Conclusions :**

- la radioactivité naturelle est principalement responsable du niveau – très faible – de contamination radioactive de l'atmosphère,
- en dehors de tout scénario d'accident, l'impact atmosphérique des installations nucléaires dans l'atmosphère et indirectement dans l'environnement est toujours négligeable voire non détectable.

## 4. RADIOACTIVITE DES SOLS

La radiocontamination des sols est due principalement aux retombées de matières radioactives présentes dans l'atmosphère (le plus souvent associées à des particules très fines ou à des aérosols) par dépôts sec ou humide (lessivage de l'atmosphère par les pluies).

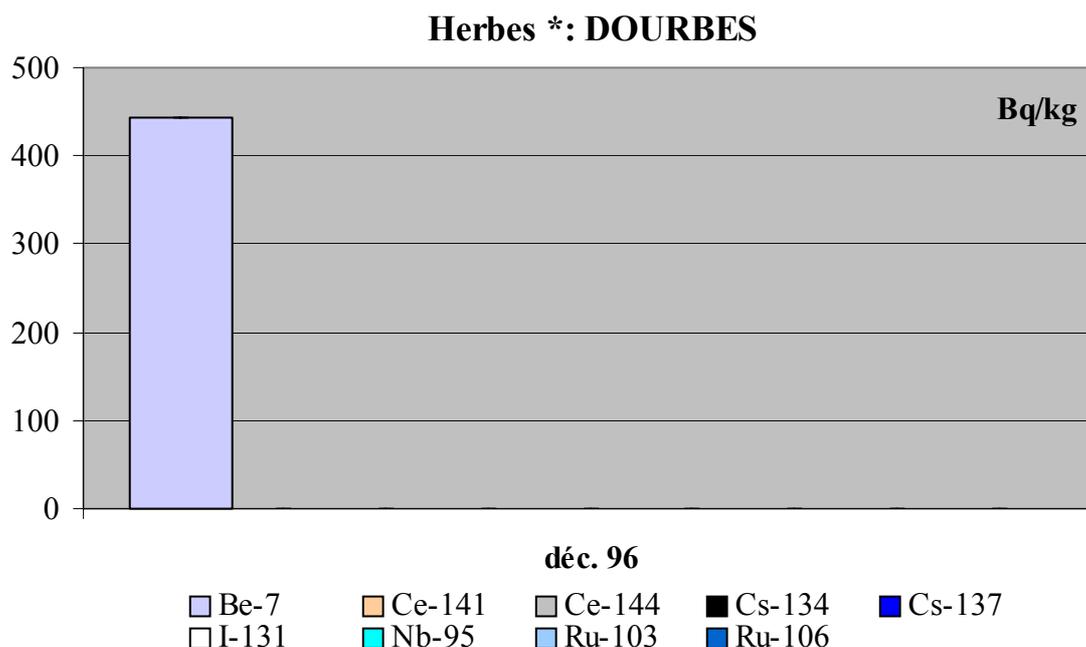
Les échantillons de sols sont normalement prélevés et analysés une fois par an. Pour des cas exceptionnels de contamination (fuites à partir de conduites de décharge ou lors de dépôts de déchets radioactifs), des prélèvements supplémentaires seraient opérés. Par endroit, le dépôt éventuel de radioactivité est recherché via des prélèvements d'herbes.

Les analyses portent sur la détection d'émetteurs gamma. Les seuils de détection peuvent varier en fonction de la quantité et de la densité des sols prélevés, de la géométrie utilisée pour effectuer les mesures, et du niveau d'activité global de l'échantillon. La concentration en potassium 40 des sols suit celle du potassium stable (le  $^{40}\text{K}$  représente 0,0119% du potassium total) qui varie d'un sol à l'autre ainsi qu'en fonction des saisons. Quant il est graphiquement possible de le faire, les erreurs sur les mesures apparaissent sur les histogrammes.

En ce qui concerne le **dépôt herbeux**, les contrôles ont été réalisés dans la zone de **Dourbes** (région ouest de Chooz) et à **Bruxelles**.

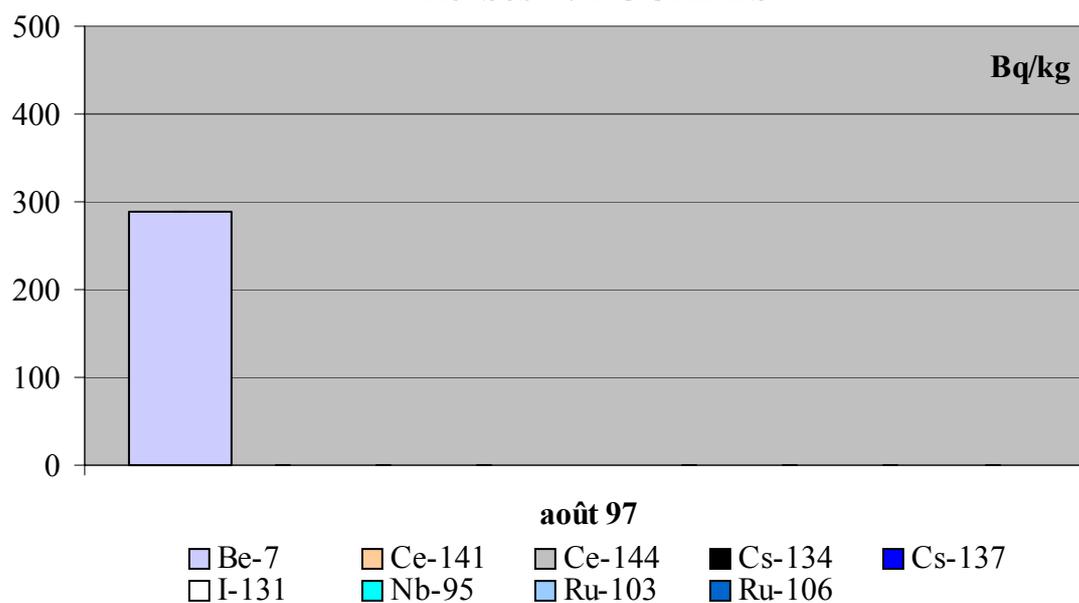
A **Dourbes**, seul le Be-7 – radioélément cosmogénique naturel - est visible. A remarquer que les niveaux de détection obtenus sont très bas : 2-3 Bq/kg pour le Ce-141, 6-8 Bq/kg pour le Ce-144, 1 à 1,5 Bq/kg pour les Cs-134 et Cs-137, 2-3 Bq/kg pour l'I-131, 1,5 Bq/kg pour le Nb-95 et le Ru-103 et 8 Bq/kg pour le Ru-106.

En 1996,



En 1997,

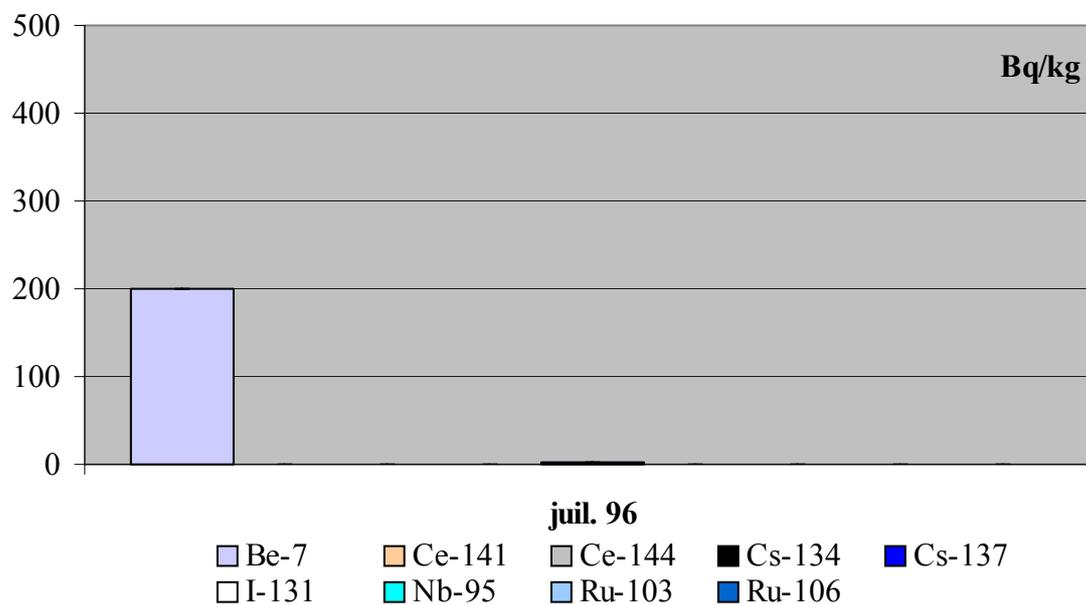
### Herbes \*: DOORBES



A **Bruxelles**, comme à Dourbes, seul le Be-7 est détectable, ce qui confirme les données obtenues pour le contrôle de l'atmosphère (poussières de l'air et eaux de pluies).

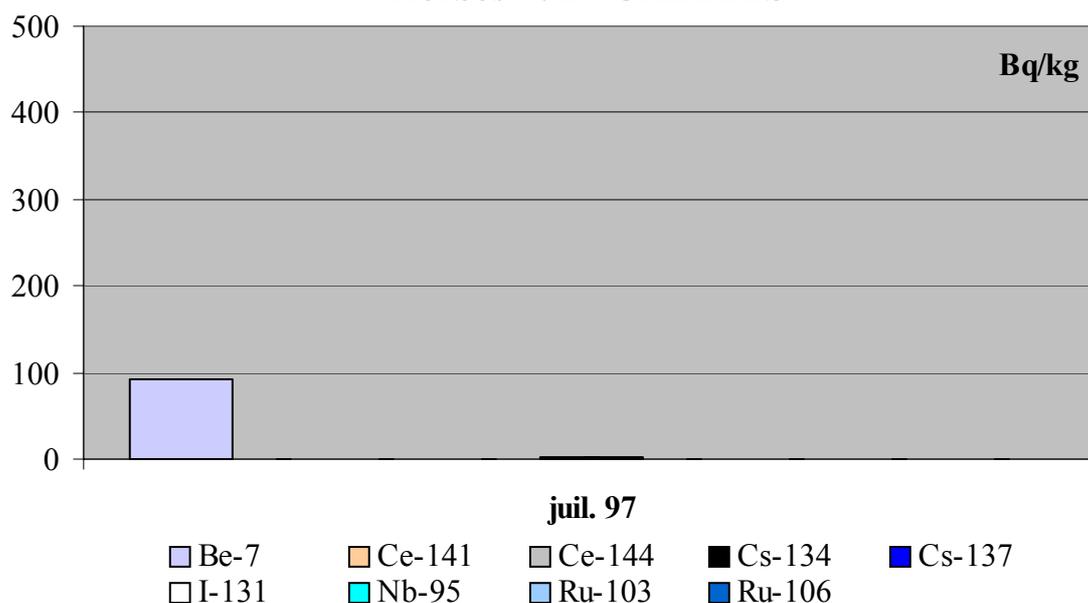
En 1996,

### Herbes \*: BRUXELLES



En 1997,

### Herbes \*: BRUXELLES

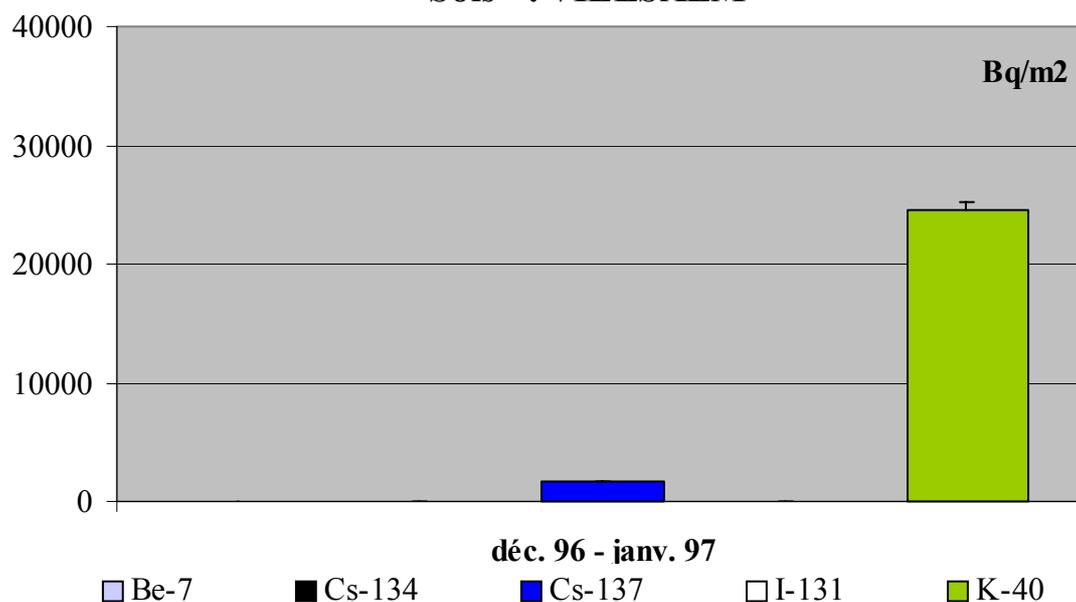


Les sols prélevés dans la **région de Vielsalm** (choisie comme zone "témoin", forestière et de ce fait, éloignée des agglomérations et des installations nucléaires) sont "radiologiquement" propres.

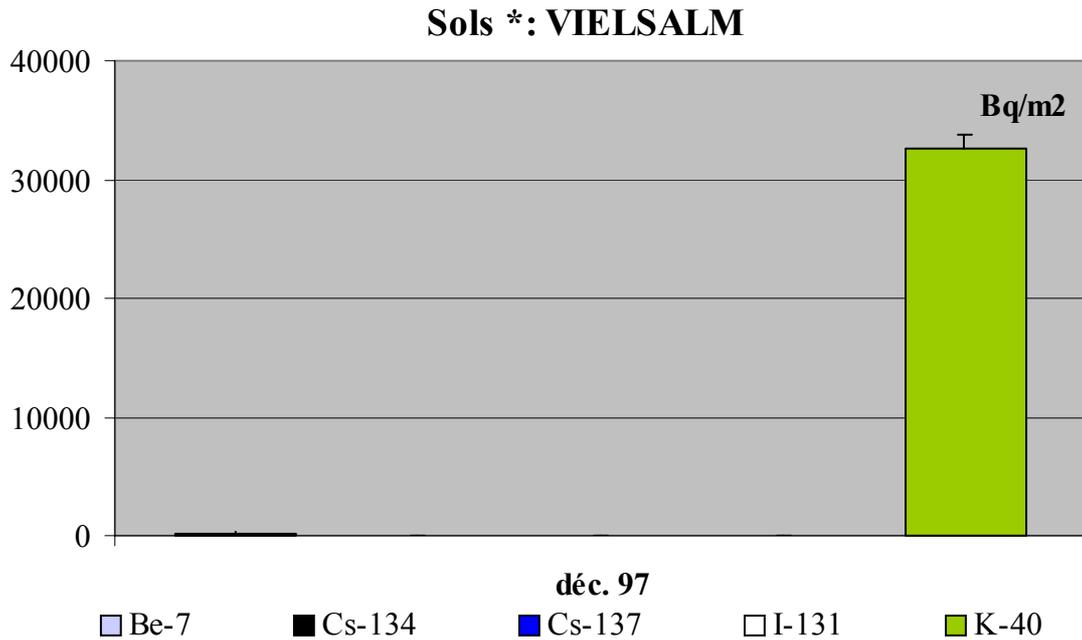
Ces sols ont été prélevés sur une surface de 1 m<sup>2</sup> et sur une profondeur de 10 cm environ (correspond aux horizons organiques et hémiorganiques de surface, constitués de matière organique en voie de décomposition plus ou moins mélangée à de la matière minérale – où se fixe le radiocésium en particulier, qui sont impliqués dans la rétention des radioéléments déposés par voie atmosphérique).

En 1996,

### Sols \*: VIELSALM



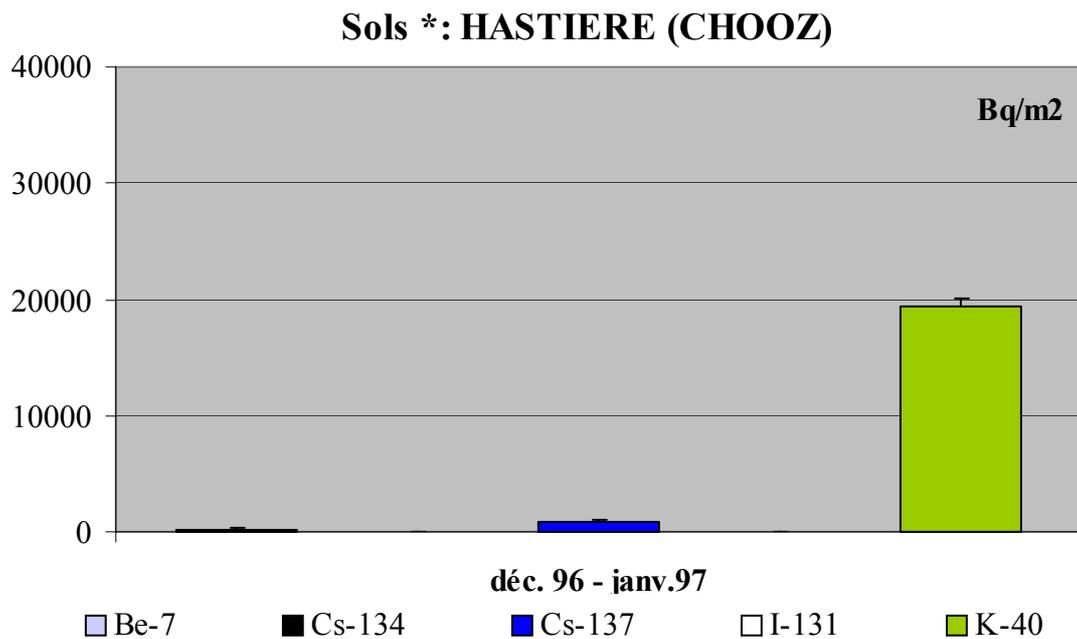
En 1997,



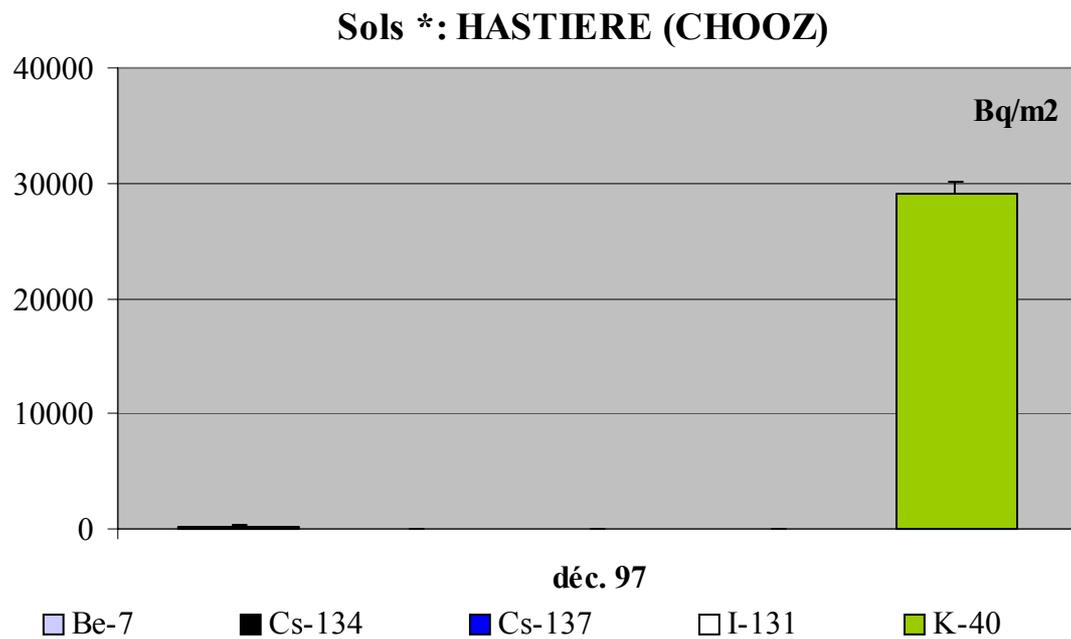
Seules des traces de Cs-137 (traces des retombées de Tchernobyl) et de Be-7 (cosmogénique naturel) sont détectées et, bien sur, la présence de potassium 40, tous deux des radioéléments naturels.

Le même type de résultats est obtenu pour des sols en provenance de la région de **Chooz** (dans la zone d'influence possible de la centrale nucléaire française de Chooz). Là encore, seule la radioactivité naturelle est mise franchement en évidence (potassium 40).

En 1996,

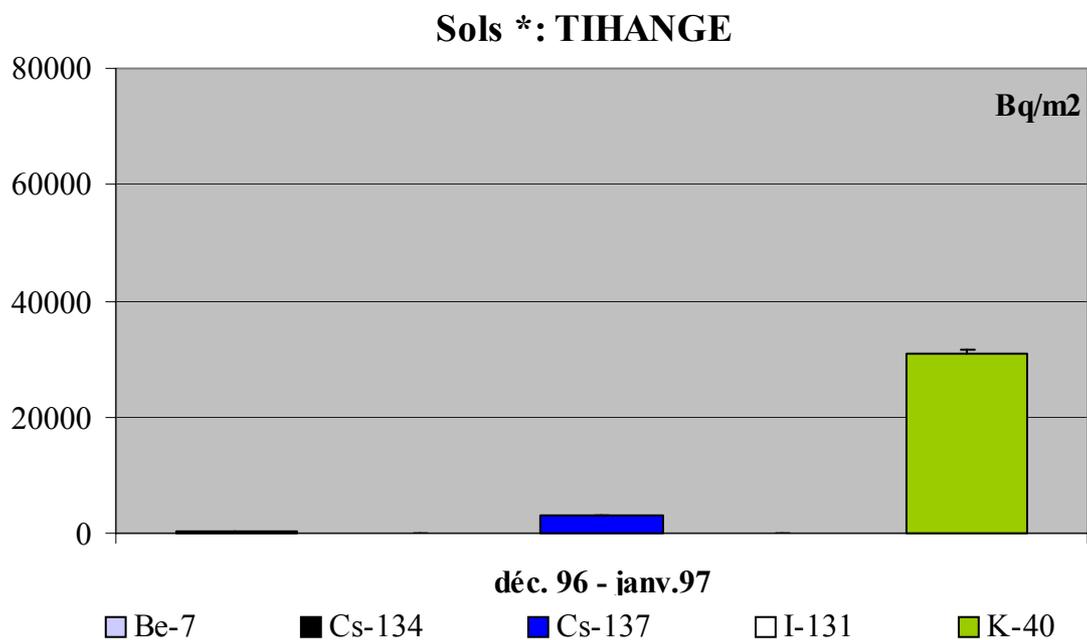


En 1997,



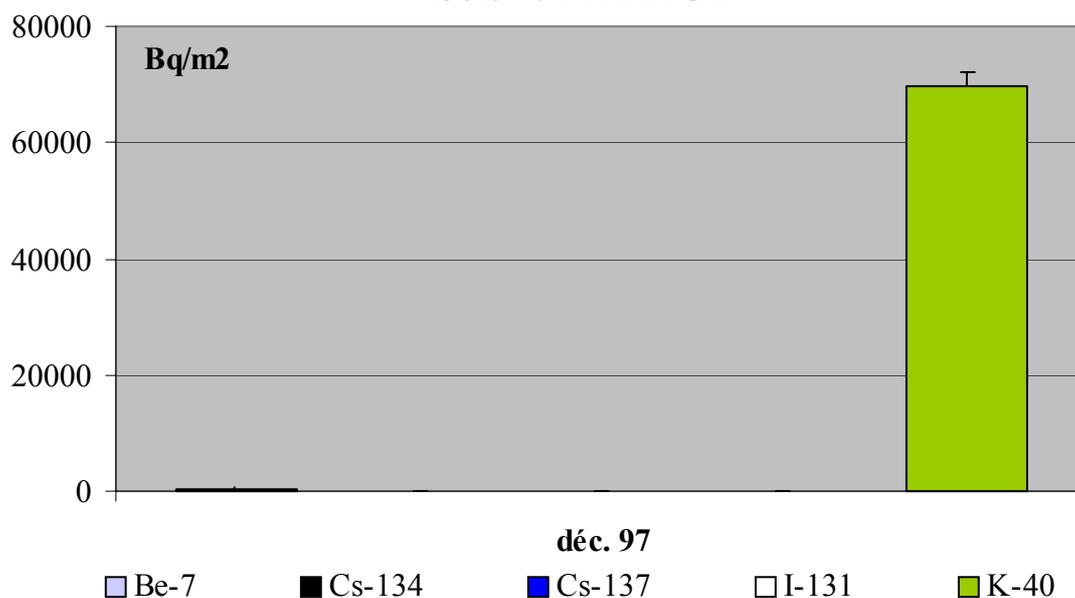
Pour les sols de **Tihange**, la même observation est d'actualité.

En 1996,



En 1997,

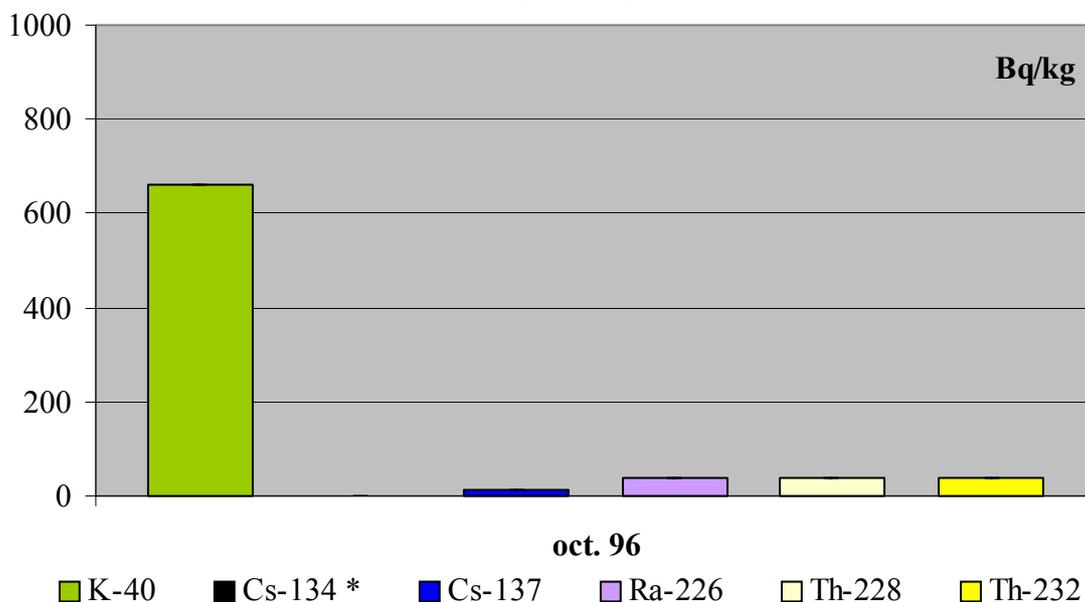
### Sols \*: TIHANGE



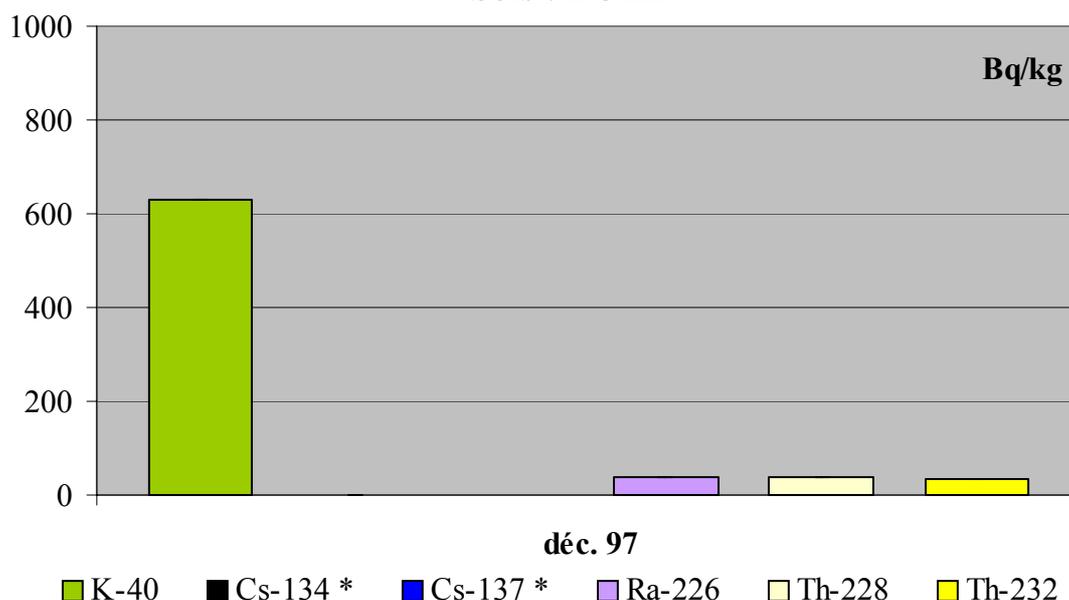
Au voisinage de la **centrale nucléaire de Doel**, la radioactivité détectée dans les échantillons mesurés est due en majeure partie aux radioéléments naturels (K, Ra, Th), des traces de radiocésium sont présentes. Les seuils de détection sont ici aussi très bas :

1,7 à 2,6 Bq/kg pour le  $^{60}\text{Co}$ , 1 à 2 Bq/kg pour les  $^{137,134}\text{Cs}$ , 1 Bq/kg pour les U et 1 à 1,5 Bq/kg pour les  $^{238,239}\text{Pu}$ , etc.

### Sols : DOEL



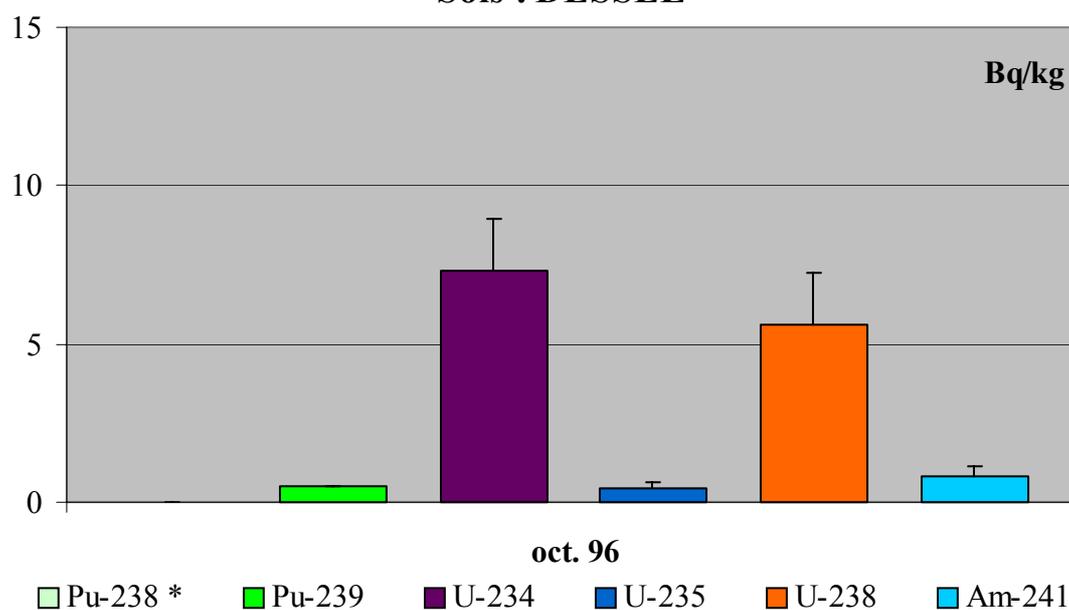
### Sols : DOEL



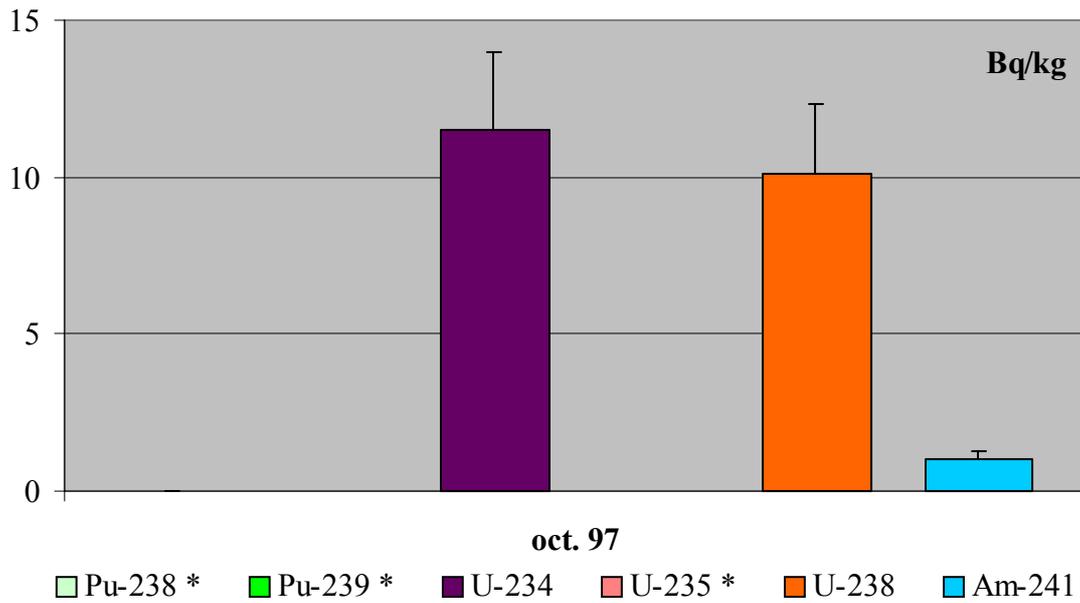
Dans la région de **Dessel**, outre la radioactivité naturelle (uranium) qui est à peine détectable, on retrouve dans les sols des traces d'éléments lourds appartenant à la famille des américium et plutonium.

Cette présence ne peut être due qu'à la proximité des installations du site qui comprend celles de Belgoprocess 1 (constituée des usines Cilva - incinérateur de déchets solides, Pamela – usine de vitrification de déchets à hauts niveaux de radioactivité, non concernée ici, FBFC international – fabrique de combustible nucléaire enrichi en  $^{235}\text{U}$  et à présent de MOX, peu concernée car rejets atmosphériques négligeables en terme d'activité), celles de Belgoprocess 2 - ancienne zone de traitement des déchets du CEN/SCK et celles de la Belgonucléaire concernée par des rejets d'émetteurs alpha - Pu.

### Sols : DESSEL



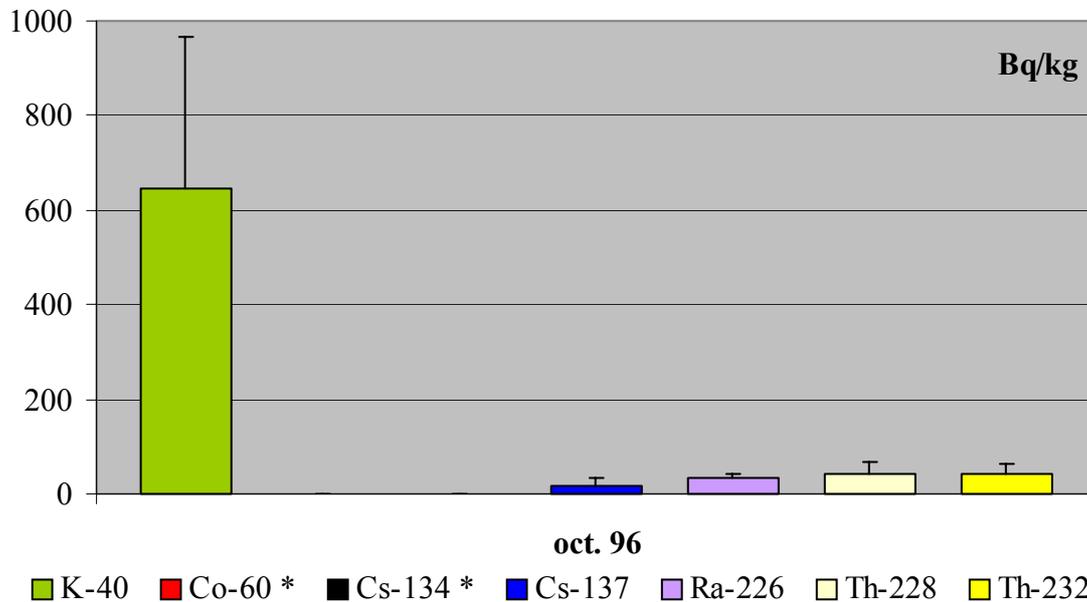
### Sols : DESSEL



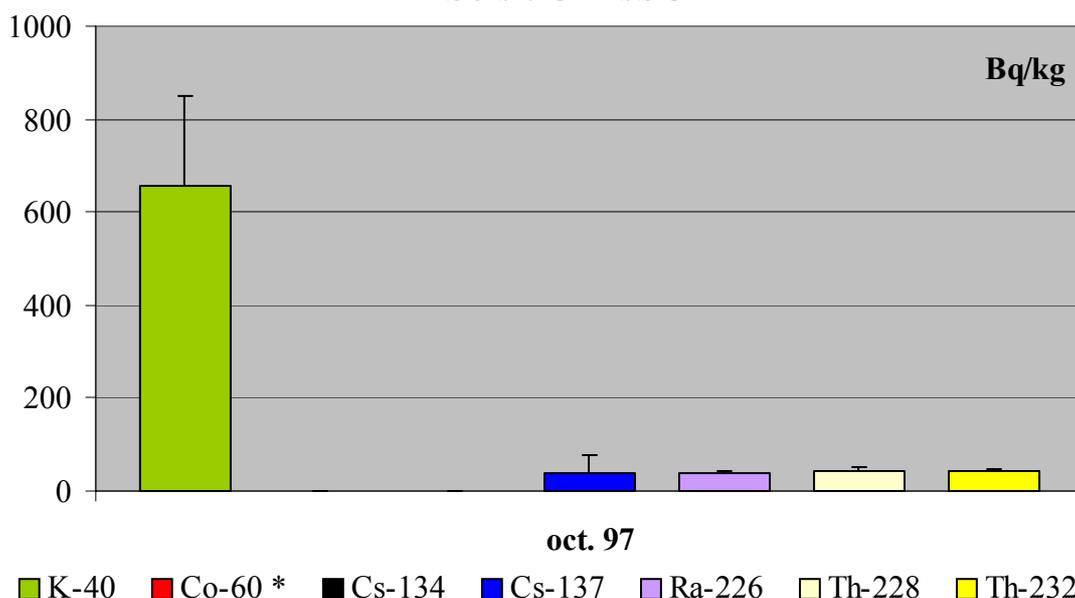
Sur le **site du CEN/SCK**, des traces de césium 137 sont détectables en plus des radioéléments d'origine naturelle (K, U et Th).

Il faut néanmoins relativiser ces résultats et remarquer que les teneurs mesurées sont, quand elles sont significatives, à peine supérieures aux seuils de détection des appareils de mesure.

### Sols : CEN/SCK



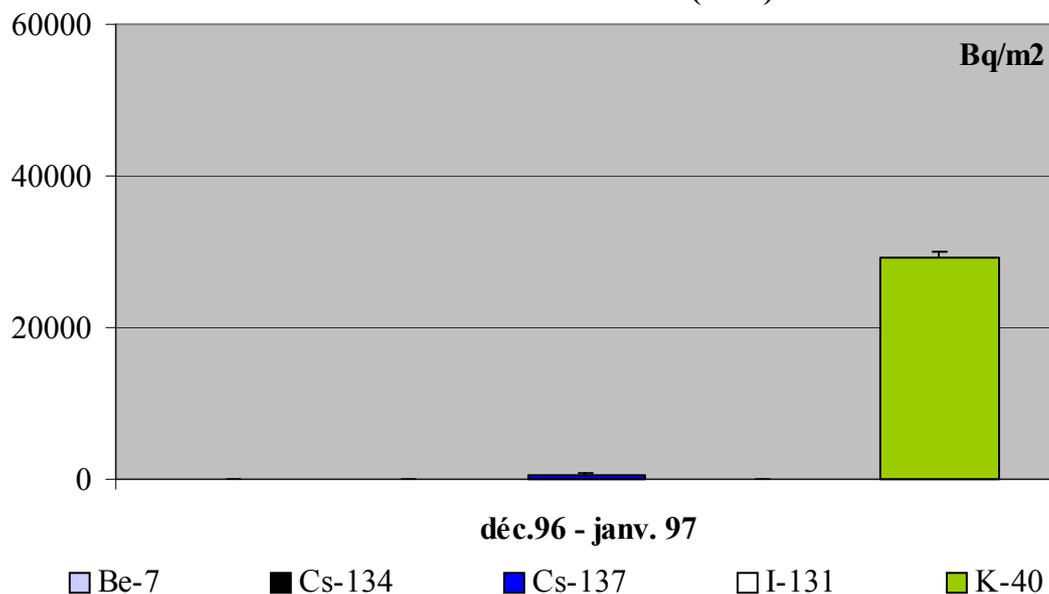
### Sols : CEN/SCK



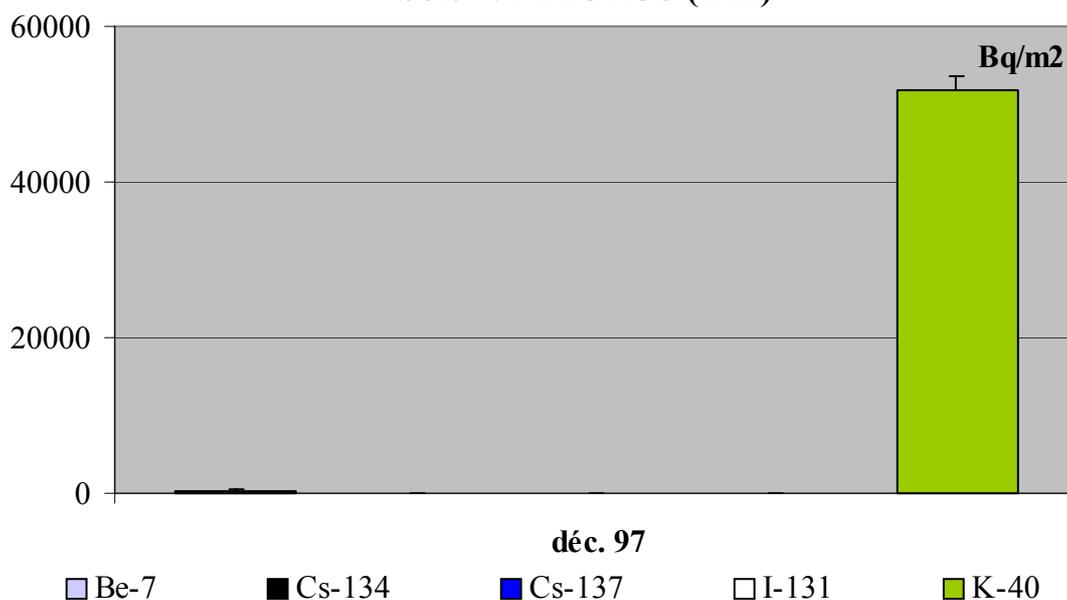
D'une manière générale, la présence de ces radioéléments naturels et artificiels confirme que la région située autour de sites urbain et industriels de Dessel – Mol – Tessenderloo et des cours d'eau Laak – Winterbeek – Demer doit continuer à être surveillée. Il serait d'ailleurs opportun d'en évaluer le niveau de contamination actuel (radioéléments naturels artificiellement rejetés dans l'environnement et artificiels) et de situer les zones éventuellement plus touchées afin de mettre en œuvre des études visant à une réhabilitation de celles-ci si nécessaire.

Dans l'environnement de l'I.R.E. à Fleurus, seule la radioactivité naturelle (Be-7 et surtout K-40) est facilement mise en évidence. La plupart des mesures effectuées se situent sous les seuils de détection des appareils de contrôle (36 et 78 Bq/m<sup>2</sup> pour les Cs-134 et Cs-137, 33 à 39 Bq/m<sup>2</sup> pour l'I-131).

### Sols \*: FLEURUS (IRE)

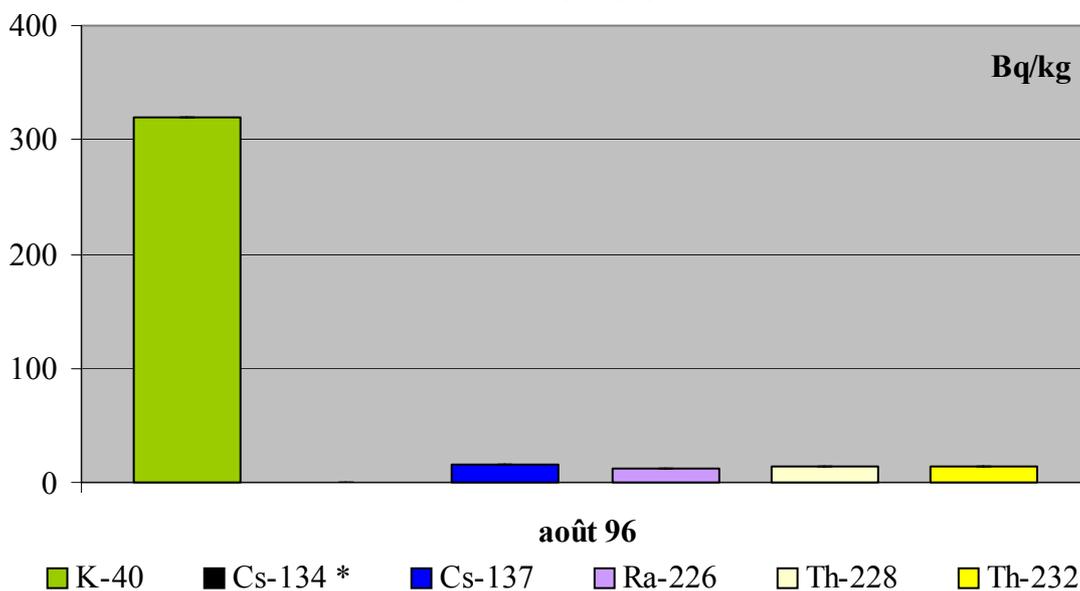


### Sols \*: FLEURUS (IRE)

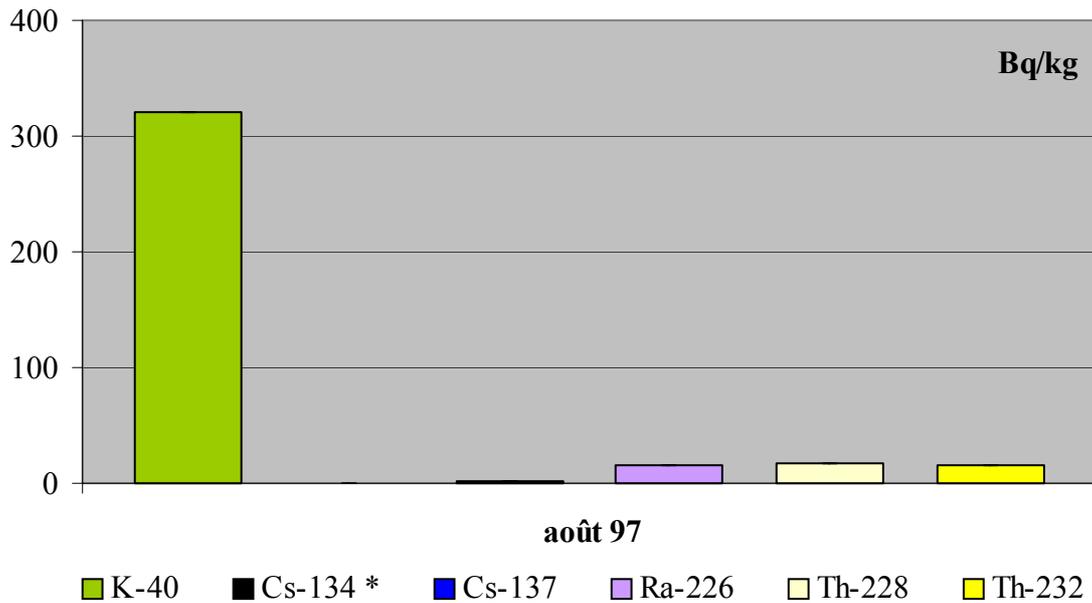


Les sols en provenance du **site côtier de Koksijde** renferment très peu de radioactivité, celle-ci est principalement d'origine naturelle (K, Ra, Th). Des traces de césium 137 sont détectables mais les mesures effectuées sont à peine supérieures aux seuils de détection.

### Sols : KOKSIJDE



## Sols : KOKSIJDE



### Conclusions :

- Les centrales nucléaires et l'I.R.E. ne créent pas d'impacts mesurables dans leur environnement. Par contre, les installations nucléaires du site de Dessel et du CEN/SCK ont un impact mesurable bien que ce dernier soit réduit.

- Cet impact, faible, doit continuer à être suivi dans le cadre d'un contrôle régulier de routine. Par rapport à la période 91-95, il semble que l'on observe une diminution de la radioactivité artificielle produite par ces installations.

- La région industrielle située autour des sites de Mol, Dessel, Tessenderloo a reçu un apport non négligeable de polluants chimiques dont certains sont radioactifs, notamment du Ra-226 – radioélément naturel - rejeté par l'industrie d'engrais chimiques de Tessenderloo qui sont dès lors concentrés dans certaines zones. Une approche pluri-disciplinaire semble requise afin de déterminer l'ampleur exacte de ces pollutions chimiques et, dans une moindre mesure, radioactives. Pour ce faire, des études de transfert dans l'environnement de ces polluants devraient être menées (synergies entre polluants) qui devraient déboucher sur des propositions de réhabilitation des zones les plus touchées.

## 5. RADIOACTIVITE EN MILIEU LIQUIDE

### 5.1.RADIOACTIVITE DES EAUX

#### 5.1.1. La Meuse

C'est un fleuve important qui reçoit les rejets radioactifs du site nucléaire français de Chooz, de celui de Tihange et de l'IRE via la Sambre. Ces deux rivières collectent également les rejets des hôpitaux et des laboratoires qui utilisent des radioéléments dans les grandes agglomérations telles que Namur, Huy, Liège ...

La Meuse fournit, après traitement, une source d'eau potable pour une partie importante des populations belge et hollandaise. A ce titre, on y recherche la radioactivité bêta et alpha totales, des spectrométries gamma sont également effectuées.

Ces contrôles seront d'autant plus d'actualité à l'avenir du fait de la mise en application de la nouvelle directive européenne 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dont les annexes techniques traitant de la radioactivité devraient être fixées courant 2000.

Afin d'évaluer le potentiel fixateur de la radioactivité des matières en suspension et des fines particules de sédiments, des analyses sont effectuées sur l'eau filtrée et non filtrée. Les sédiments (déposés dans le lit des rivières et près des berges) qui constituent un compartiment important pour la fixation des radioéléments sont mesurés séparément.

Les points de prélèvement et de contrôle de la radioactivité des eaux ont été choisis de manière à pouvoir vérifier l'impact des installations nucléaires le long du cours de la Meuse :

- le site de Hastière intègre les rejets de la centrale nucléaire française de Chooz,
- le site de Huy intègre l'apport de la Sambre et celui de l'Institut des Radioéléments de Fleurus (IRE) ainsi que les rejets des hôpitaux de l'agglomération de Namur,
- le site d'Ampsin, situé en aval de la centrale nucléaire de Tihange, permet par comparaison avec les données Huy de contrôler l'impact des rejets liquides de Tihange sur la Meuse,
- le site de Monsin, en aval de Liège, intègre quant à lui l'apport des hôpitaux liégeois,
- le site de Lanaye intègre l'ensemble des apports belges à la frontière allemande.

Les résultats montrent que l'on ne détecte pas d'activités significatives en émetteurs bêta totaux ( $< 0,15$  Bq/litre), pour l'iode 131 ( $< 0,25$  Bq/litre) et radiocésiums ( $< 0,2$  Bq/litre). Le potassium 40 est également sous les limites de détection ( $< 4$  Bq/litre).

Seul le tritium est détecté en routine et ce, principalement dans les stations situées en aval de l'IRE et de la centrale de Tihange (Huy, Ampsin et Monsin) : environ 4 à 8 Bq/litre à Hastière et à Huy, 20 à 30 Bq/litre à Ampsin et environ 15 Bq/litre à Monsin.

Les données obtenues pour le tritium semblent montrer des fluctuations saisonnières déjà visibles à Hastière et plus marquées à partir de Huy : augmentation des concentrations en

été et au début de l'automne, à mettre en relation avec des débits plus faibles du fleuve dans ces périodes.

A ce titre, en août 1996 (du 5 au 25) des teneurs moyennes hebdomadaires de 112 et 74 Bq/litre ont été mesurées à Ampsin, juste en aval de la centrale nucléaire de Tihange ainsi qu'en septembre 1997 (du 15 au 28) avec des teneurs moyennes de 106 Bq/litre à Ampsin et de 93 Bq/litre à Monsin.

Cette élévation relative du niveau de radioactivité en tritium des eaux mosanes est à mettre en relation avec d'une part, des rejets liquides un peu plus importants effectués par la centrale à cette période de l'année (les rejets atteignent alors 4 à 5 % de la limite maximale au lieu de 1 à 3 % habituellement) et d'autre part, avec un débit plus faible du fleuve durant cette période estivale d'où une concentration résultante plus élevée.

Néanmoins, les teneurs en tritium restent dans l'absolu très faibles et, bien que cela concerne des eaux brutes non potables, largement inférieures aux dernières recommandations de l'O.M.S. qui fixent les activités volumiques de différents radioéléments dans l'eau de boisson.

Les niveaux retenus induiraient une dose à la population de 0,1 mSv, soit 1/50<sup>ème</sup> de la dose d'exposition maximale en vigueur actuellement ou 1/10<sup>ème</sup> de la future dose à la population (qui sera bientôt ramenée à 1 mSv/an), et ce, pour une année d'ingestion journalière de 2 litres d'eau. Ces recommandations fixent les niveaux d'activité volumiques suivants :

7800 Bq/litre en <sup>3</sup>H, 5 Bq/litre en <sup>90</sup>Sr, 20 Bq/litre en <sup>60</sup>Co, 6 Bq/litre en <sup>131</sup>I, 10 Bq/litre en <sup>137</sup>Cs, 1 Bq/litre en <sup>226,228</sup>Ra, 0,1 Bq/litre en <sup>232</sup>Th, 4 Bq/litre en <sup>234,238</sup>U, 0,3 Bq/litre en <sup>239</sup>Pu, etc.

Au niveau européen, une directive relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine a été publiée en 1998 (Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998), elle aborde également l'aspect radiologique des eaux mais de manière plus conservatrice. Deux valeurs paramétriques sont mentionnées, l'une concerne le *tritium* avec une concentration plus restrictive que celle retenue par l'O.M.S. : *100 Bq/litre* ainsi qu'une valeur de dose - *dose totale indicative* fixée à *0,1 mSv/an*.

A l'heure où ce rapport a été rédigé, les annexes techniques fixant les modalités de calcul de cette seconde valeur paramétrique (*dose totale indicative*), le choix des radioéléments et les teneurs maximales acceptables sont encore en cours de finalisation.

On semble s'orienter vers des valeurs de "screening" de 0,1 Bq/litre en alpha total et de 1 Bq/litre en bêta total. Ces valeurs permettront d'effectuer un "tri" rapide des eaux via un contrôle de la radioactivité alpha et bêta totale. En cas de dépassement de ces teneurs, il faudra alors vérifier si la radioactivité naturelle n'est pas responsable des niveaux mesurés et dans le cas contraire il conviendra alors d'analyser un maximum de radioéléments et de calculer la dose totale indicative pour la comparer à la valeur paramétrique de 0,1 mSv/an.

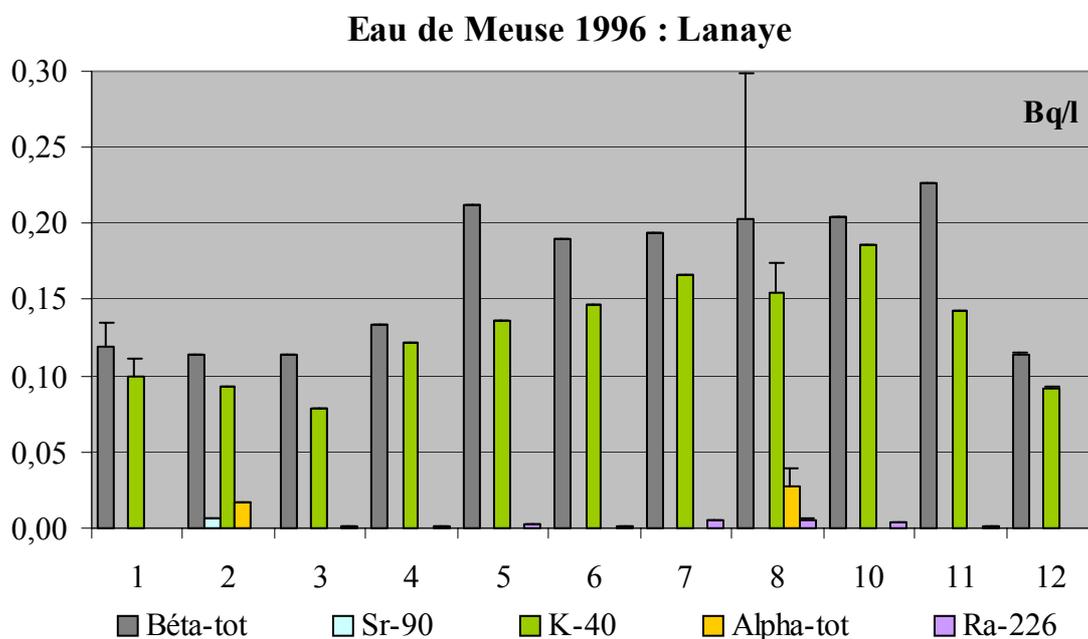
Néanmoins, il apparaît directement que les eaux brutes mosanes, non utilisables comme telles en consommation humaine, respectent largement cette valeur paramétrique de 100 Bq/litre en tritium.

L'influence de Chooz à **Hastière** est à peine "visible" en ce qui concerne le tritium et son impact est négligeable d'un point de vue radioprotection de la population. Les données obtenues pour le site de **Huy** confirment l'analyse faite pour le site de Hastière : les niveaux de tritium augmentent très légèrement, l'impact de l'IRE restant négligeable.

Par comparaison avec les mesures précédentes, la contribution du site nucléaire de Tihange à **Ampsin** (apport de tritium) est détectable juste en aval de la centrale à Ampsin. A remarquer que l'augmentation des teneurs en tritium est très peu marquée ce qui indique un impact faible de la centrale.

Les mêmes commentaires peuvent être faits pour **Monsin** : l'impact de l'agglomération liégeoise se surajoute à celui de Tihange. Le tritium est toujours détectable et plus ou moins du même ordre de grandeur. Pas de problèmes radiologiques à signaler.

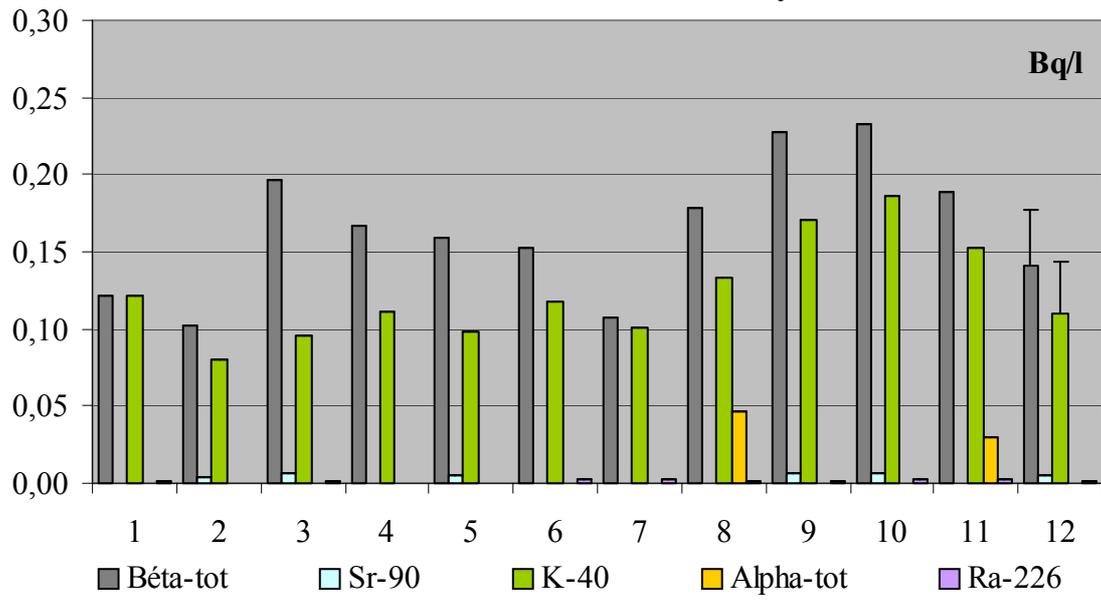
En ce qui concerne Lanaye, les graphiques suivants illustrent la situation des deux années étudiées :



Comme le montrent les deux graphiques 96 et 97, la majeure partie de la radioactivité en bêta totaux est expliquée par la présence de K-40. Cette radioactivité bêta est donc principalement d'origine naturelle. Les traces de Sr-90 et d'émetteurs alpha totaux (et de Ra-226) ne sont pas expliquées par les rejets en provenance de la centrale de Tihange (remises en solution à partir des sédiments ?).

Si ces eaux devaient être directement destinées à la consommation humaine, elles satisferaient déjà, même sans traitement, aux critères de la nouvelle directive européenne en ce qui concerne la radioactivité. De plus, la dose totale indicative (dont la valeur maximale est fixée à 0,1 mSv) ne tient pas compte du K-40, du radon et de ses produits de filiation qui bien sur participent à la teneur en bêta totaux mesurée.

### Eau de Meuse 1997 : Lanaye



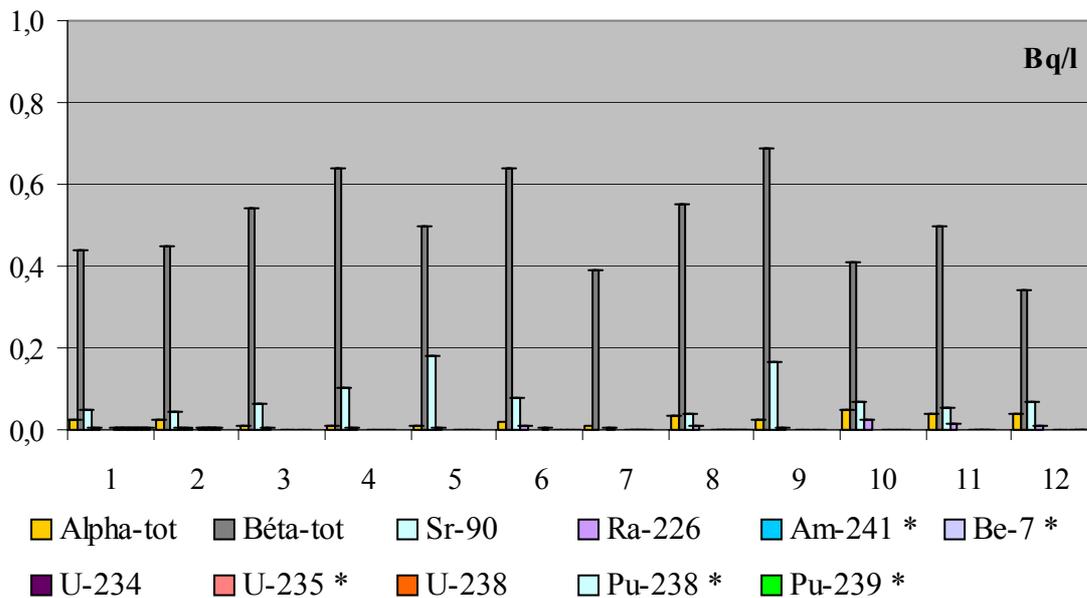
### 5.1.2 L'ESCAUT

Il reçoit non seulement les rejets radioactifs de la centrale nucléaire de Doel et ceux du CEN de Mol (via la Molse Nete, affluent de la Grote Nete), mais aussi le  $^{226}\text{Ra}$  associé aux rejets industriels du bassin de la Nete (Usines de Kwaad-Mechelen et Tessenderlo sur le Grote Laak).

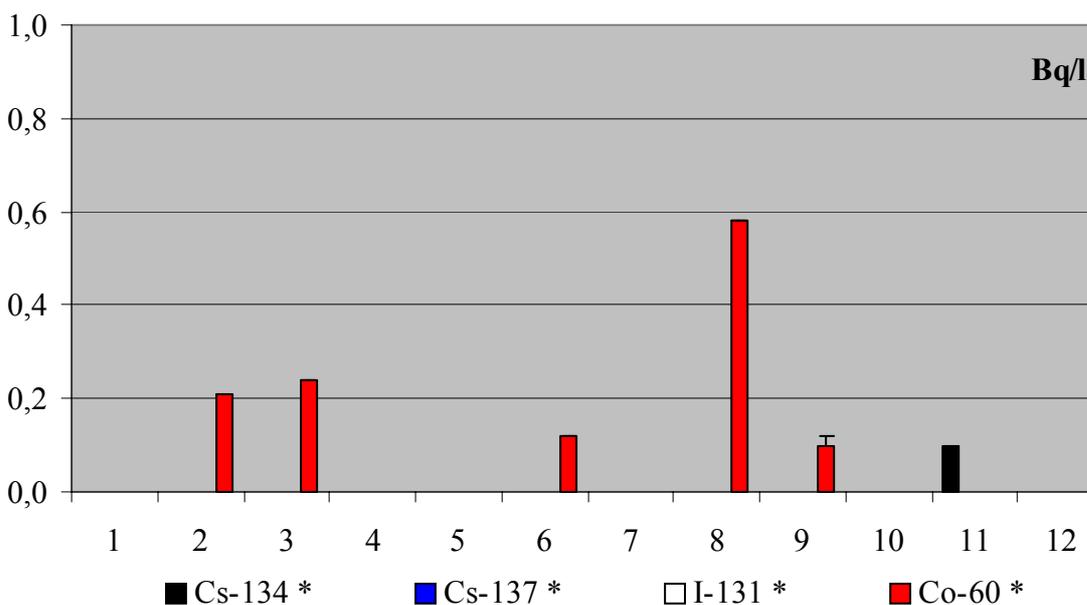
Dans la **Molse Nete**, qui intègre les rejets liquides du site de Mol, une série de radioéléments est mise en évidence, graphiques suivants.

En 1996 :

**Eau de la Molse Nete 1996 : Geel**



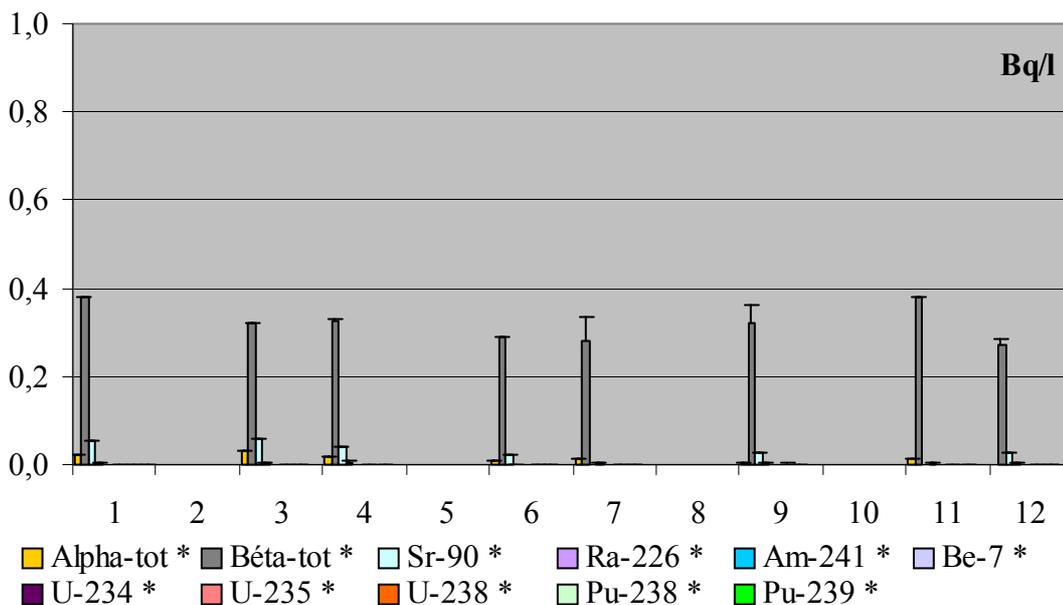
**Eau de la Molse Nete 1996 : Geel**



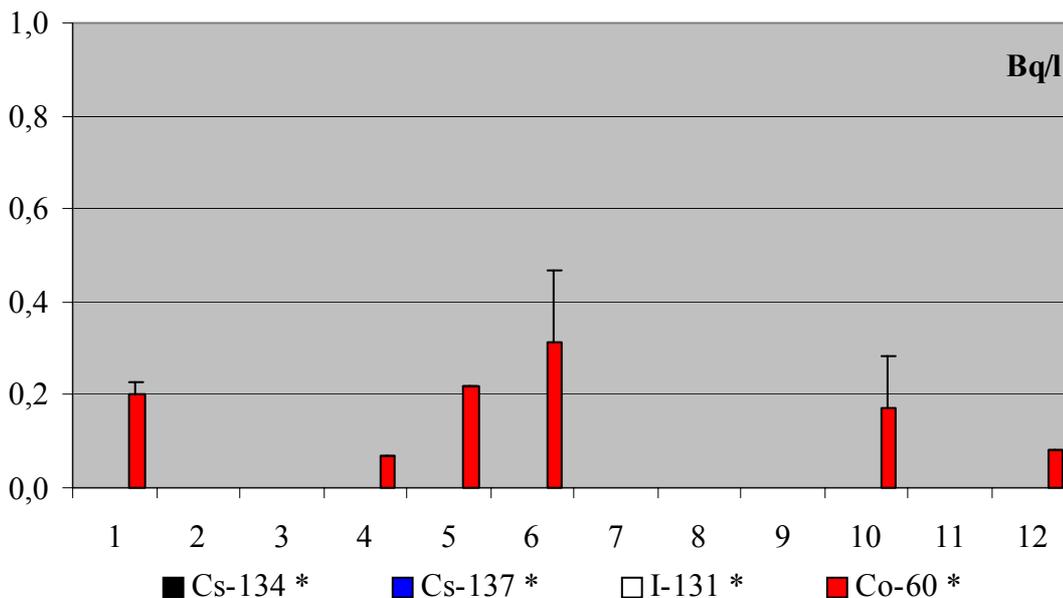
Des émetteurs bêta – hors tritium - (dont le  $^{90}\text{Sr}$ ) et du  $^{60}\text{Co}$  sont détectés : respectivement moins de 0,8 Bq/litre et de 0,6 Bq/litre. Des traces d'émetteurs alpha sont encore mesurables : certains sont d'origine naturelle comme les Ra-226, U-234/235 et U-238, d'autres sont d'origine artificielle : il s'agit d'éléments plus lourds que l'uranium comme les Pu-238/239/240 et l'Am-241. Leur origine dans l'environnement provient d'activités liées à la production de combustible (naturels), à celles de centres de recherche nucléaire et de l'activité de réacteurs nucléaires (artificiels).

En 1997 :

**Eau de la Molve Nete 1997 : Geel**



**Eau de la Molve Nete 1997 : Geel**



Les niveaux d'activités en alpha et bêta semblent diminuer sensiblement.

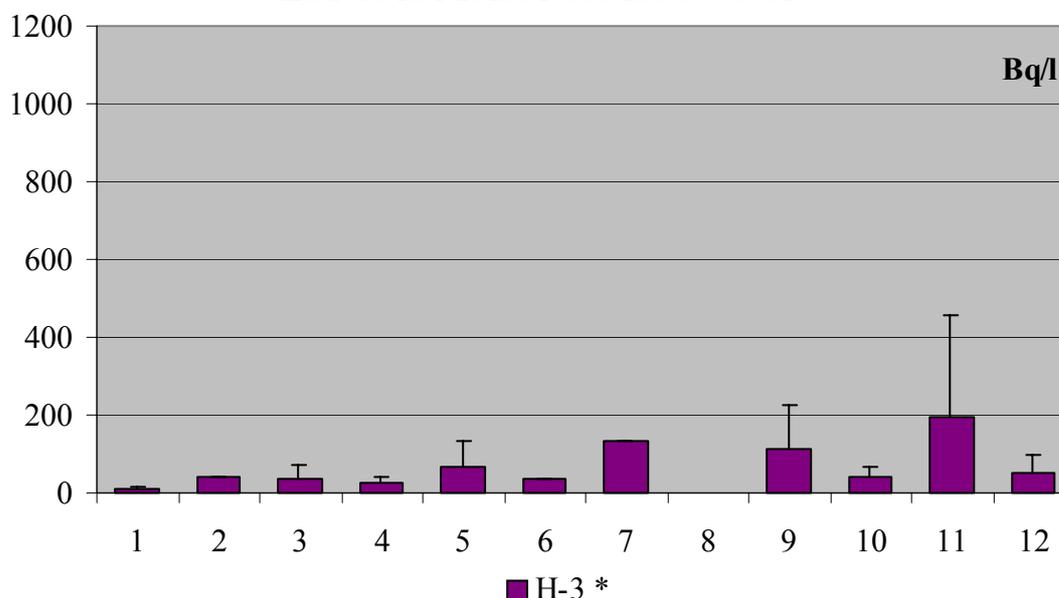
D'une manière générale, il faut noter que les niveaux d'activité des radioéléments émetteurs alpha sont inférieurs à 0,003 Bq/litre (seul le Ra-226 tend parfois vers le seuil des 0,01 Bq/l), les alpha totaux restant inférieurs à 0,03 Bq/litre.

Ces apports sont dus aux rejets de l'installation Belgoprocess 2 (ancienne installation de traitement des rejets liquides du CEN/SCK). En effet, ce complexe qui reçoit tous les déchets liquides des autres installations nucléaires du site peut rejeter des effluents dans la Molse Nete à raison de 166 GBq/mois de radioactivité alpha, bêta et gamma selon la formule suivante :

$[\beta \text{ total}] + 5[\alpha \text{ total}] + 3[^{131}\text{I}] + 7.5[^{90}\text{Sr}] + 300[^{226}\text{Ra}] + 10^{-3}[^3\text{H}] \leq 166 \text{ GBq/mois}$  dans la rivière Molse Nete.

Pour ce qui est des rejets de tritium, les teneurs sont plus importantes : elles sont de l'ordre de grandeur de la valeur paramétrique de 100 Bq/l fixée dans la directive européenne pour les eaux de boisson.

### Eau de la Molse Nete 1996 : Geel

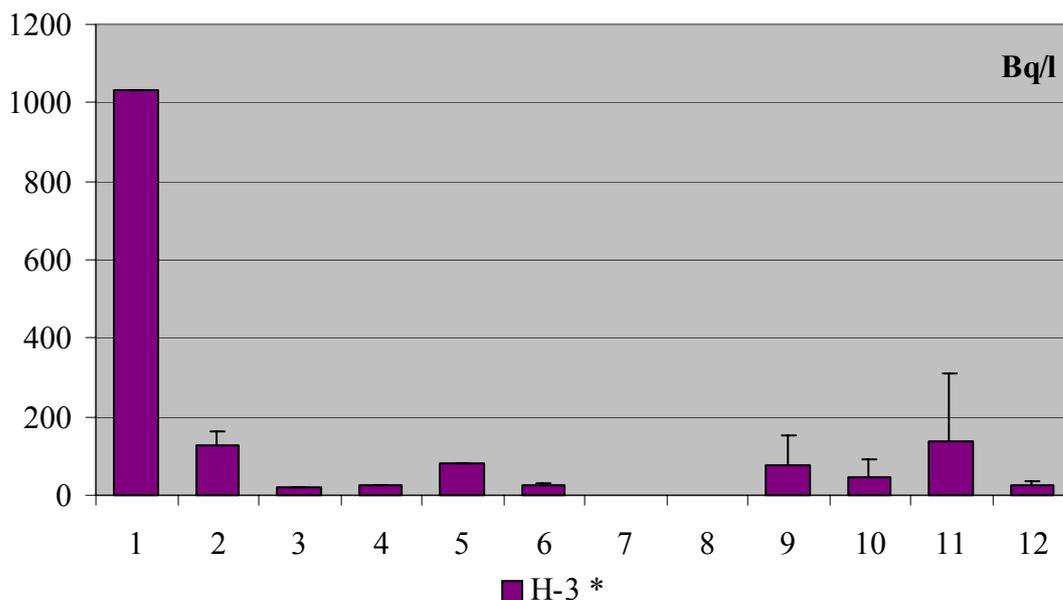


En janvier 1997, on note un pic important en tritium, les teneurs retombent ensuite à leur niveau "plancher" de l'ordre de la centaine de Bq/litre.

Il ressort de cette observation que les rejets en tritium dans ce cours d'eau sont non négligeables et doivent dès lors être contrôlés de manière assidue. La situation écologique de cette rivière est problématique du point de vue contamination chimique en général. Du point de vue radiologique, ces eaux renferment des taux de radioéléments anormalement élevés : résultat de l'activité industrielle nucléaire du site qui respecte néanmoins les limites de rejet qui lui ont été fixées.

Il faut pondérer ce constat en remarquant que ces eaux ne peuvent être destinées comme telles à la consommation humaine. Par contre, elles baignent des zones agricoles qui peuvent être ainsi contaminées localement (berges, zones de dépôt de boues de dragage etc.). Il conviendrait de diminuer à l'avenir l'apport de contaminants chimiques et radioactifs.

### Eau de la Molse Nete 1997 : Geel

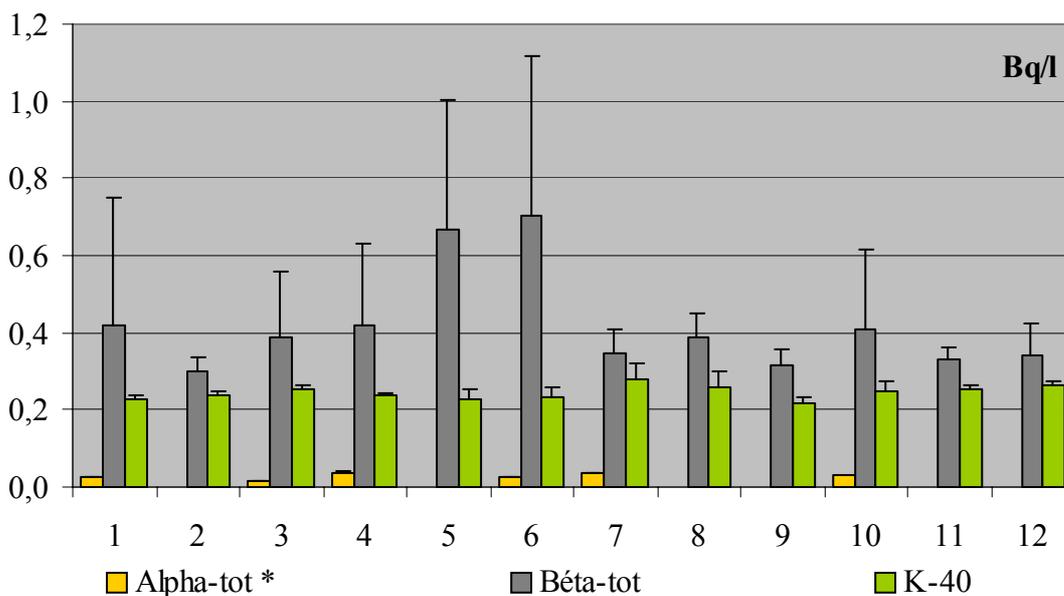


Les auteurs de ce rapport préconisent que des études d'impact chimique et radiologique soient menées dans cette région afin de déterminer les zones contaminées et de définir une stratégie à appliquer afin de restaurer une situation (radio)écologique plus acceptable.

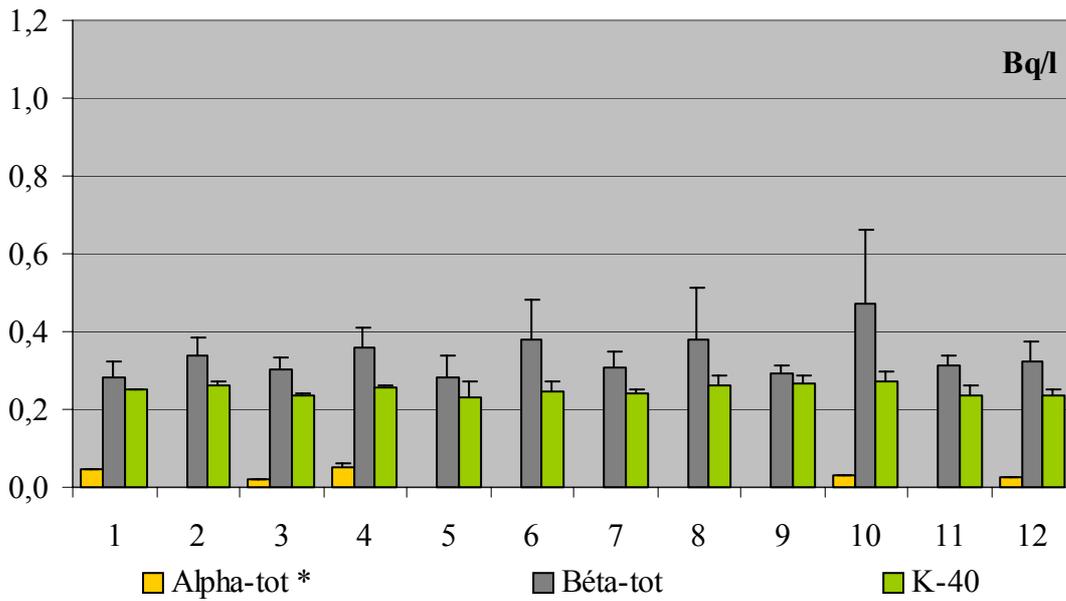
Plus en aval sur la **Grote Nete**, près d'Oosterlo, on détecte toujours la présence d'émetteurs bêta : les niveaux d'activité en bêta totaux sont en général inférieurs à 0,5 Bq/litre en 1996 et à 0,4 Bq/litre en 1997. Ces teneurs sont du même ordre de grandeur de celles du potassium 40 (naturel).

Des traces d'émetteurs alpha totaux sont encore détectées.

### Eau du Grote Nete 1996 : Oosterlo



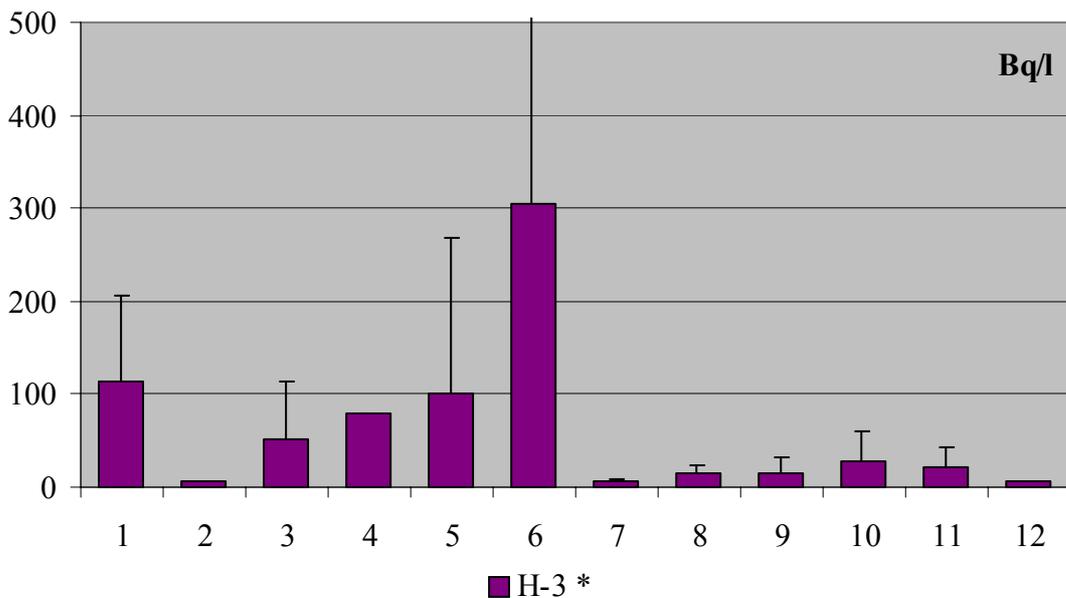
### Eau du Grote Nete 1997 : Oosterlo



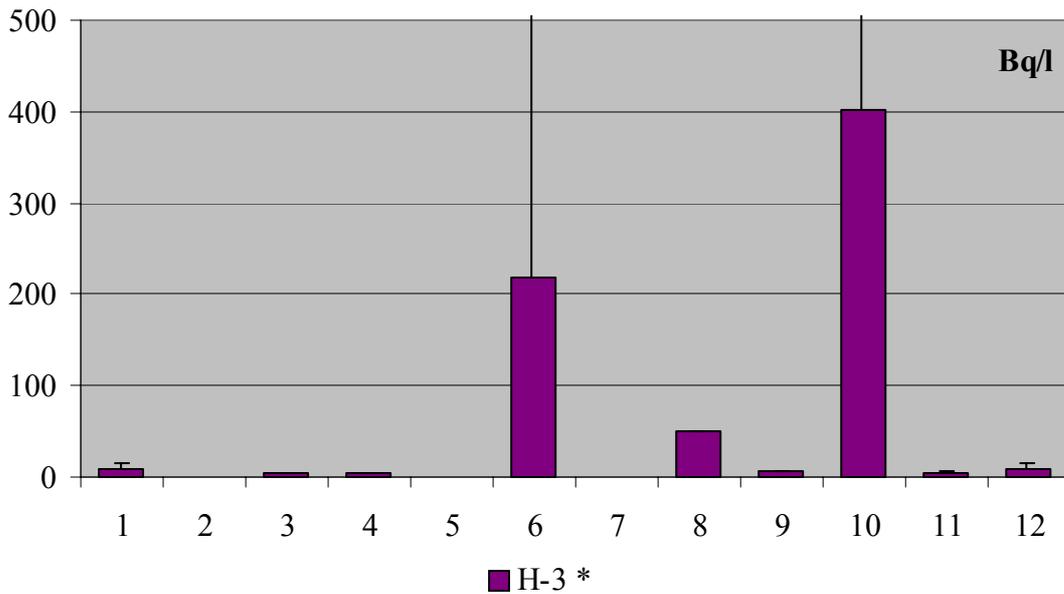
Le tritium est toujours présent à des niveaux plus élevés comme pour la Molse Nete.

On observe en 1996 une réduction des teneurs à partir du deuxième semestre (effet de dilution ?) qui paraît se maintenir en 1997 mis à part quelques pics de concentration en juin et en octobre. Il est impossible de corréler ces variations aux teneurs enregistrées dans la Molse Nete aux mêmes périodes. Ces cours d'eau reçoivent énormément d'effluents d'origine industrielle qui influent sensiblement sur le régime hydrique de ces rivières ce qui joue sur les phénomènes de dilution et donc sur les mesures rapportées par unité de volume (Bq/litre).

### Eau du Grote Nete 1996 : H-3



### Eau du Grote Nete 1997 : H-3

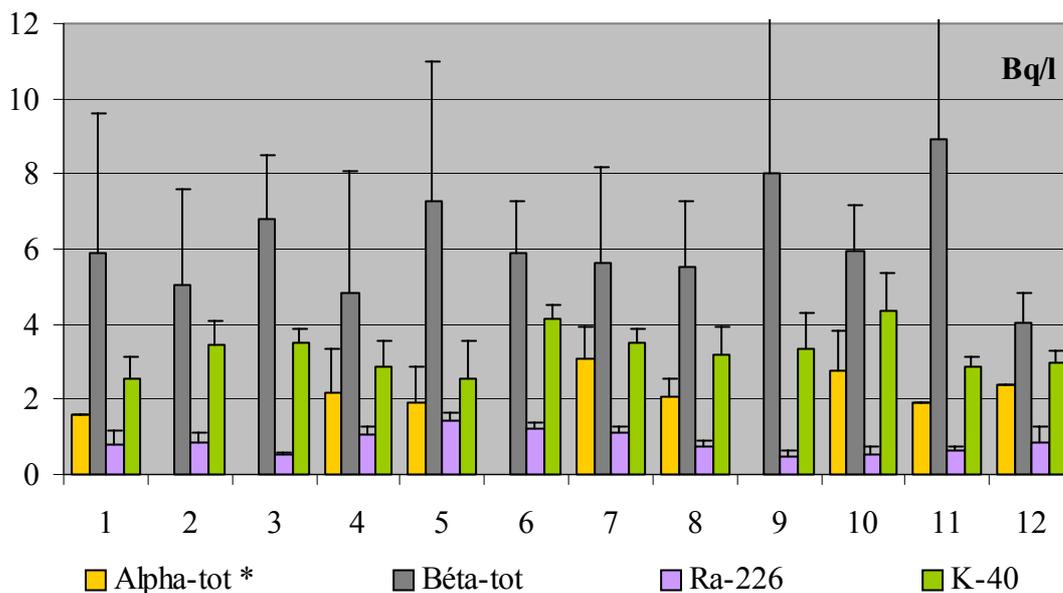


En ce qui concerne la **Grote Laak**, qui reçoit les effluents du site industriel de Tessenderlo, on détecte principalement des émetteurs alpha et bêta.

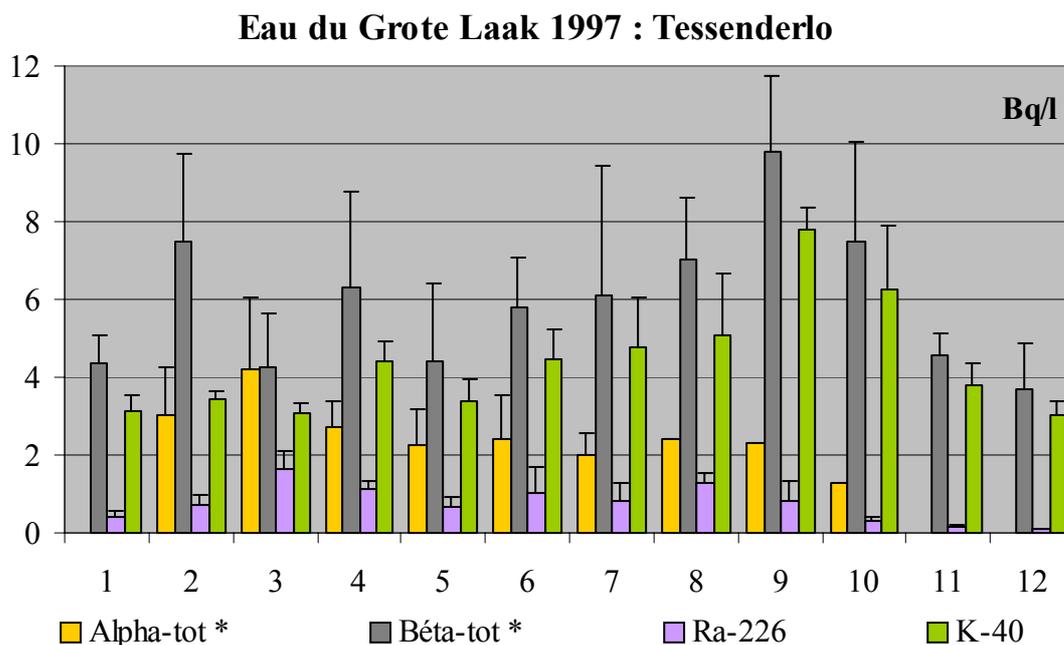
A partir de 1994, on avait noté une tendance à la diminution des teneurs en émetteurs alpha, dont le radium 226. Pour les années 96 et 97, les niveaux atteints confirment la tendance enregistrée à l'époque. Pour rappel, cette diminution est due à une modification des procédés de traitement des déchets des installations de production de produits phosphatés installées à Tessenderlo. Les teneurs en potassium 40 (naturel) expliquent en grande partie l'activité enregistrée en bêta totaux dans ces eaux.

En 1996 :

### Eau du Grote Laak 1996 : Tessenderlo



En 1997 :



Si la situation radiologique de ces eaux n'est pas dangereuse, il est nécessaire de poursuivre le contrôle de l'impact de ces rejets d'effluents sur ce cours d'eau. Il faudrait également préciser l'origine exacte des sources de pollution en radium afin d'envisager des contre-mesures applicables en vue de diminuer cette pollution en radium.

En effet, le radium 226, radioélément naturel - période physique 1620 ans, est classé dans la catégorie des radionucléides de radiotoxicité très élevée (a comme descendants le radon 222 gazeux, le plomb 210 - 22 ans de période).

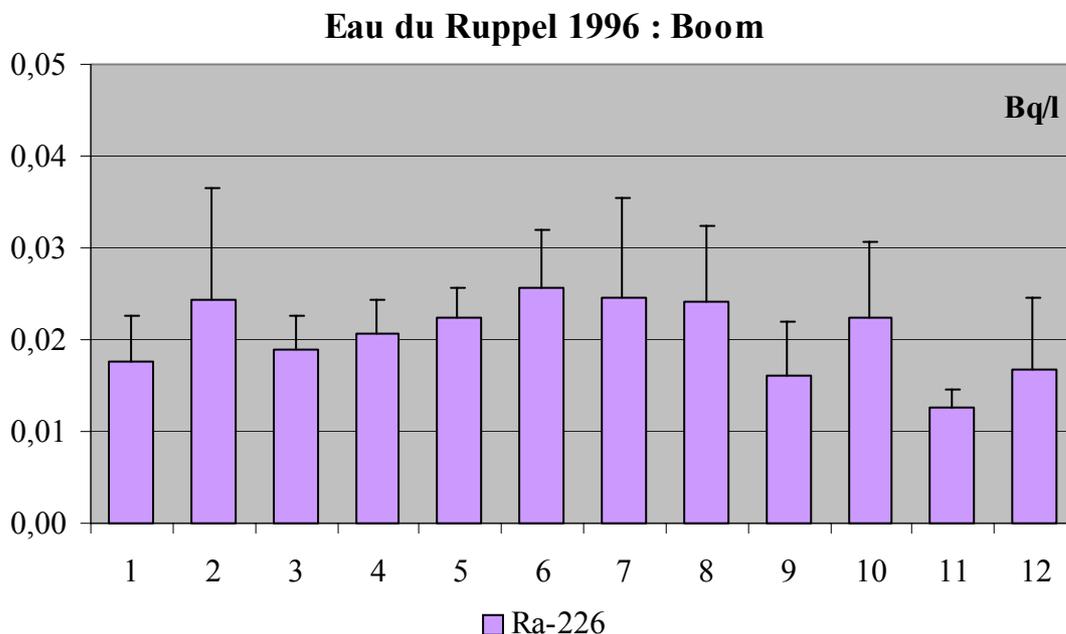
A ce niveau de 1 à 2 Bq/litre en  $^{226}\text{Ra}$ , à mettre en rapport avec la directive européenne concernant les eaux de boisson où une valeur "screening" pour les  $\alpha$  totaux est fixée à 0,1 Bq/litre, et bien qu'il s'agisse d'eaux brutes fortement polluées en métaux lourds non consommables, on ne peut exclure totalement que dans certaines circonstances des effets biologiques néfastes ne se manifestent. En effet, ce cours d'eau, dont le débit est fixé en quasi-totalité par les rejets d'effluents chimiques du complexe de Tessenderlo, baigne également des zones habitées et agricoles. Des contaminations sensibles des berges ont d'ores et déjà été constatées. On peut donc craindre un transfert dans la chaîne alimentaire dans certaines zones.

Les auteurs de ce rapport préconisent de nouveau que des études d'impact chimique (métaux lourds) et radiologique (radium) soient menées dans cette région afin de délimiter les zones contaminées et de définir une stratégie à appliquer afin de restaurer une situation (radio)écologique plus acceptable.

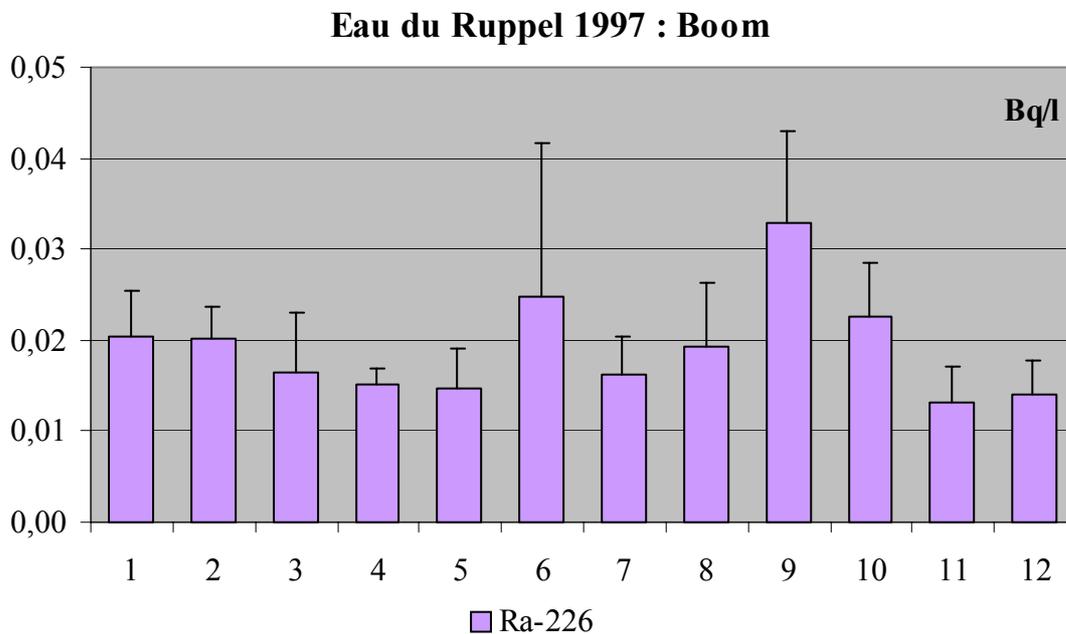
A Boom, sur le **Ruppel**, seul le  $^{226}\text{Ra}$  a été mesuré. Il s'agit de vérifier l'effet de dilution à l'exutoire du bassin fluvial de la Nete. Les teneurs ont diminué et sont de l'ordre de grandeur de celles mesurées depuis 1994 : aux environs de 0,02 Bq/litre. A remarquer que cette valeur reste encore trop élevée si on la compare à la valeur "screening" de la directive européenne "eaux potables" fixée à 0,1 Bq/litre en alpha totaux. Il est évident que ces eaux ne

peuvent être destinées comme telles à la consommation humaine mais cette comparaison met en exergue un problème chronique de charge polluante encore sensible en radium.

En 1996 :

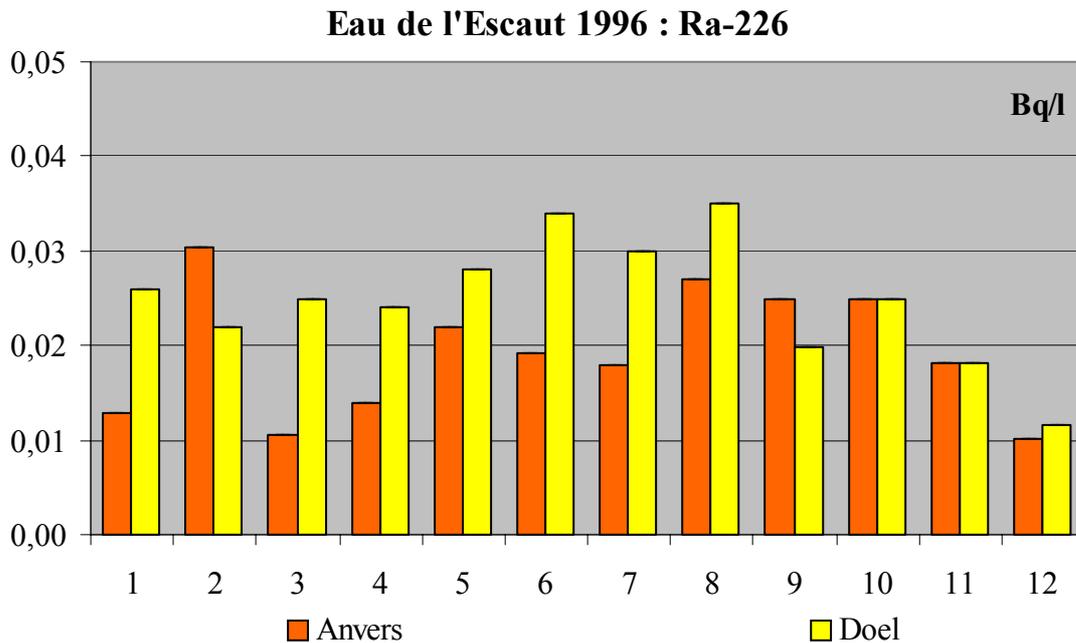


En 1997 :

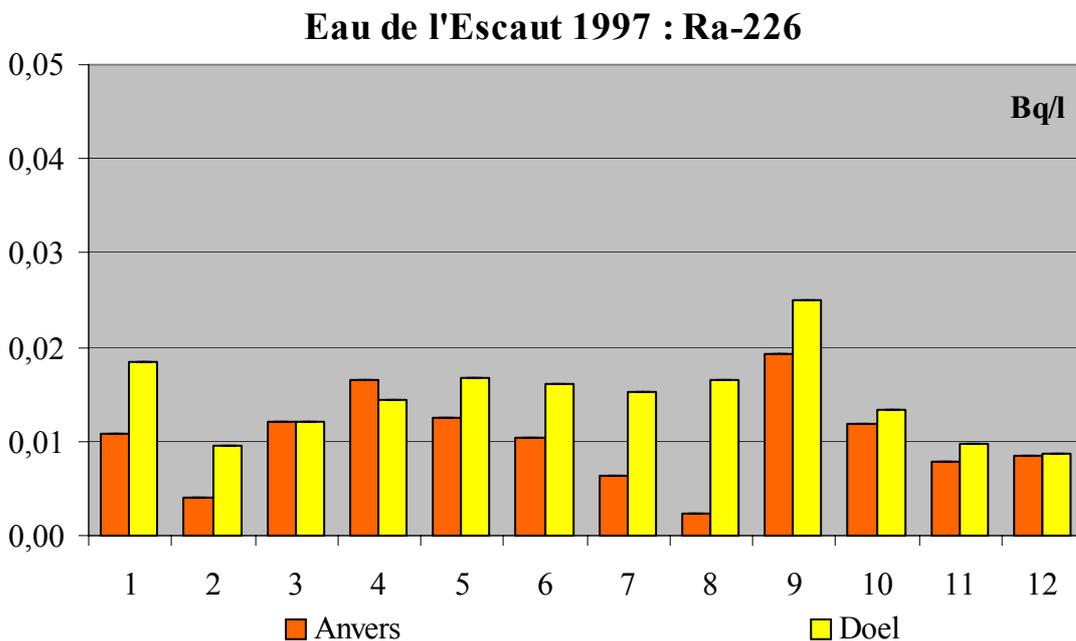


Près d'**Anvers** et à **Doel**, les teneurs mesurées en radium sont négligeables (quelques dizaines de mBq/litre). Les analyses portant sur les alpha et les bêta totaux ont été supprimées à partir de 1992, seuls les dosages de radium 226 ont été maintenus.

En 1996 :



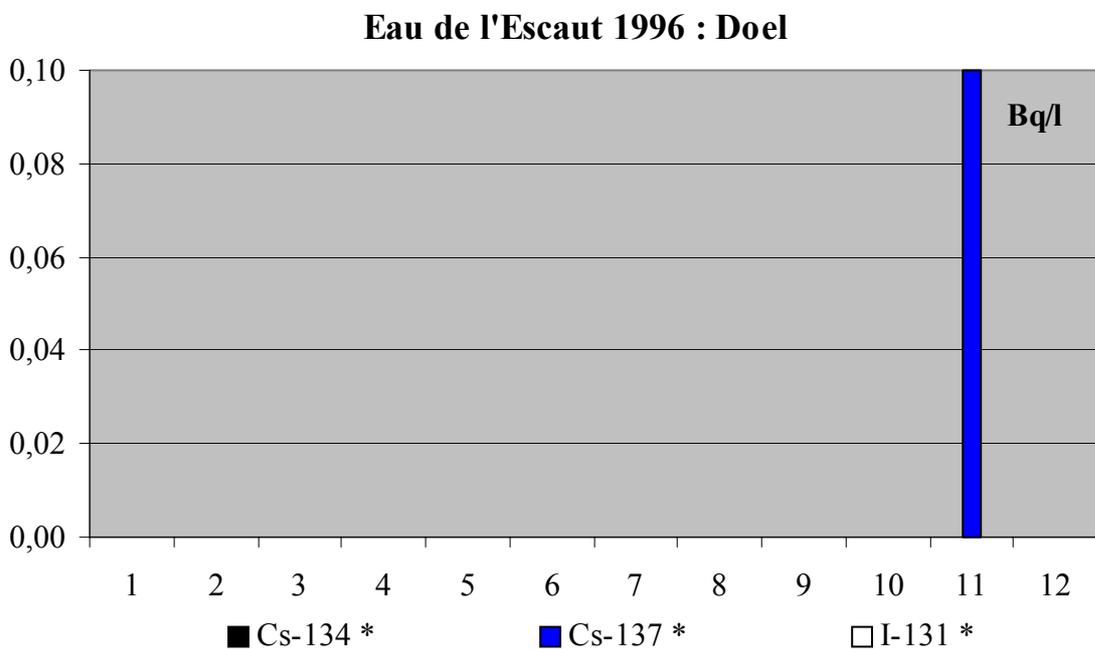
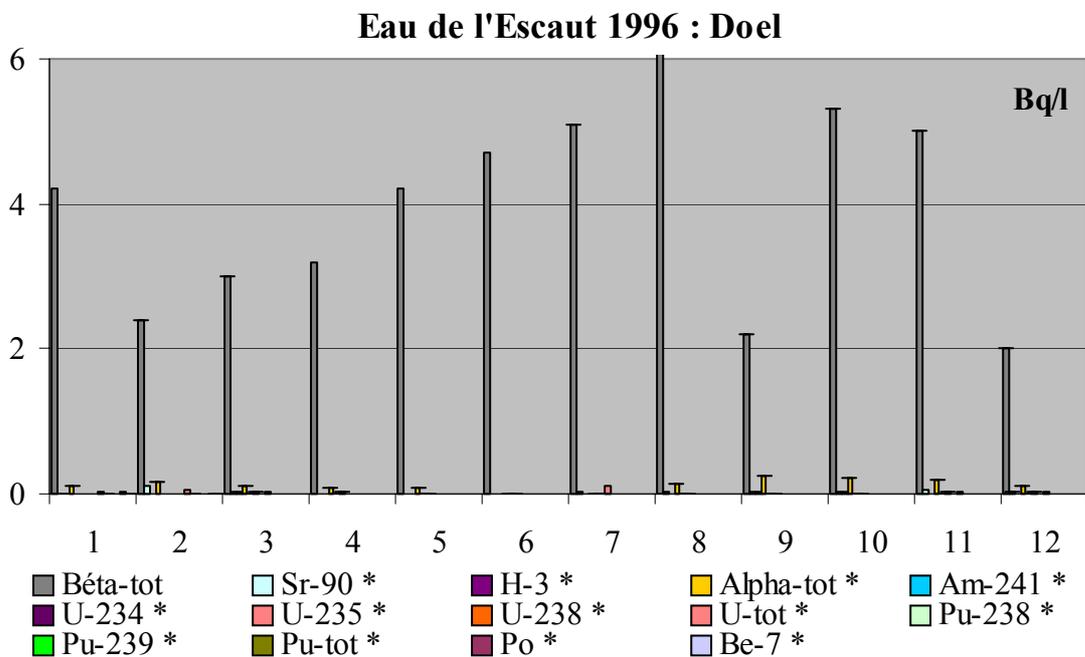
En 1997 :



On peut raisonnablement penser que les niveaux d'activité en bêta totaux doivent rester depuis 1992 plus ou moins constants et voisins de ceux enregistrés en 1991 : inférieurs à 1 Bq/litre. En effet, plus en amont à Tessenderlo, les teneurs moyennes fluctuent autour de 4 à 8 Bq/litre, de l'ordre de celles enregistrées depuis 1994 où l'on avait noté une diminution due à une modification des procédés de traitement des déchets des installations de production de produits phosphatés. D'une année sur l'autre la dilution devrait opérer dans le même sens.

Aux alentours de **Doel** (centrale nucléaire), les éléments lourds restent sous forme de traces et les émetteurs bêta sont un peu mieux détectés tout en restant présent à de faibles niveaux d'activité : 2 à 6 Bq/litre.

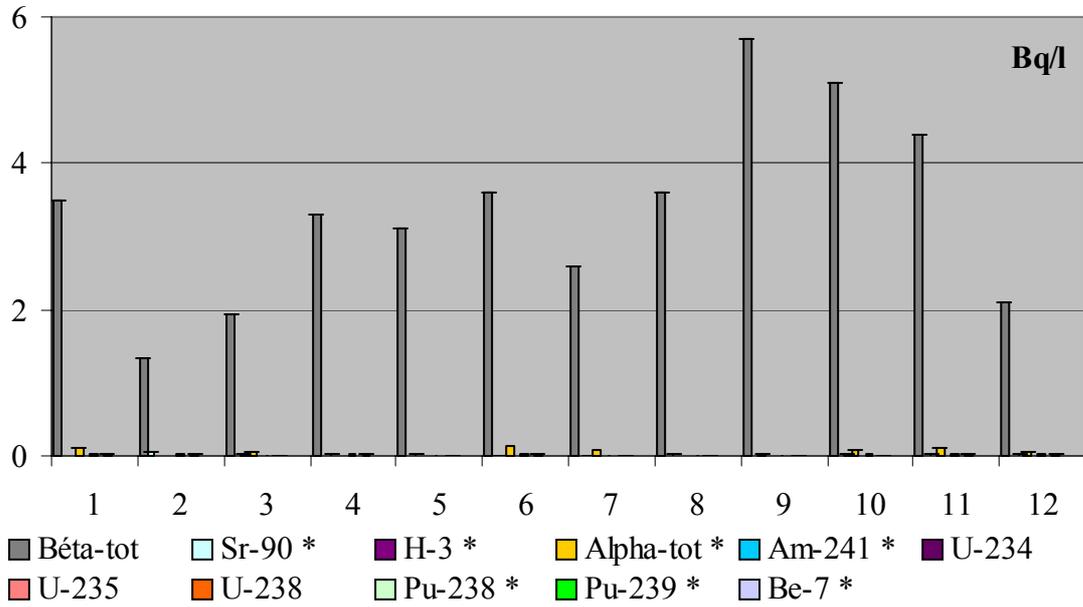
En 1996 :



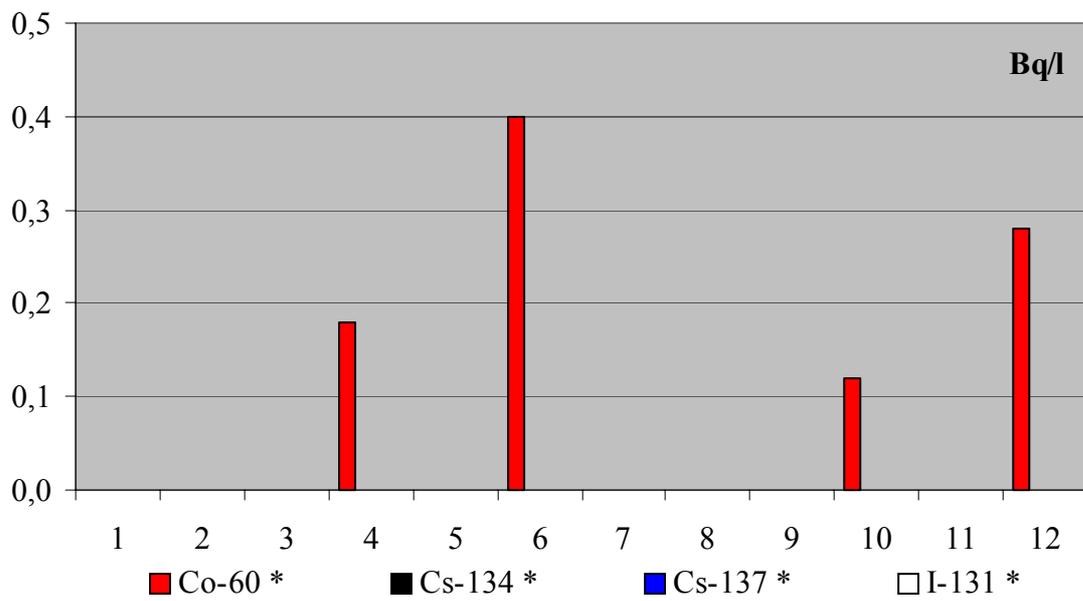
Des traces d'émetteurs gamma sont détectées ponctuellement : Cs 137 et Co 60.

En 1997 :

**Eau de l'Escaut 1997 : Doel**



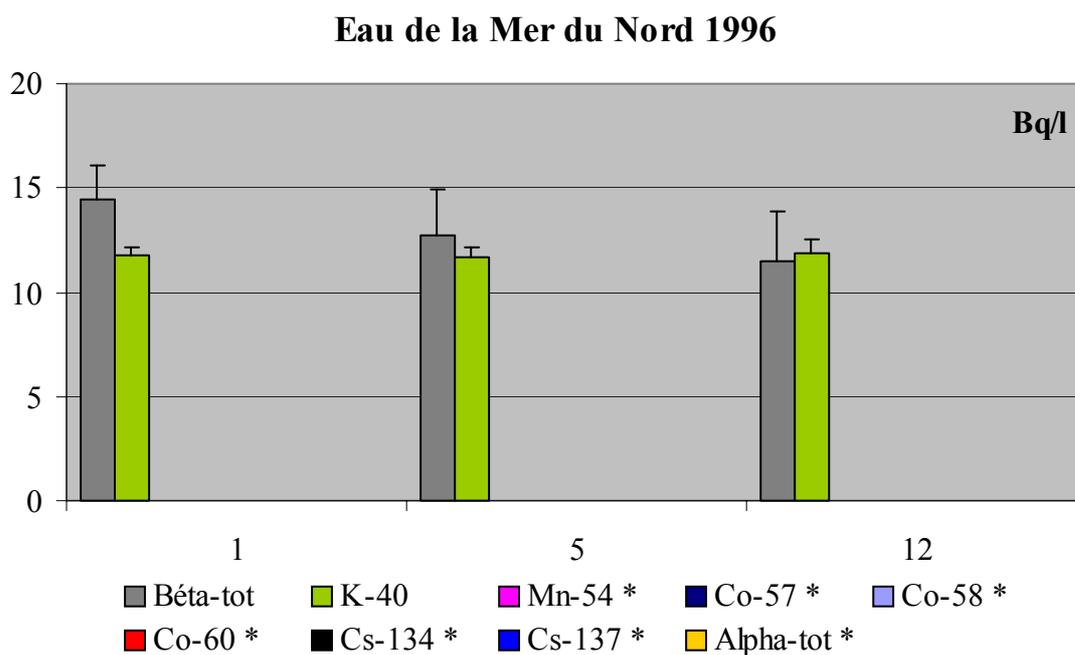
**Eau de l'Escaut 1997 : Doel**



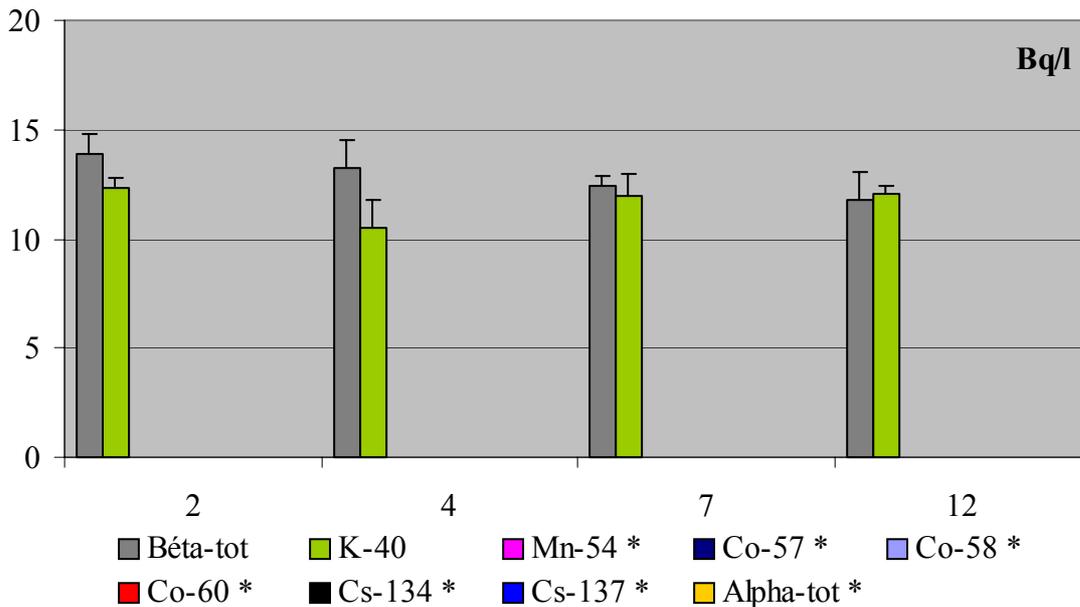
### 5.1.3. Les EAUX de la MER du NORD

Plusieurs points de prélèvements ont été choisis le long de la côte belge. Les mesures réalisées portent sur un suivi des teneurs en radioéléments émetteurs bêta, alpha, gamma et en K-40 en ce qui concerne la radioactivité naturelle.

Les résultats obtenus montrent que les niveaux d'activité de l'eau de mer (des principalement à des traces d'émetteurs bêta) sont très faibles et restent du même ordre de grandeur que le bruit de fond naturel ( $^{40}\text{K}$ ).



## Eau de la Mer du Nord 1997



### 5.1.4. Conclusions :

Il ressort des résultats précédents que l'impact des installations nucléaires sur les eaux de rivières ou de mer est négligeable et sans conséquences sanitaires pour la santé humaine.

En effet, seul le tritium est régulièrement détecté dans les eaux de la Meuse (quelques dizaines de Bq) et dans celles des rivières du bassin de la Nete. En ce qui concerne les autres radioéléments, le plus souvent, les teneurs rapportées sont à peine supérieures aux seuils de détection des appareils de mesure.

Le <sup>226</sup>Ra est régulièrement détecté dans les eaux fluviales du bassin de la Nete mais il reste, près de Tessenderlo (Grote Laak), à ses niveaux les plus "élevés" de l'ordre de grandeur des teneurs en potassium 40. En effet, le Grote Laak, dont le débit est fixé en quasi-totalité par les rejets d'effluents du complexe chimique de Tessenderlo, baigne également des zones habitées et agricoles où l'on peut craindre un transfert dans la chaîne alimentaire dans certaines zones.

Il est souhaitable que des études d'impact chimique (métaux lourds) et radiologique (radium) soient menées dans cette région afin de délimiter les zones contaminées et de définir une stratégie à appliquer afin de restaurer une situation (radio)écologique plus acceptable.

Le radioélément qui est ensuite le plus souvent mis en évidence est le potassium 40, radioélément naturel.

Quand des émetteurs bêta ou gamma sont mesurés, leur niveau de radioactivité est inférieur ou, au plus, du même ordre de grandeur que celui du potassium 40.

En ce qui concerne les eaux de boisson, la mise en application de la nouvelle directive européenne va contraindre les états membres et la Belgique dans le cas présent à amplifier à l'avenir le contrôle des points de captages ou de distribution d'eaux.

D'ores et déjà, l'analyse des résultats du programme actuel de surveillance radiologique montre que les eaux destinées à la consommation humaine sont globalement conformes aux normes mais que ponctuellement une attention particulière doit être réservée aux teneurs en émetteurs alpha totaux dont la plus grande contribution provient du Ra-226 (naturel).

Ce dernier est parfois présent à des concentrations supérieures à 0,1 Bq/litre, valeur qui correspond à 20% de la future concentration de référence (définie dans les annexes techniques "radioactivité" encore en cours de finalisation) au delà de laquelle des analyses plus poussées devront être menées pour conduire au calcul de la dose indicative totale. Cette dose devra être inférieure à 0,1 mSv/an (valeur paramétrique définie dans la directive) pour que l'eau soit considérée comme potable d'un point de vue radiologique.

## 5.2.RADIOACTIVITE DES SEDIMENTS

Les sédiments de rivières concentrent d'une manière très importante les radioisotopes présents dans l'eau. Ils s'accumulent au cours du temps et peuvent constituer de la sorte une "photographie" très intéressante de l'évolution de la contamination de la rivière.

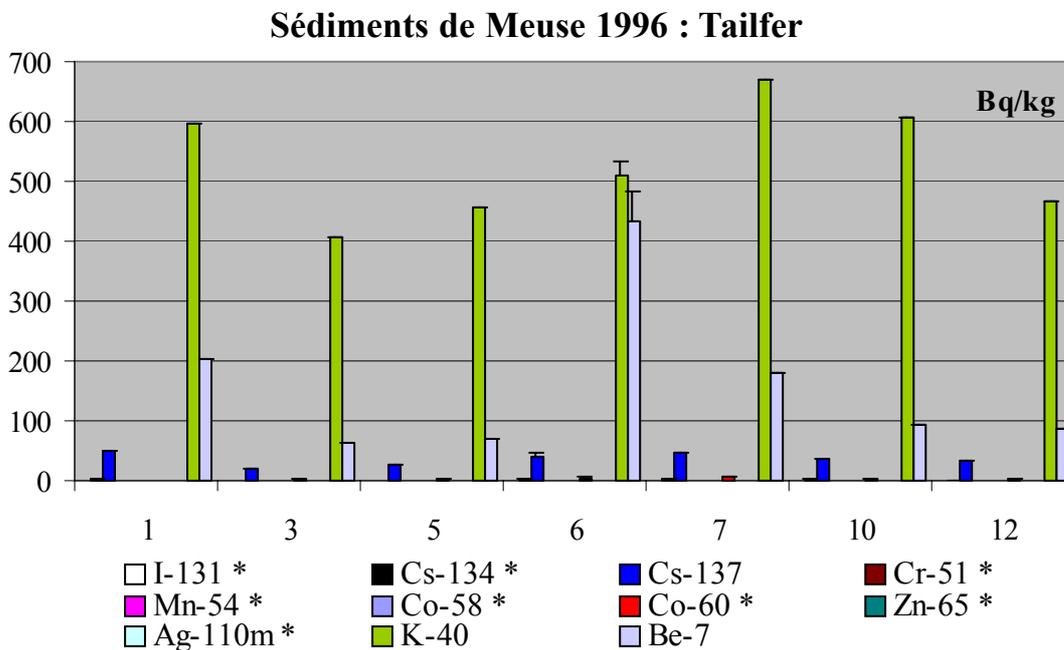
Les éléments radioactifs qui y sont fixés, le restent en général en absence de toute influence extérieure : remise en suspension, mélange dû à l'activité de la faune et de la microfaune - "bioturbation", modification du potentiel redox, etc. Toutefois, les facteurs température, pH, activité des micro-organismes, peuvent influencer la remise en disponibilité des radioéléments fixés.

De plus, les boues de dragage sont parfois utilisées comme agent fertilisant; dans certaines conditions elles pourraient donc constituer un problème sanitaire pour des groupes critiques de la population en ouvrant des voies de transfert de la radioactivité vers l'homme via la chaîne alimentaire.

### 5.2.1. Sédiments de la Meuse et de la Sambre

Des sédiments sont prélevés mensuellement à Tailfer, Andenne, Amay, Lixhe et Lanaye sur la Meuse. Pour la Sambre, un point de prélèvement en aval du site de l'IRE a été retenu : Floriffoux. Une spectrométrie gamma est réalisée sur les échantillons.

Le site de **Tailfer** intègre les rejets de la centrale nucléaire de Chooz située en France.

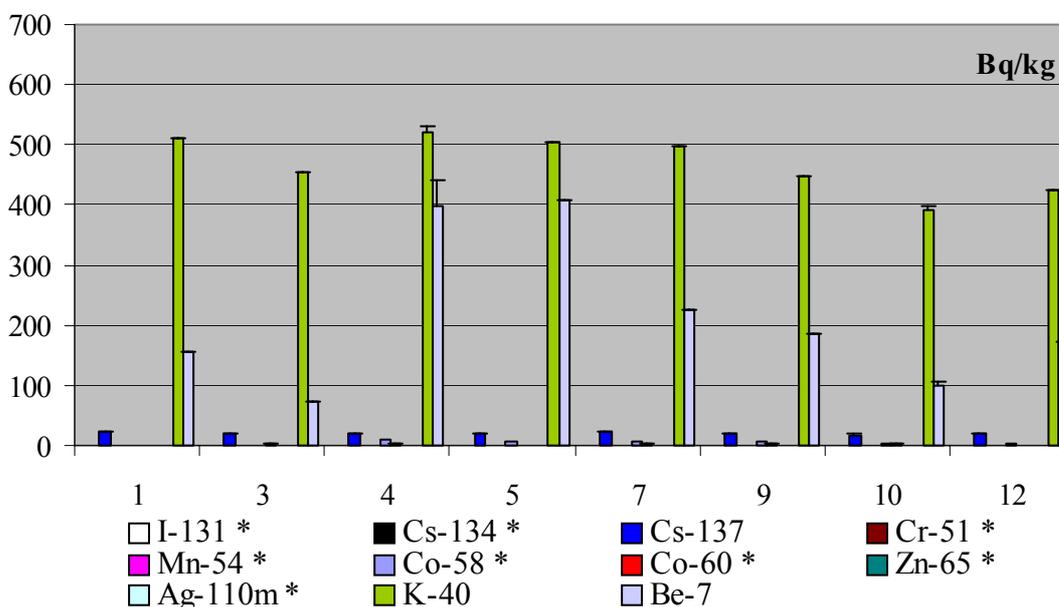


On remarque tout d'abord la présence de potassium 40 et de béryllium 7 (radioéléments naturels) à des teneurs de loin plus élevées que celles des autres radioéléments artificiels (400 à 600 Bq/Kg).

On détecte aussi du radiocésium ( $^{137}\text{Cs}$ ) et des traces de cobalt (Co-60) : les sédiments se comportent comme un piège à césium dans la mesure où, de par leur nature minérale, ils

offrent une grande quantité de sites spécifiques de fixation à cet élément. A ce titre, ils sont donc de très bons indicateurs (intégrateurs) d'un apport de radioactivité liée à ce radioisotope.

### Sédiments de Meuse 1997 : Tailfer



Depuis 1986, date de l'accident de Tchernobyl, les teneurs ont décliné doucement. Cette diminution est due à un enfouissement des couches contaminées sous de nouvelles couches de sédiments "propres".

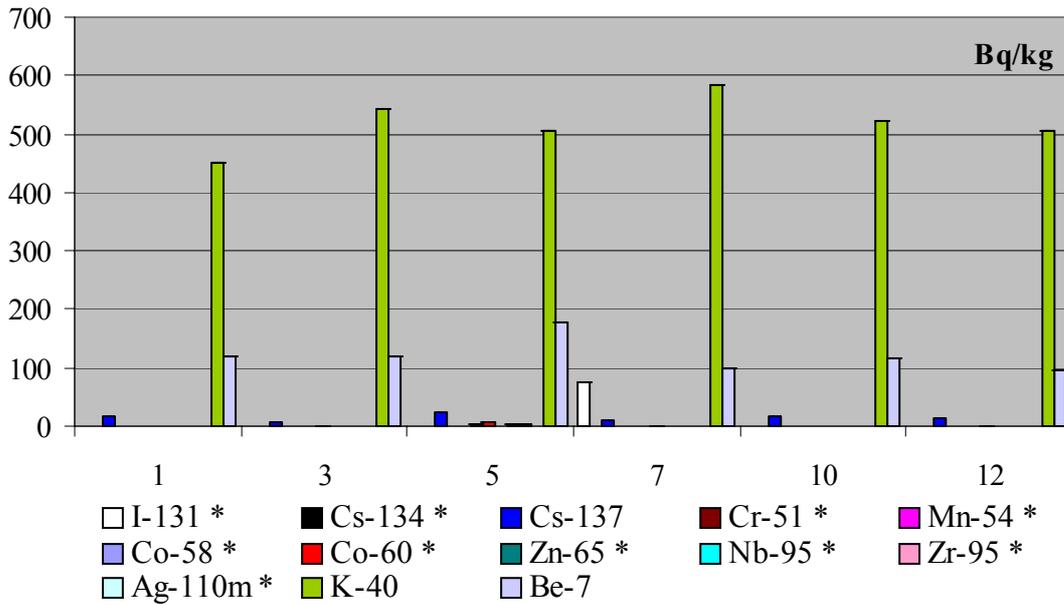
Depuis 1991, les niveaux de  $^{137}\text{Cs}$  fluctuaient autour des valeurs 60 à 80 Bq/Kg. Les teneurs semblent diminuer pour atteindre une vingtaine de Bq/kg en 1997.

Cette présence de radiocésium à un niveau plus ou moins constant est à mettre en relation avec les rejets liquides de la centrale nucléaire de Chooz située en France près de la frontière franco-belge.

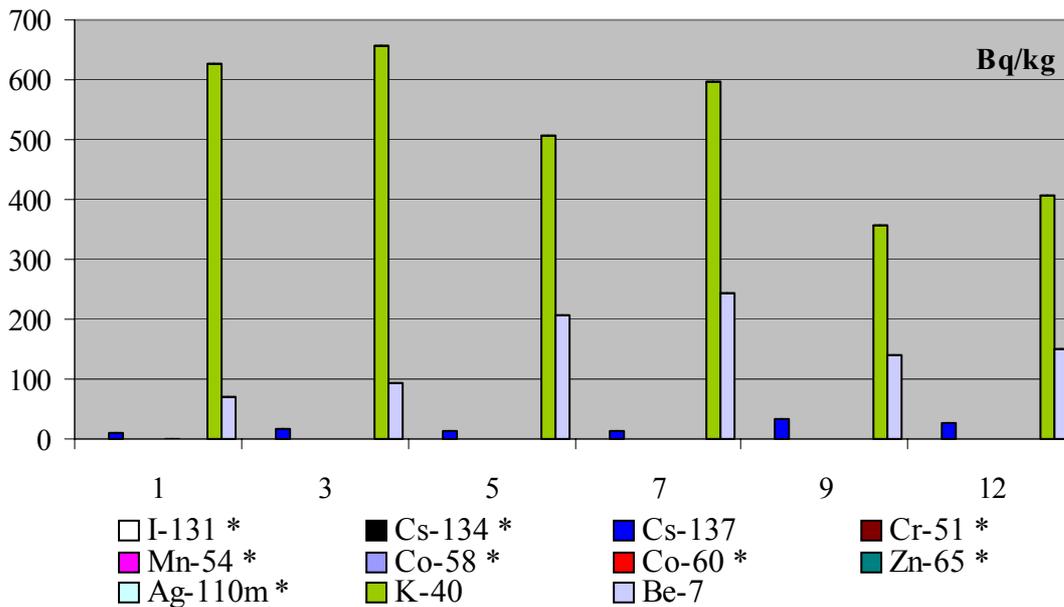
Le site de **Floriffoux** intègre, sur la Sambre, les rejets des installations nucléaires de Fleurus (IRE) et des hôpitaux de la région de Charleroi.

Ici aussi, les teneurs observées les plus élevées concernent celles de la radioactivité naturelle : potassium 40 et béryllium 7. On détecte encore la présence de césium 137 et parfois celle d'un peu d'iode (rejets hospitaliers ?).

### Sédiments de la Sambre 1996 : Floriffoux



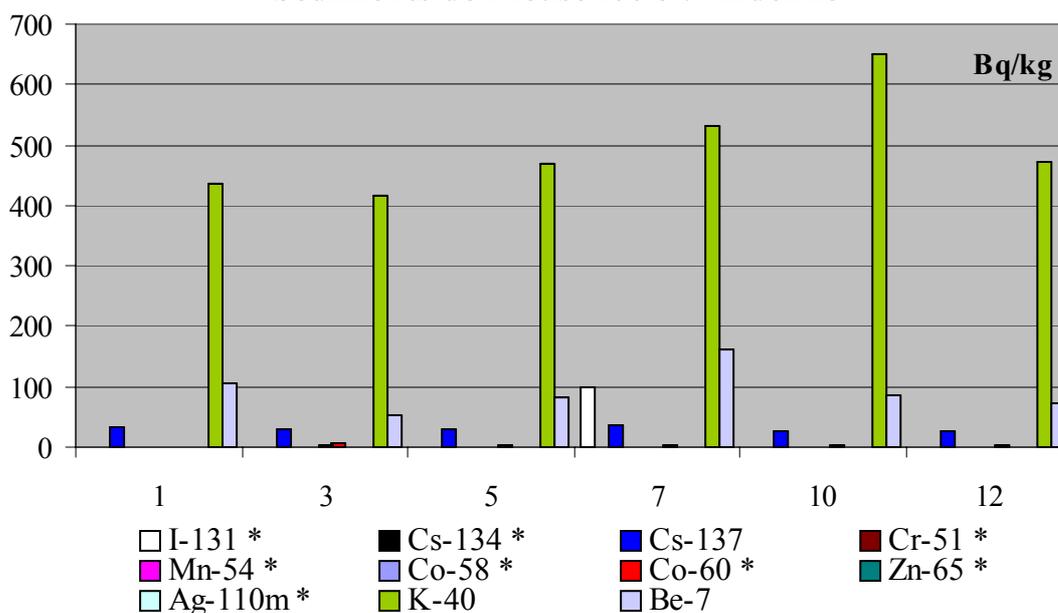
### Sédiments de la Sambre 1997 : Floriffoux



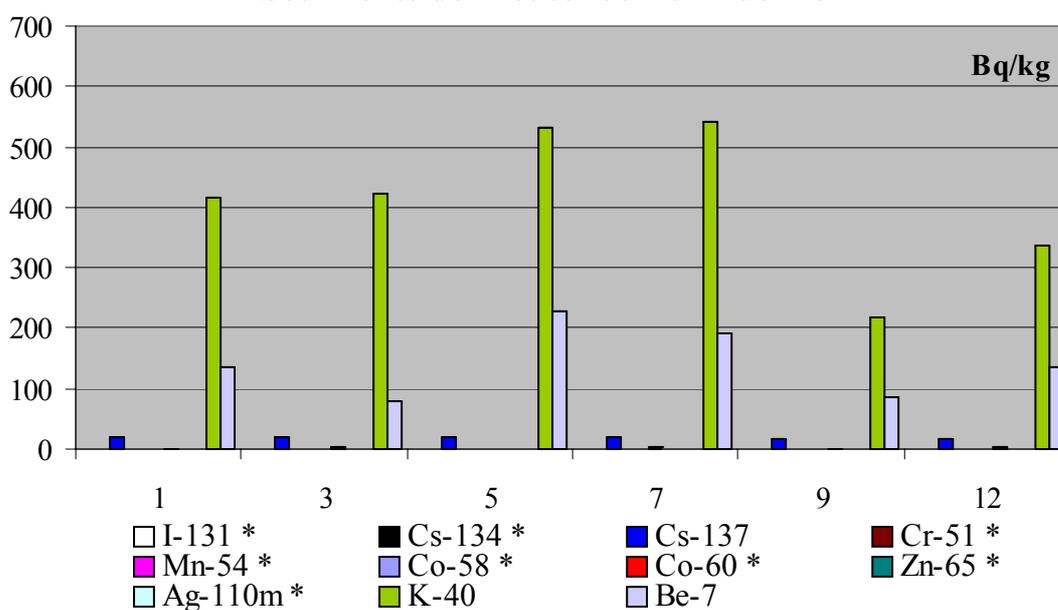
Le site d'**Andenne** intègre les apports de la Meuse et de la Sambre en aval de l'agglomération namuroise. A ce titre, les données obtenues dans les sédiments illustrent parfaitement la situation observée à Tailfer et à Floriffoux.

En effet, à titre d'exemple, le même pic d'iode est détecté en juillet 1996 à Floriffoux et à Andenne.

### Sédiments de Meuse 1996 : Andenne



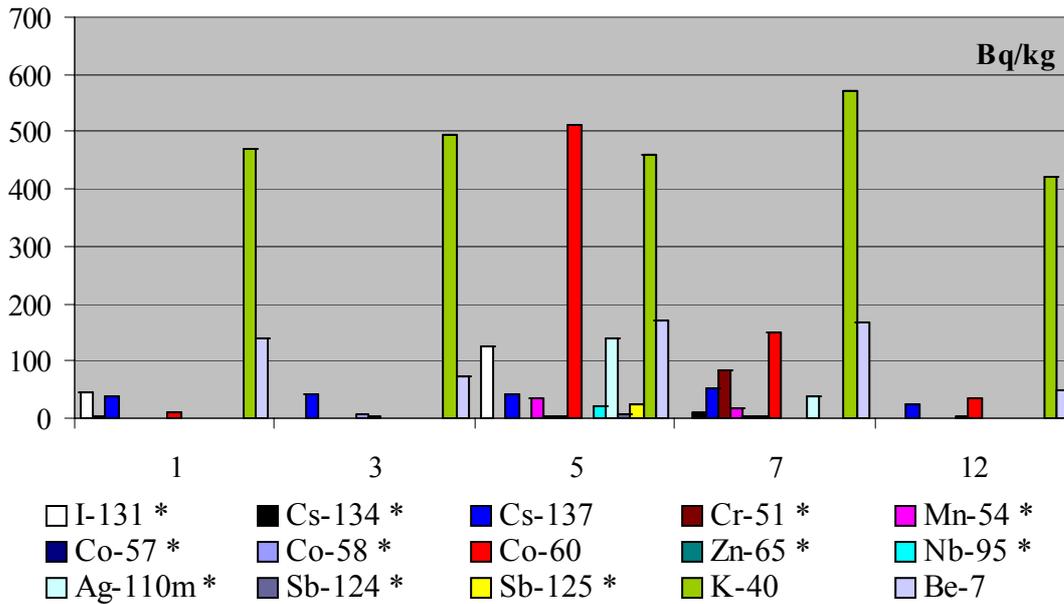
### Sédiments de Meuse 1997 : Andenne



Le site de **Amay**, situé en aval de la centrale nucléaire de Tihange, va intégrer les apports de cette dernière.

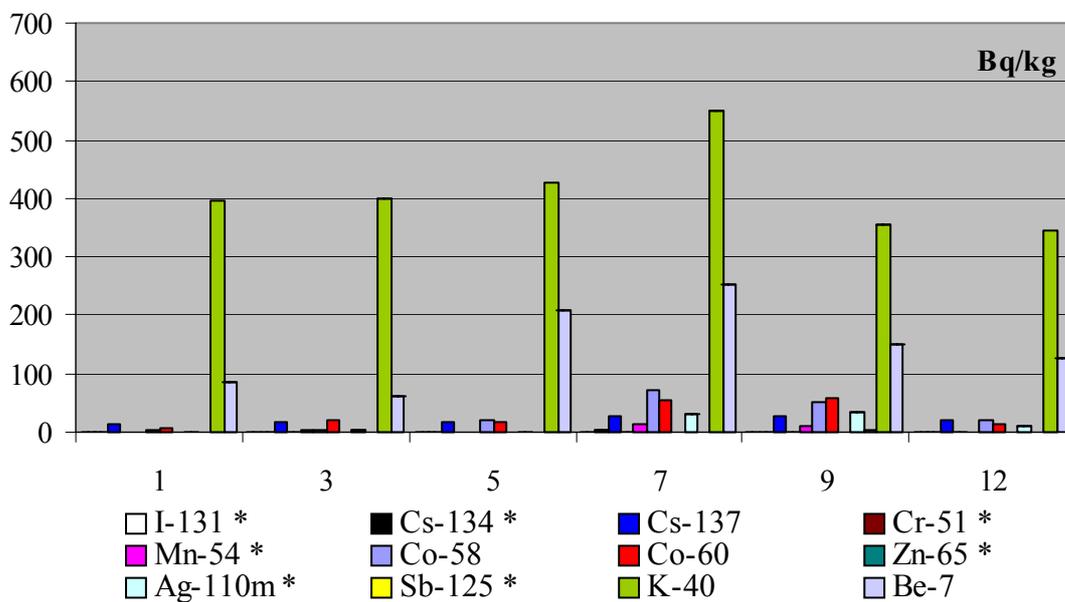
En 1996, on enregistre des teneurs plus élevées en Co-60 en mai et en juillet qui sont dues à des rejets plus marqués, bien que largement inférieurs aux limites autorisées, de l'unité 3 de la centrale en mai-juin et en octobre-novembre. On note également la présence d'iode 131 (mai), cette présence est également à mettre en relation avec une reprise des rejets de ce radioélément à cette période en provenance des tranches 2 et 3 de la centrale.

### Sédiments de Meuse 1996 : Amay



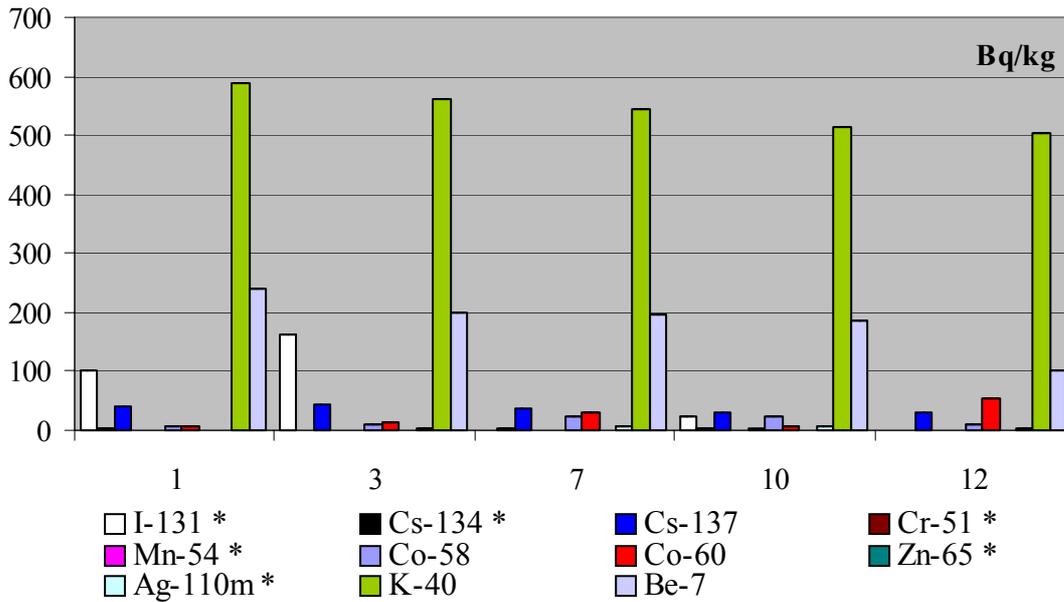
En 1997, on note ici aussi la présence des radiocésiums, des <sup>58,60</sup>Co dont les fluctuations suivent celles des rejets opérés par la centrale, mais globalement, la radioactivité naturelle prédomine.

### Sédiments de Meuse 1997 : Amay

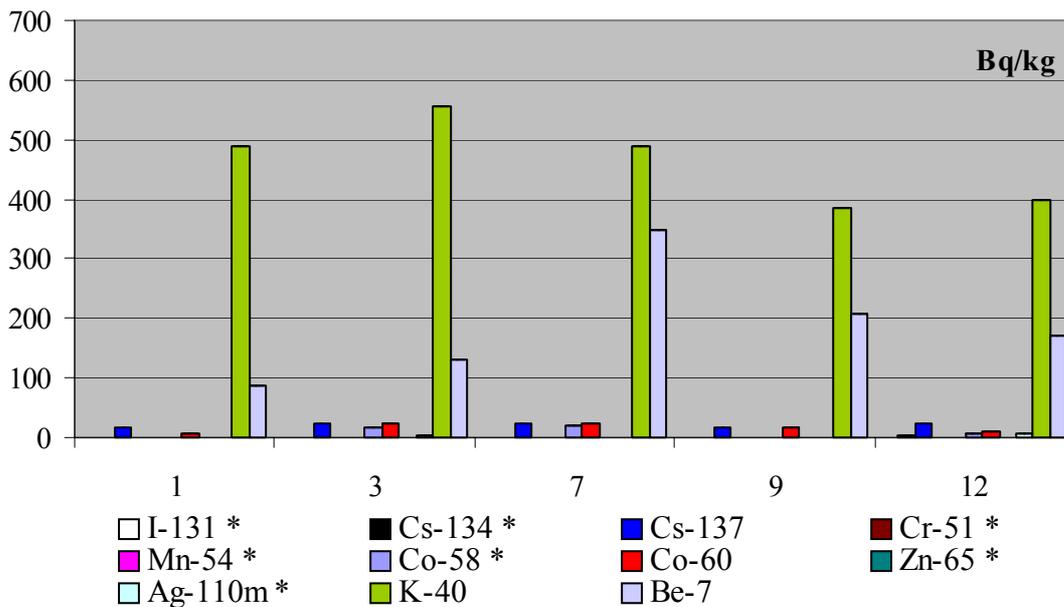


Le site de **Lixhe**, situé à la frontière hollandaise intègre l'ensemble des apports de radioactivité en provenance de la Meuse belge.

### Sédiments de Meuse 1996 : Lixhe



### Sédiments de Meuse 1997 : Lixhe

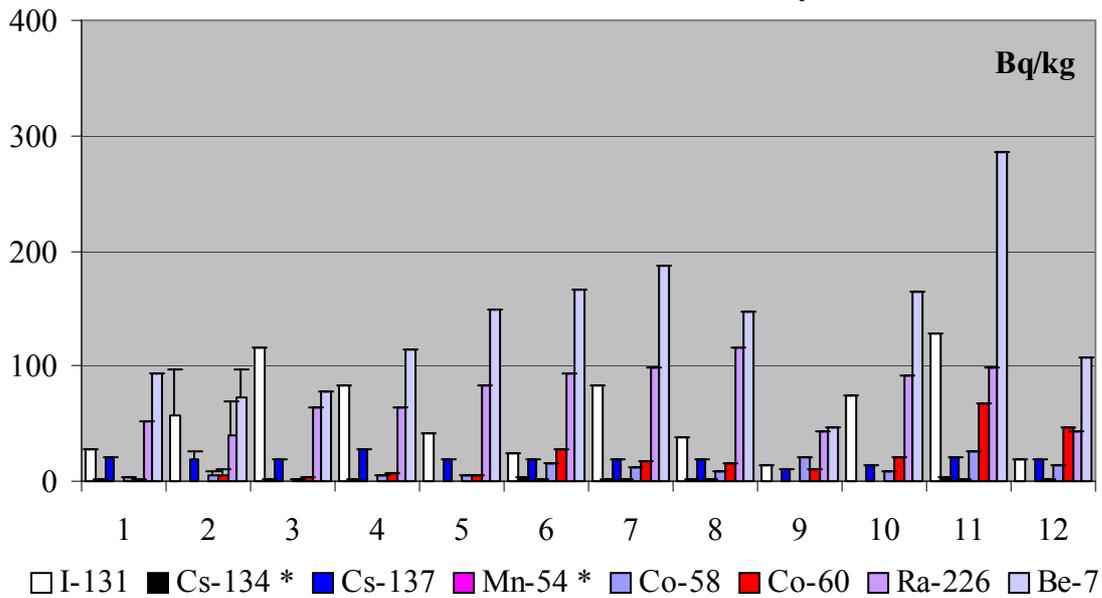


La situation radiologique est quasiment identique à celles décrites précédemment si ce n'est la présence plus importante d'iode en 1996. Ce radioélément ne peut provenir que de l'agglomération liégeoise et en particulier des hôpitaux de la ville de Liège.

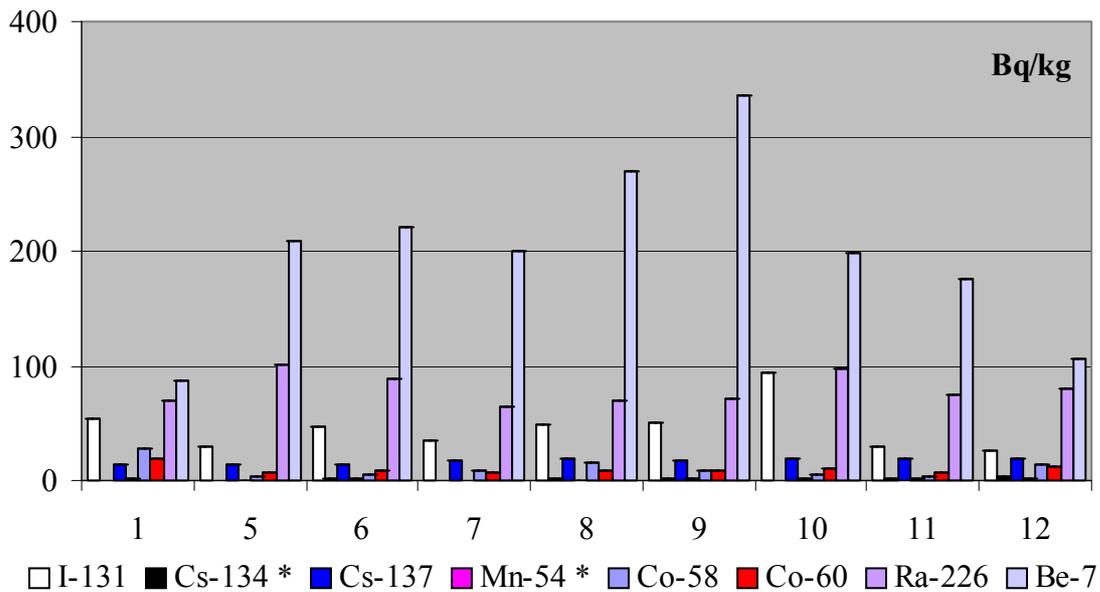
Le site de **Lanaye**, situé à la frontière hollandaise un peu plus en aval de la Meuse intègre également l'ensemble des apports de radioactivité en provenance de la Belgique. On détecte régulièrement de l'iode 131 dont l'origine doit provenir de rejets hospitaliers (ceux de la ville de Eijsden en Hollande ?).

Comme à Lixhe des traces de césium 137 et de cobalt 58 et 60 sont détectées en routine, leur origine est liée aux rejets opérés par la centrale nucléaire de Tihange.

### Sédiments de Meuse 1996 : Lanaye



### Sédiments de Meuse 1997 : Lanaye



#### Conclusions :

L'analyse régulière des sédiments de la Meuse (et de la Sambre) montre que la situation radiologique de cet écosystème est bonne. En effet, les niveaux de radioactivité artificielle sont très en deçà de ceux observés pour la radioactivité naturelle liée aux potassium 40 et béryllium 7.

D'autre part, ces observations permettent également de mettre en évidence tout rejet de routine, un tant soit peu plus important que la normale, opéré par les centrales nucléaires (rejets qui restent largement inférieurs aux normes imposées aux électriciens).

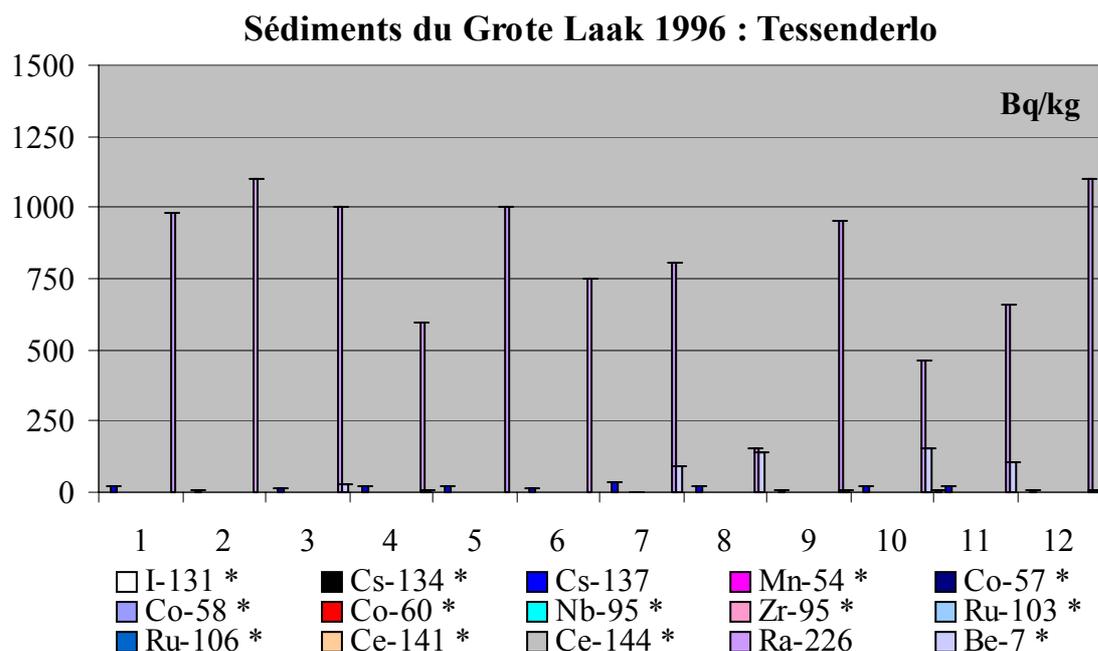
Enfin, il est très clairement démontré que les hôpitaux ont un impact souvent plus "visible" sur le fleuve que celui des installations nucléaires. Malgré sa période physique, heureusement courte, de 8,05 jours, l'iode 131 est détecté de manière chronique à des teneurs voisines de celles mesurées pour la radioactivité naturelle (béryllium 7).

### 5.2.2. Sédiments de l'Escaut et du Bassin de la Nete (Laak)

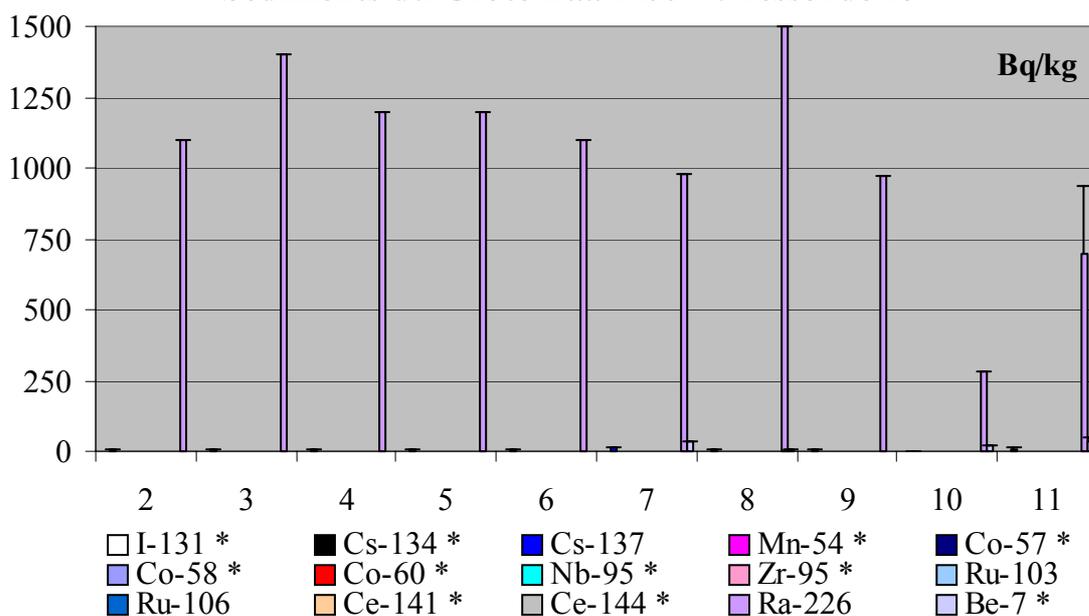
Pour le bassin de la Nete, les stations de collectes des sédiments sont situées sur la Grote Laak (complexe industriel de Tessenderlo), sur la Molse Nete (site nucléaire de Mol), sur la Nete-Grote Nete à Lier. En ce qui concerne l'Escaut, les prélèvements s'effectuent près de la centrale nucléaire de Doel.

L'analyse consiste également en une spectrométrie gamma; elle comporte la détermination d'autres radioéléments dont le  $^{226}\text{Ra}$ .

Les données obtenues pour les sédiments de la **Grote Laak** montrent que les sédiments accumulent le  $^{226}\text{Ra}$  rejeté par les sites industriels de Kwaad-Mechelen et de Tessenderlo. On note la présence de Cs-137 (de l'ordre de la dizaine de Bq/kg). Pour tous les autres éléments recherchés les limites de détection sont atteintes : quelques Bq/kg (<5) pour la plupart, 15-20 Bq/kg pour les Ce-144 et Ru-106, 25-40 Bq/kg pour les I-131 et Be-7.



## Sédiments du Grote Laak 1997 : Tessenderlo



La **Molse Nete** reçoit les rejets liquides du site de Mol - installation Belgoprocess 2 (ex installation de traitement des rejets liquides du CEN/SCK).

Ce complexe centralise tous les déchets liquides des autres installations nucléaires du site et peut rejeter des effluents liquides dans la Molse Nete à raison de 166 GBq/mois de radioactivité alpha, bêta et gamma selon la formule suivante :

$$[\beta \text{ total}] + 5[\alpha \text{ total}] + 3[{}^{131}\text{I}] + 7.5[{}^{90}\text{Sr}] + 300[{}^{226}\text{Ra}] + 10^{-3}[{}^3\text{H}] \leq 166 \text{ GBq/mois dans la rivière.}$$

Les mesures révèlent la présence d'un grand nombre de radioéléments artificiels (produits de fission – Cs, Sr, produits d'activation – Co, Mn, Zn et transuraniens – Pu et Am) et naturels (Th, U,  ${}^{226}\text{Ra}$ ,  ${}^{40}\text{K}$  et  ${}^7\text{Be}$ ).

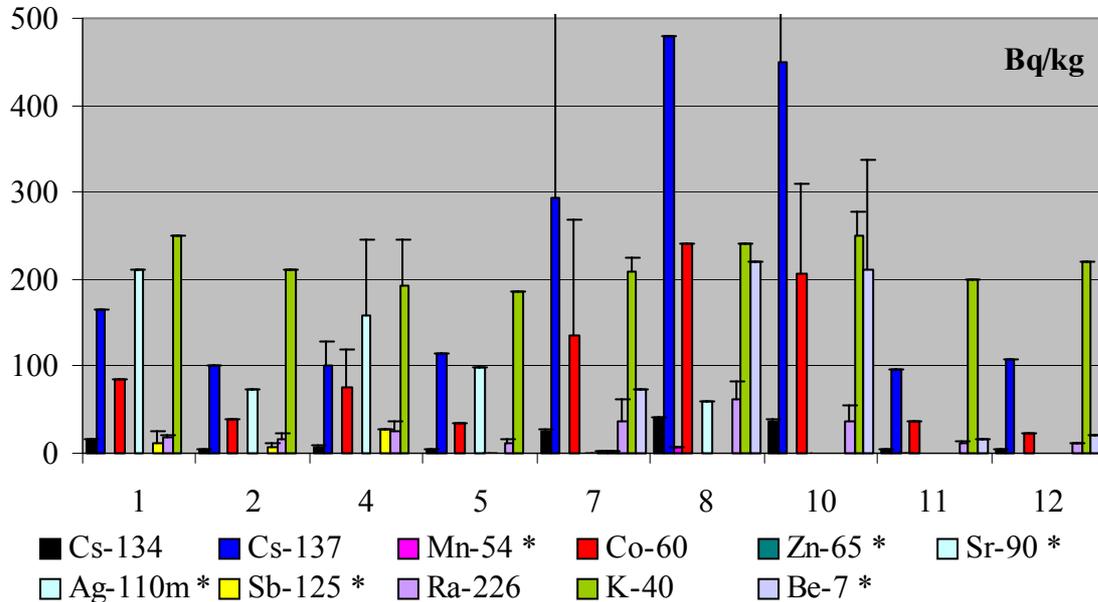
Les  ${}^{134,137}\text{Cs}$ , le  ${}^{60}\text{Co}$  et du  ${}^{90}\text{Sr}$  sont présents à des teneurs voisines voire plus élevées que celles déterminées en général pour le  ${}^{40}\text{K}$  (~200 Bq/kg): 100 à 200 Bq/kg pour le  ${}^{137}\text{Cs}$  (avec un "pic" à près de 500 Bq/kg en août et octobre 1996), 30 à 80 Bq/kg pour le  ${}^{60}\text{Co}$  (avec un "pic" à 200 Bq/kg en août et octobre 1996), de 50 à 150 Bq/kg pour le  ${}^{90}\text{Sr}$  (surtout présent en 1996).

En ce qui concerne les éléments lourds, ils sont détectables à des concentrations de loin inférieures à celles du potassium 40.

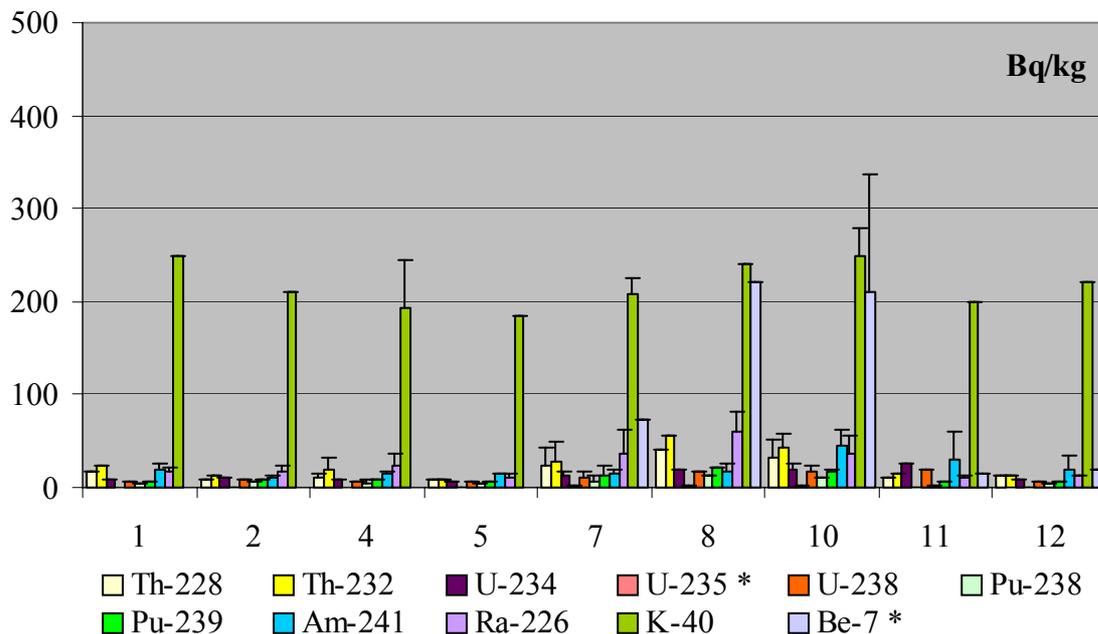
Néanmoins, en plus du radium 226, des émetteurs alpha naturels tels que les uraniums 234 et 238, qui sont en général rejetés lors des processus de production de combustible nucléaire, se retrouvent en des proportions plus élevées que la normale : cette présence dans les sédiments est due aux rejets en provenance du réacteur et du centre de recherche nucléaires de Mol. La détection de transuraniens (alpha artificiels) tels que les plutoniums 239 et 238 et l'américium 241 confirme ce constat.

La présence régulière de ces radioéléments dans des sédiments récoltés "fraîchement" tous les mois via des bacs de décantation ou bacs à boues confirme que les rejets sont opérés de manière chronique dans ce cours d'eau.

### Sédiments de la Molsse Nete 1996 : Geel

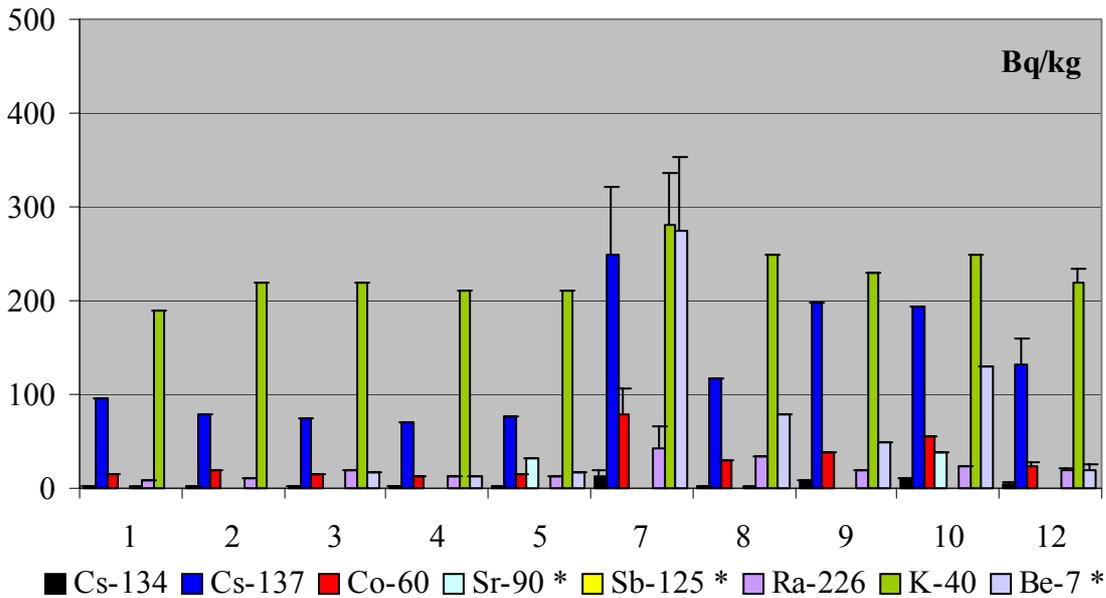


### Sédiments de la Molsse Nete 1996 : Geel

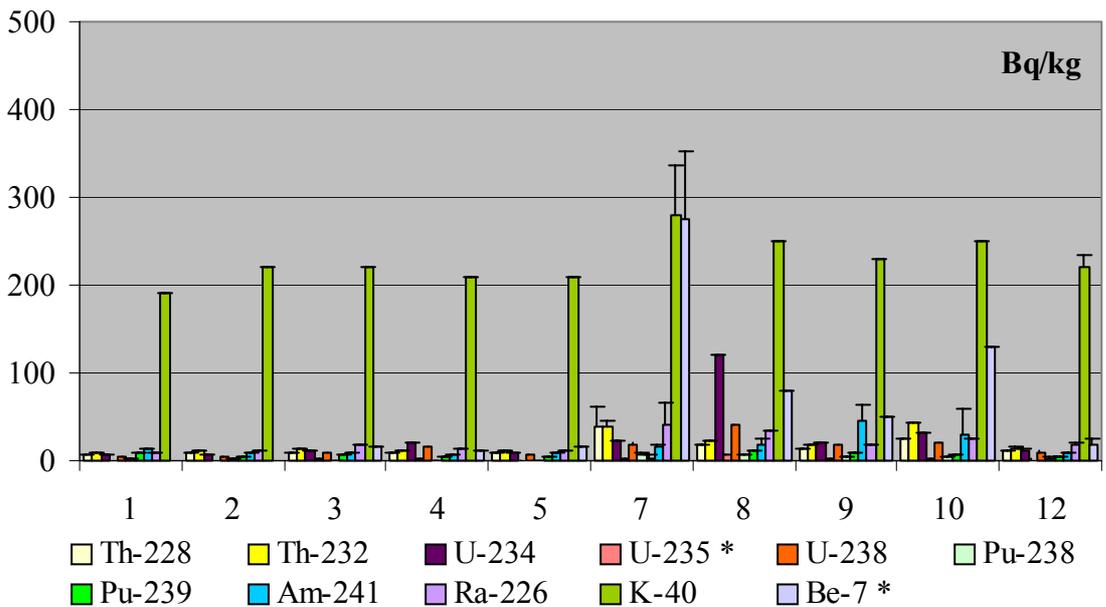


Il serait opportun, dans le cadre des missions de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire qui devrait à l'avenir centraliser toutes les compétences dans le domaine du nucléaire, de réaliser des campagnes d'échantillonnages par carottage du lit de ce cours d'eau afin d'avoir une image plus réaliste de la contamination présente (par intégration dans l'épaisseur des sédiments).

### Sédiments de la Molsse Nete 1997 : Geel

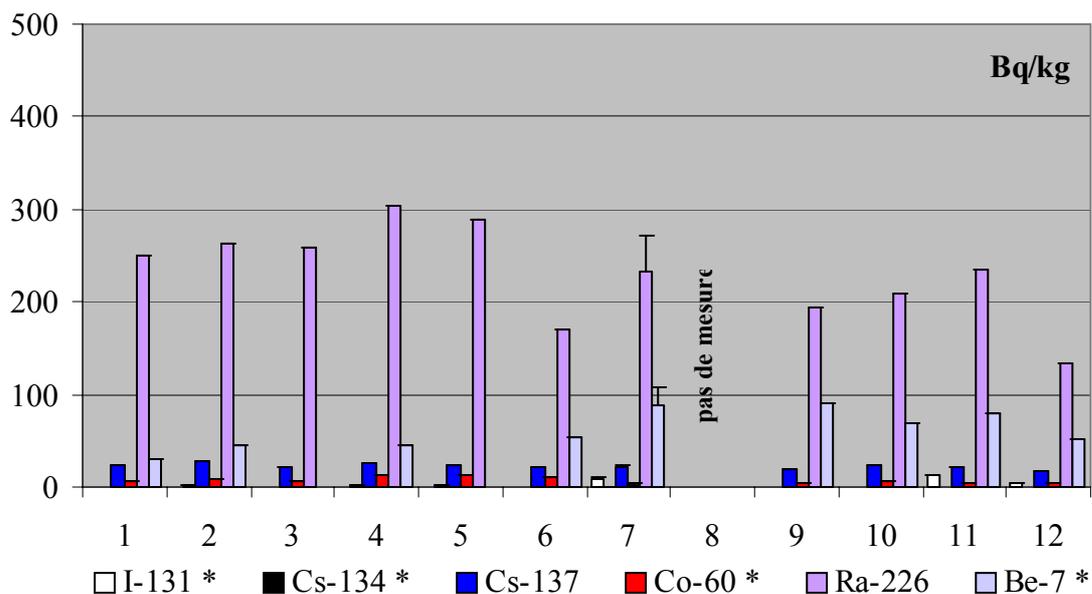


### Sédiments de la Molsse Nete 1997 : Geel

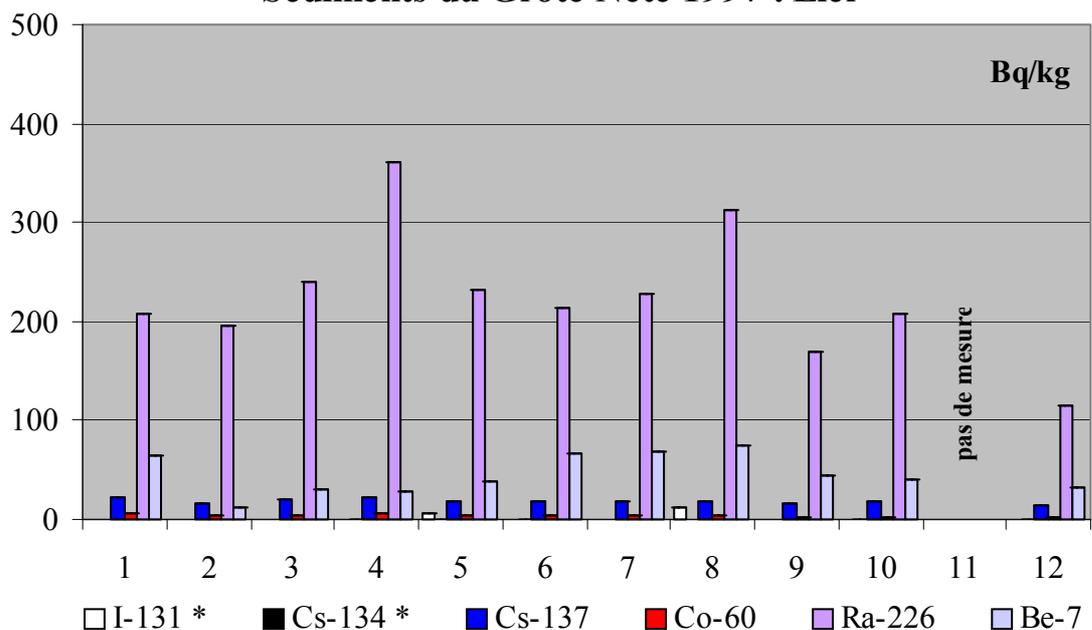


A Lier, sur la **Nete-Grote Nete**, les apports de la Grote Laak et de la Molsse Nete sont bien visibles malgré une dilution certaine des effluents liquides en provenance de Tessenderlo et des installations de Mol : les niveaux de radium 226 détectés ont diminué pour atteindre 200 à 300 Bq/kg et l'on note encore la présence des radiocésiums 134 et 137 (~20-30 Bq/kg) ainsi que celle du cobalt 60 (~10 Bq/kg). Les limites de détection sont atteintes pour les autres radioéléments recherchés ( $^{54}\text{Mn}$  ~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).

### Sédiments du Grote Nete 1996 : Lier

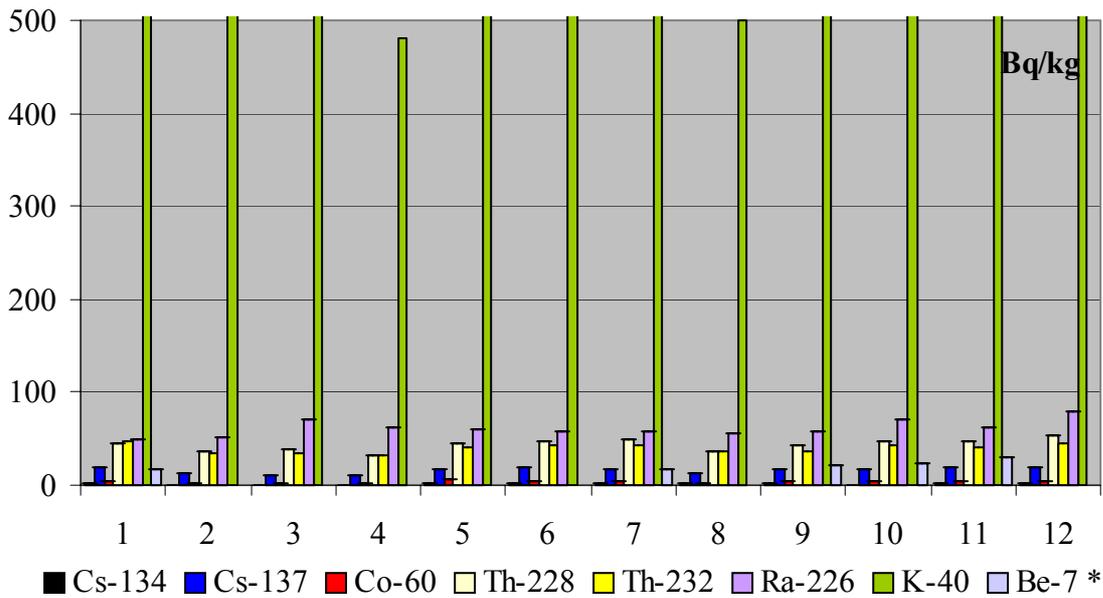


### Sédiments du Grote Nete 1997 : Lier

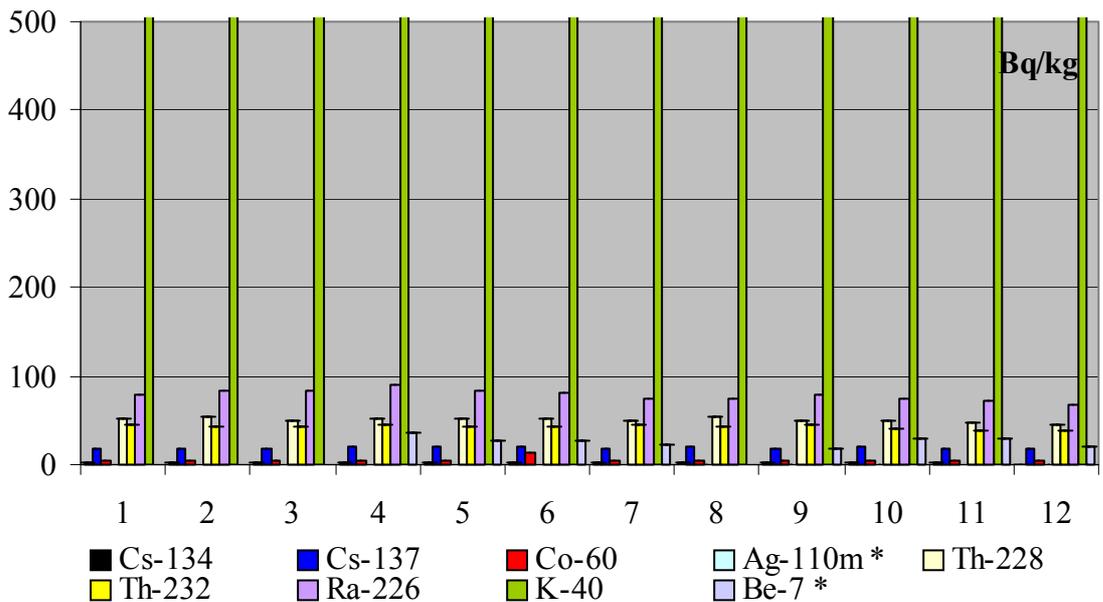


Enfin, sur l'**Escaut** à Doel, écosystème estuarien très complexe du point de vue physico-chimie des échanges eaux-sédiments, la radioactivité naturelle due au  $^{40}\text{K}$  (500 à 650 Bq/kg) est de loin supérieure à celle induite par les éléments artificiels. Les niveaux de radium 226 sont ici encore plus faibles : 50 à 80 Bq/kg. Les thoriums 228 et 232 (émetteurs alpha naturels) sont également détectés en routine à des teneurs voisines de 50 Bq/kg. On note encore la présence de  $^{137}\text{Cs}$  et de  $^{60}\text{Co}$  à des teneurs voisines de 15-20 Bq/kg et ~5 Bq/kg respectivement.

### Sédiments de l'Escaut 1996 : Doel



### Sédiments de l'Escaut 1997 : Doel



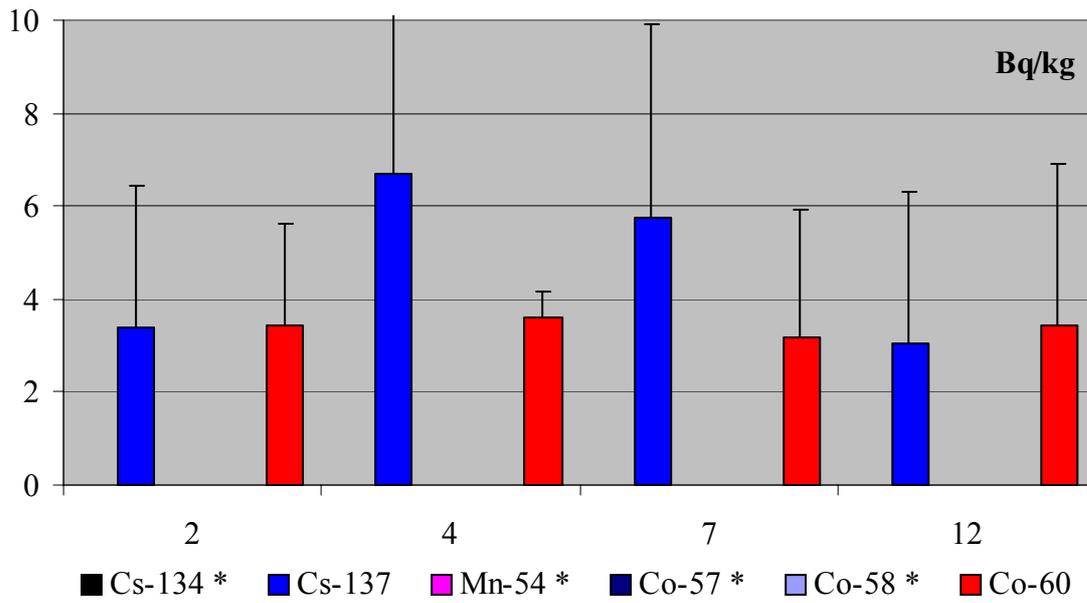
### Conclusions :

Comme pour les années précédentes le même constat peut être fait : le bassin fluvial "Nete-Escaut" est caractérisé par une "charge" significative en radioéléments lourds. Le radium, en particulier, est toujours détecté et présent dans tout le bassin. Si la situation radiologique n'est pas dangereuse pour l'homme, elle n'en reste pas moins "dérangeante" et appelle dès lors une attention particulière.

En effet, ce type de suivi radiologique doit être prolongé dans l'avenir tout en étant amélioré par une meilleure standardisation des quantités de sédiments prélevées, une plus grande harmonisation de la "palette" de radioéléments recherchés et surtout par l'analyse systématique du potassium 40 comme "témoin de la radioactivité naturelle".



### Sédiments 1997 : mer du Nord



#### Conclusions :

Les sédiments marins collectés ne révèlent pas de problème radiologique particulier.

### 5.3. RADIOACTIVITE DE LA FAUNE ET DE LA FLORE AQUATIQUES

Les mousses et les végétaux aquatiques sont particulièrement sensibles à court-moyen terme aux rejets liquides car ces organismes ont un potentiel élevé de concentration des éléments chimiques stables ou radioactifs. A ce titre, ils se comportent comme des indicateurs biologiques ou bioindicateurs. Les poissons sont quant à eux de meilleurs intégrateurs de la radioactivité à plus long terme.

#### En rivières :

Les bioindicateurs de la contamination éventuelle de la flore sont prélevés en plusieurs points sur la Meuse : à Ham, près de Chooz, à Givet et Chooz ainsi qu'à Heer en ce qui concerne la haute Meuse (site de Chooz), à Hastière, Falmignoule et enfin à Ivoz-Ramet en aval de Tihange. On y mesure les principaux émetteurs gamma ainsi que le  $^{226}\text{Ra}$  et le  $^{232}\text{Th}$ .

Sur l'Escaut, dans sa partie estuarienne, des plantes aquatiques sont prélevées en Hollande à Yerseke, Kloosterzande et à Hoofdplaat. On y mesure également les principaux émetteurs gamma ainsi que le  $^{226}\text{Ra}$ , le  $^{232}\text{Th}$  et le  $^{90}\text{Sr}$ .

#### En Mer du Nord :

Cette dernière reçoit directement, non seulement les effluents liquides des installations nucléaires françaises et anglaises (par exemple pour la *France* : les centrales nucléaires de Gravelines, via la Manche celles de Paluel, de Flamanville et de la Hague (usine de retraitement), pour la *Grande Bretagne* : les centrales de Dungeness, de Bradwell et de Sizewell), mais constitue également l'aboutissement de plusieurs rivières recevant elles-mêmes des effluents radioactifs, entre autres la Meuse et l'Escaut pour la Belgique.

C'est pourquoi, elle est étroitement surveillée par tous les pays riverains, signataires des conventions d'Oslo et de Paris.

On y prélève essentiellement des algues, des poissons, des mollusques et des crustacés, en raison de leur capacité d'accumulation et de concentration, pour y mesurer les principaux produits de fission et d'activation ainsi que les Th, Pu et U.

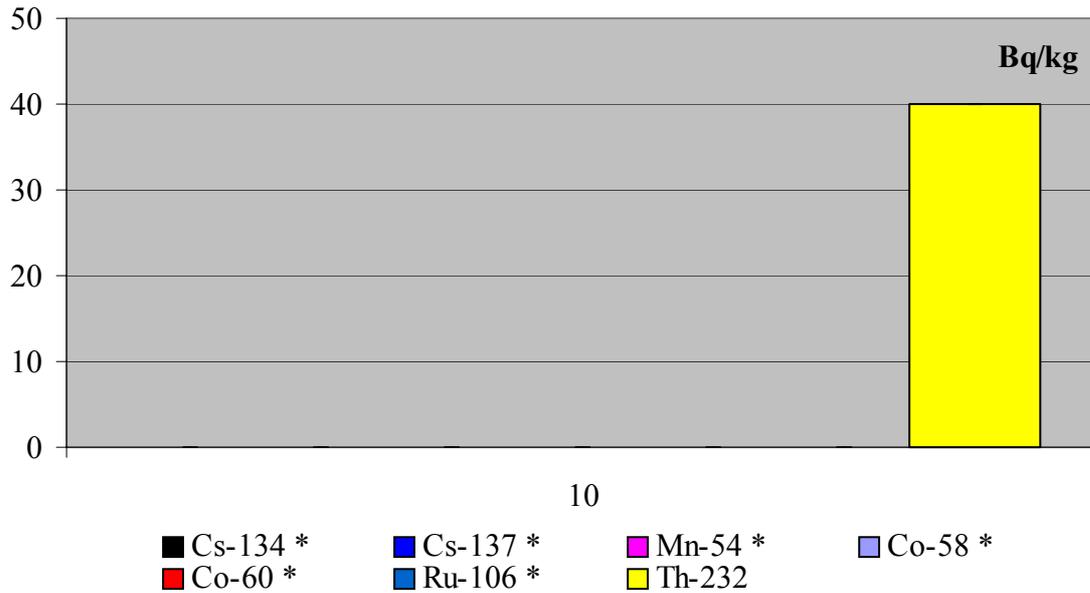
#### **5.3.1. Faune et flore de la Meuse**

La végétation choisie comme bioindicateur est constituée d'une mousse commune en écosystème dulcicole : *Cinclidotus danubicus*.

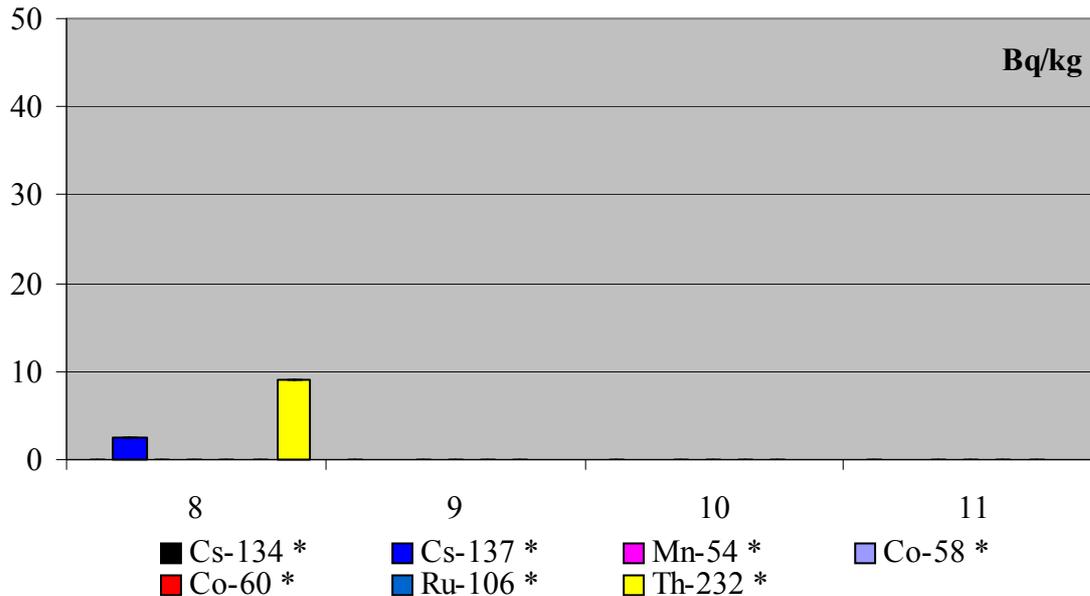
Les mousses sont en effet connues pour être de bons intégrateurs de la radioactivité rejetée en eau douce.

Les mousses aquatiques prélevées sur le site de **Ham sur Meuse** (France), situé en amont de la centrale nucléaire de Chooz, donnent une image "point zéro" de la flore mosane avant tout rejet liquide en provenance de la centrale.

### Mousses de Meuse 1996 : Ham



### Mousses de Meuse 1997 : Ham

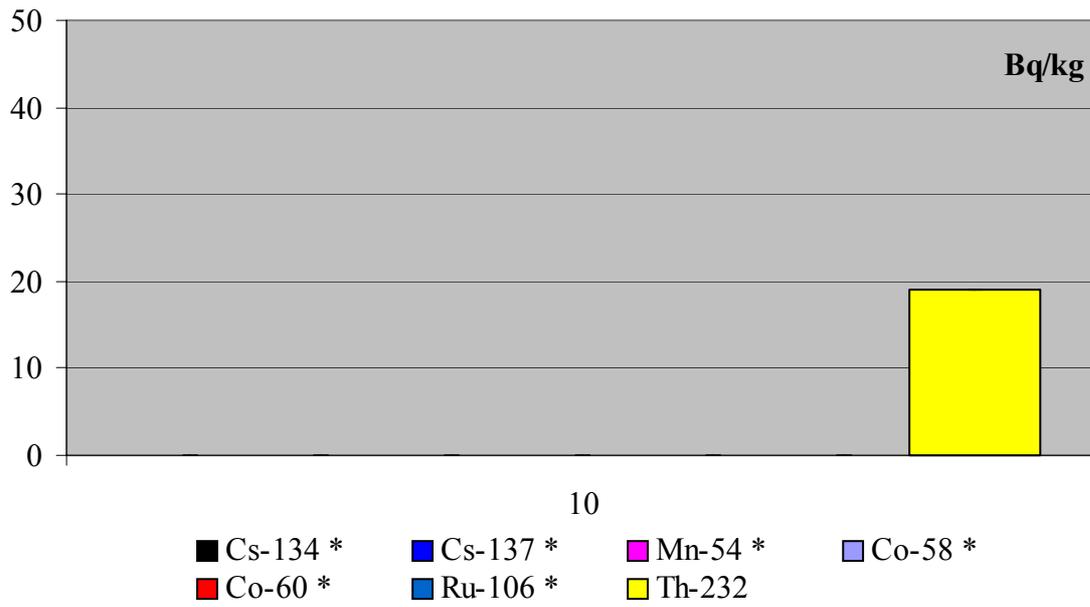


Les résultats révèlent en général des teneurs inférieures ou égales aux seuils de détection des appareils de mesures. Seules quelques données sont au-dessus de ces seuils (quelques Bq/kg pour les radiocésiums, radiocobalt et manganèse, 10 à 40 Bq/kg pour le Th et le Ru) mais, même dans ce cas, elles sont à peine significatives.

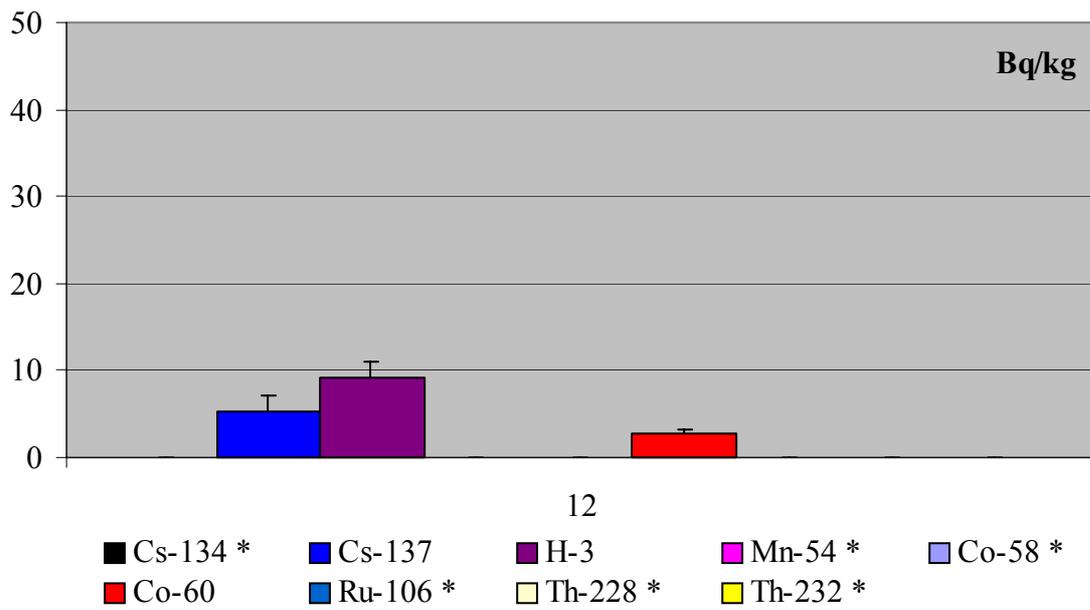
Les sites de **Chooz** et **Givet** en France, de **Heer**, **Hastière** et **Falmignoule** en Belgique situés juste après la frontière franco-belge intègrent, rappelons-le, les rejets de la centrale nucléaire française de Chooz.

Très près du site nucléaire de Chooz, les prélèvements effectués à **Givet** ou **Chooz** même ne mettent en évidence que la présence de traces de césium et de cobalt ainsi que celles d'un radioélément naturel : le thorium.

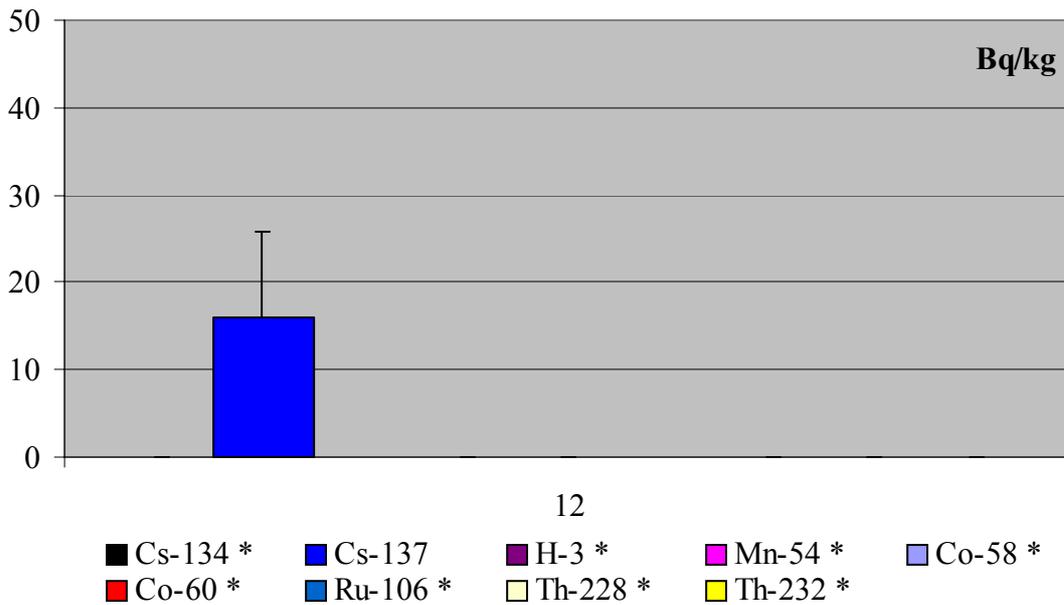
**Mousses de Meuse 1996 : Givet**



**Mousses de Meuse 1997 : Chooz I**

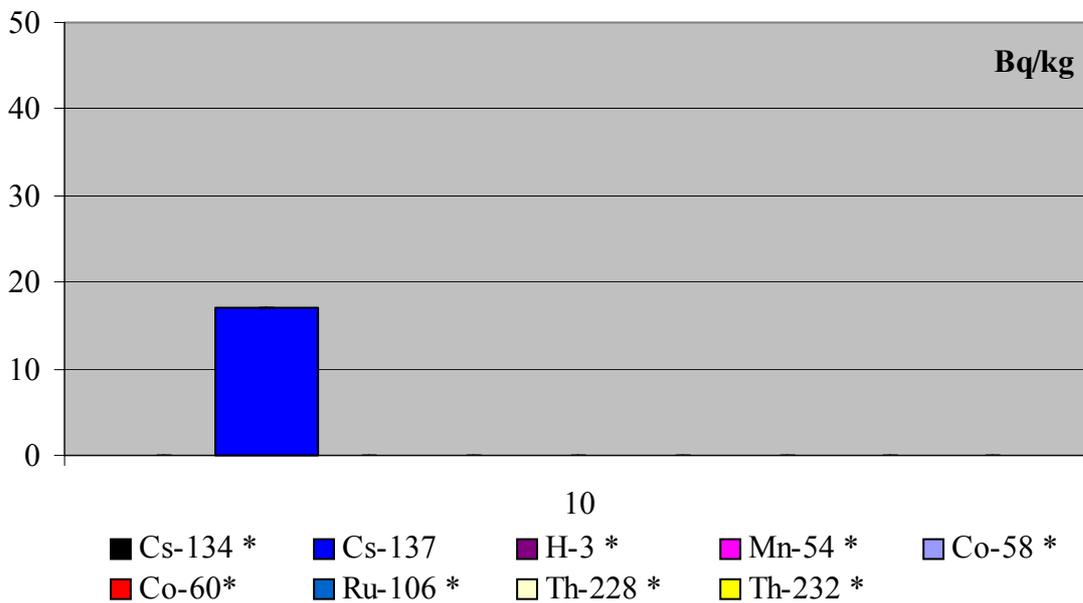


### Mousses de Meuse 1997 : Chooz II



Situés un peu plus loin de la centrale au nord de Givet en Belgique, les prélèvements effectués à Heer-Agimont en 1996 ne révèlent rien de particulier si ce n'est des traces de césium-137.

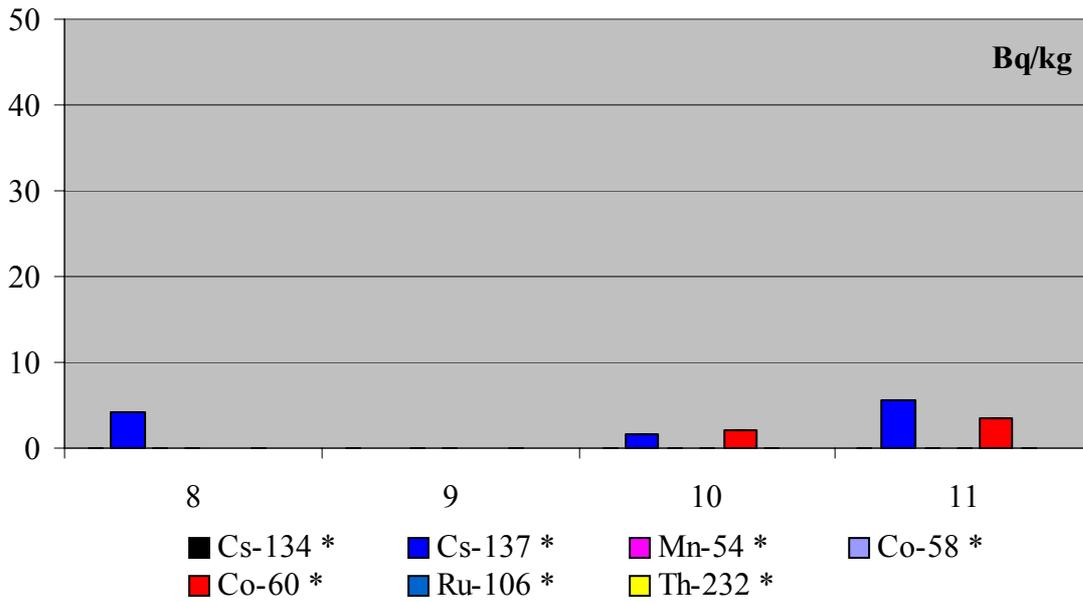
### Mousses de Meuse 1996 : Heer-Agimont



En 1997, les mousses de **Hastière** et de **Falmignoule** présentent des niveaux d'activités faibles et ici aussi à peine supérieurs aux seuils de détection. Les radiocésiums sont parfois détectés ainsi que du <sup>232</sup>Th.

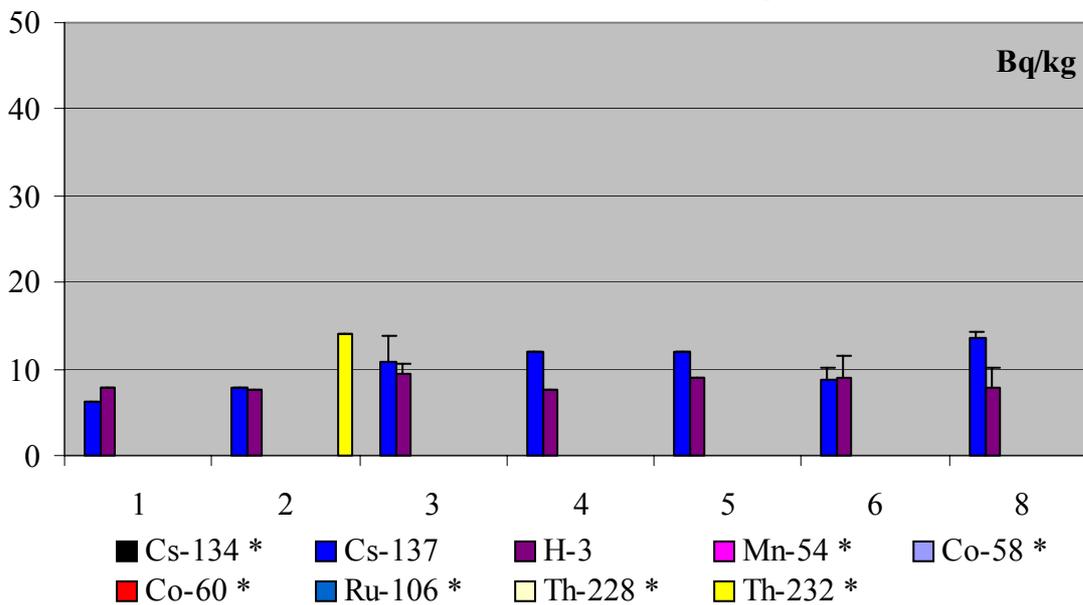
A **Hastière**, à mi-distance entre Heer-Agimont et Falmignoule, seules des traces de radiocésium-137 et de cobalt-60 sont détectées (teneurs à peine supérieures aux seuils de détection et à ce titre très peu significatives).

### Mousses de Meuse 1997 : Hastière

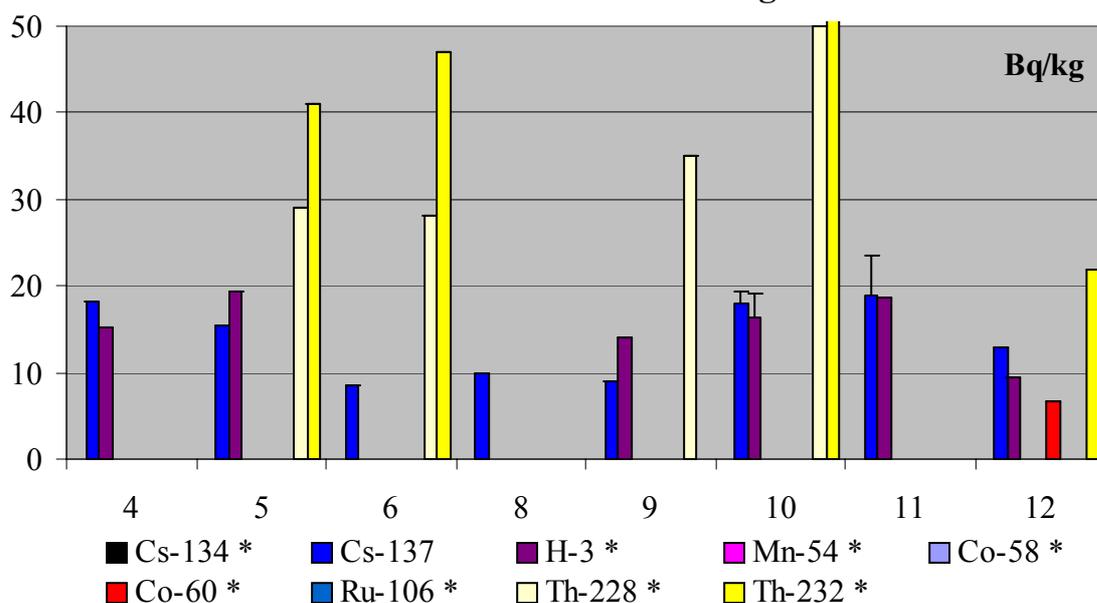


A **Falmignoule**, en amont de la confluence de la Lesse dans le Meuse, les mousses révèlent des traces de Cs-137 et de tritium (de l'ordre de quelques Bq au dessus des limites de détection). Parfois des traces de thorium sont mises en évidence.

### Mousses de Meuse 1996 : Falmignoule



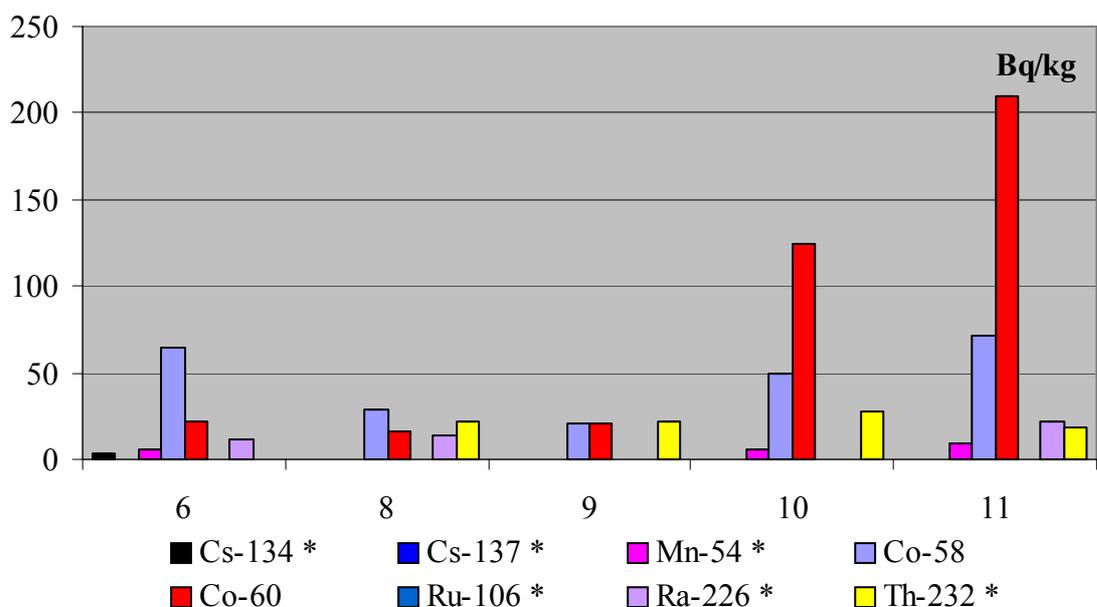
### Mousses de Meuse 1997 : Falmignoule



Le site d'**Ivoz-Ramet** intègre les rejets de la centrale nucléaire de Tihange ainsi que les apports du bassin de la Sambre et des hôpitaux de la région namuroise et du bassin de Charleroi.

Les niveaux d'activité restent en général très faibles. En 1996, les mousses ont concentré plus de radioactivité en radiocobalt (60 et dans une moindre mesure 58) en octobre-novembre.

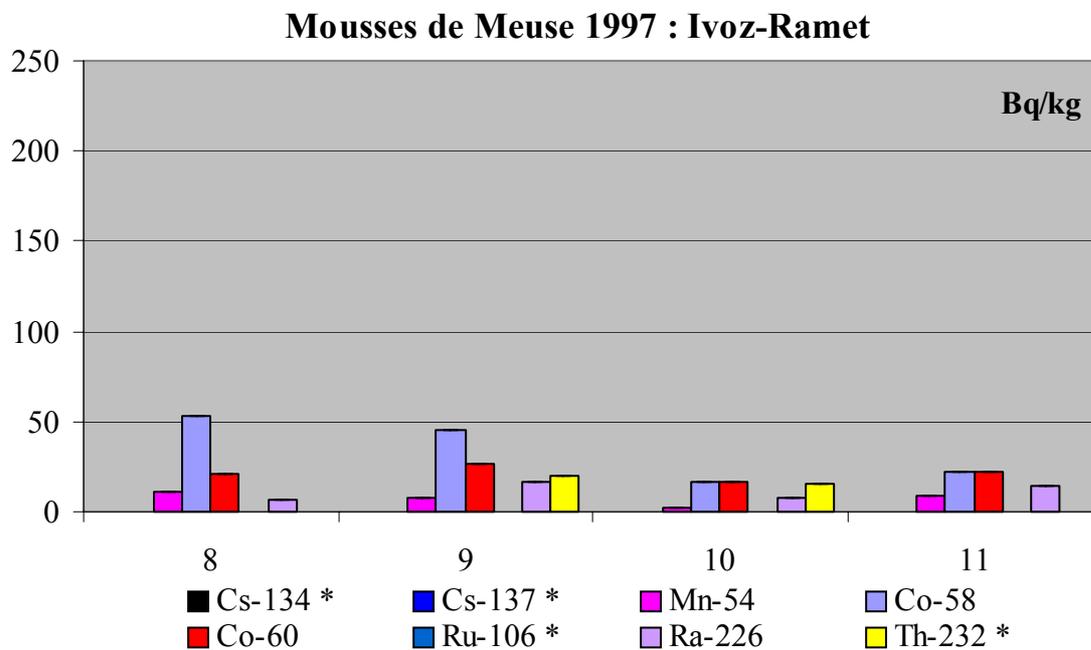
### Mousses de Meuse 1996 : Ivoz-Ramet



Cette élévation de la teneur en cobalt des mousses est due à des rejets de ce radioélément plus importants provenant de la tranche 3 du site nucléaire. A noter qu'en mai-juin cette même tranche avait également rejeté plus de cobalt (dont du Co-58). Si les mousses

montrent une légère augmentation de leur teneur en Co-60 à cette même période, par contre celle en Co-58 est plus significative.

En 1997, les teneurs en radiocobalt des mousses restent faibles (de l'ordre de celles mesurées pour les radioéléments naturels  $^{226}\text{Ra}$  et  $^{232}\text{Th}$ ).



### Conclusions :

Les bioindicateurs de la contamination radioactive des eaux choisis permettent, par leur capacité à concentrer à court-moyen terme les radioéléments de l'eau, de mettre en évidence des traces de radioactivité. (de l'ordre de celles mesurées pour les radioéléments naturels  $^{226}\text{Ra}$  et  $^{232}\text{Th}$ ).

Tout rejet un tant soit peu plus important en provenance des centrales nucléaires (bien que très largement inférieur aux limites autorisées) est mis en évidence par ces végétaux aquatiques. Ce contrôle "biologique" permet donc, par ce pouvoir d'intégration de la radioactivité, de tracer et de garder la mémoire de tout rejet un tant soit peu plus actif qui pourrait passer inaperçu dans les échantillons d'eau prélevés pour les mesures de routine.

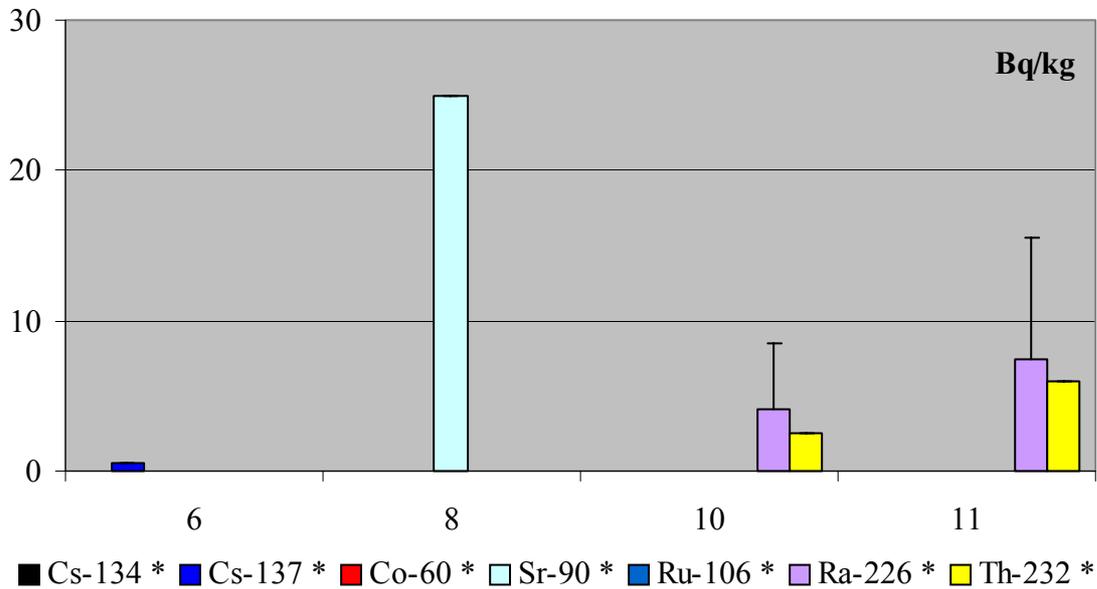
Ce type de contrôle devra être maintenu dans l'avenir tout en étant complété par les données "en temps réel" délivrées par le réseau de surveillance TELERAD (en particulier au moyen de la balise rivière située en rive droite de la Meuse à Heer-Agimont).

Globalement, la situation radiologique des eaux mosanes est bonne sans problèmes particuliers à signaler.

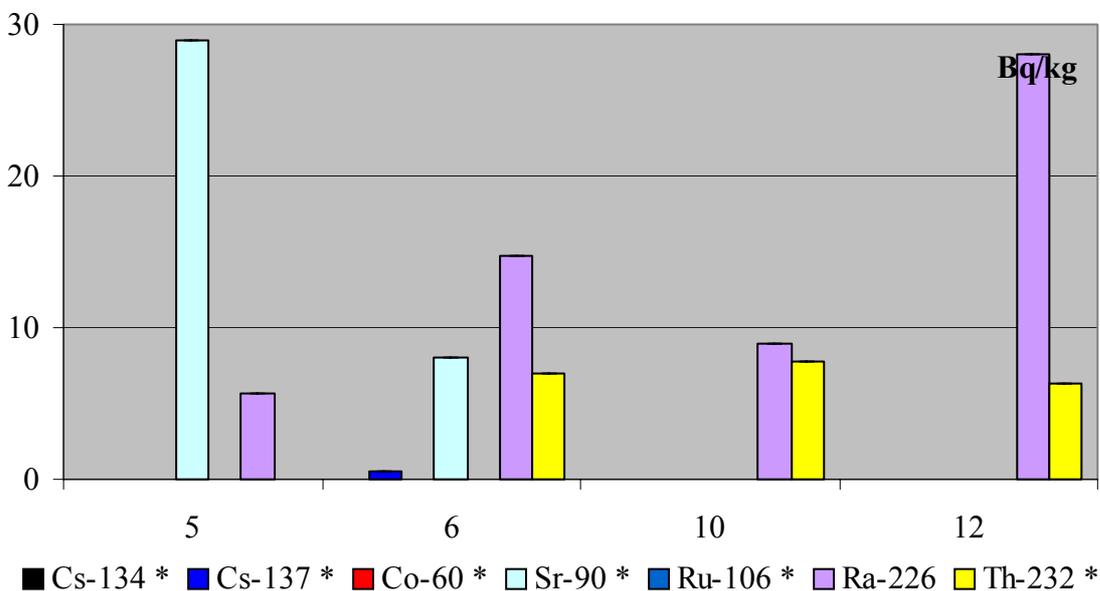
### 5.3.2. Faune et flore de l'Escaut

Les algues marines (*Fucus vesiculosus*) prélevées à **Yerseke** (zone nord-est de la presqu'île de Beveland en Hollande) ne concentrent pratiquement pas de radioactivité.

**Végétaux aquatiques de l'Escaut 1996 : Yerseke**



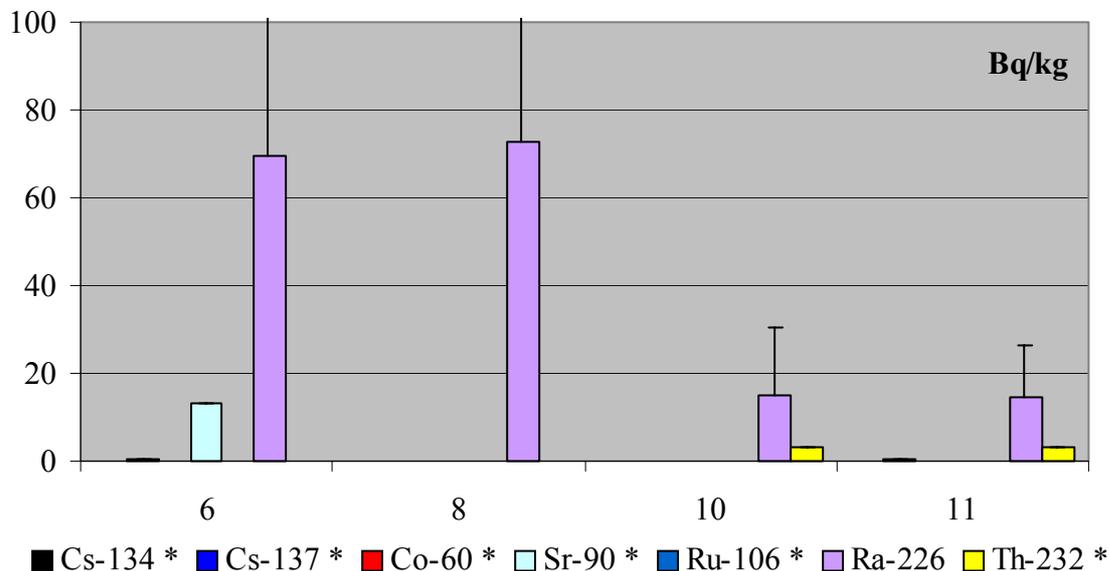
**Végétaux aquatiques de l'Escaut 1997 : Yerseke**



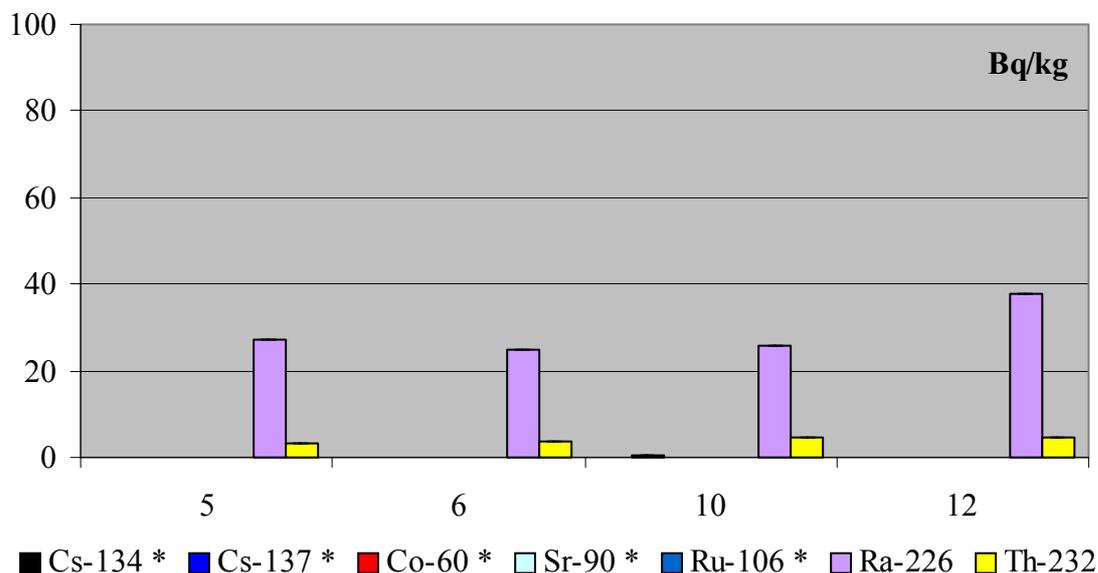
Tout au plus détecte-t-on des traces de Ra-226 issu en partie du bassin industriel de la Nete, de Sr-90 qui ne provient pas de rejets de la centrale de Doel mais signe certainement la présence de rejets d'usines de retraitement (Sellafield?) et de Th-232, radioélément naturel primaire (formé lors de la constitution du système solaire).

En ce qui concerne les sites de **Kloosterzande** et de **Hoofplaat**, situés sur la partie estuarienne de l'Escaut au nord de la frontière belgo-hollandaise, les algues (*Fucus vesiculosus*) prélevées concentrent essentiellement du radium 226 (traces de thorium).

### Végétaux aquatiques de l'Escaut 1996 : Kloosterzande

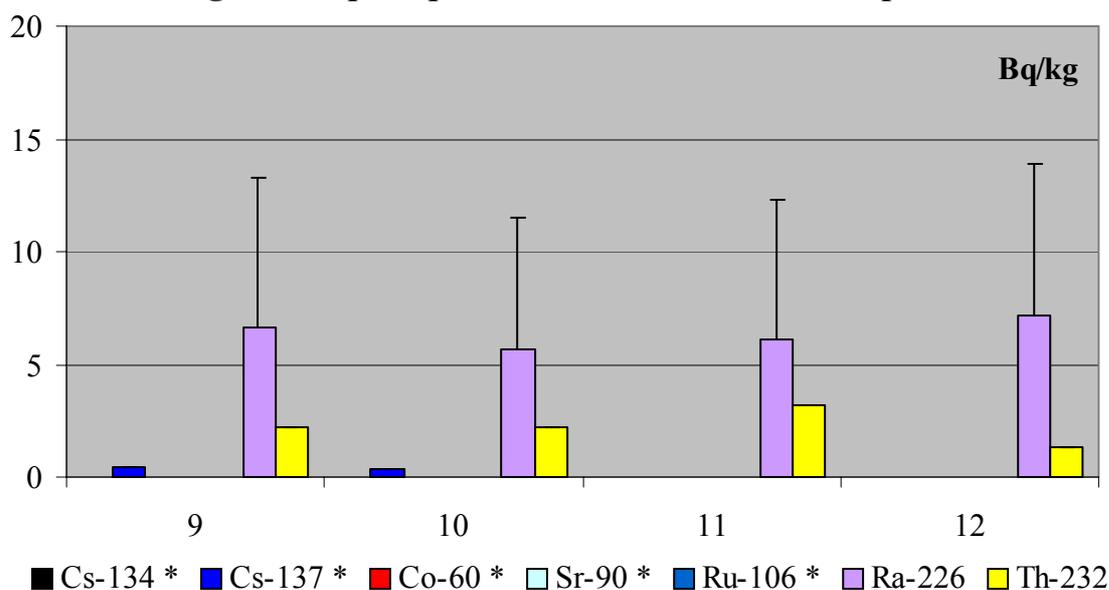


### Végétaux aquatiques de l'Escaut 1997 : Kloosterzande

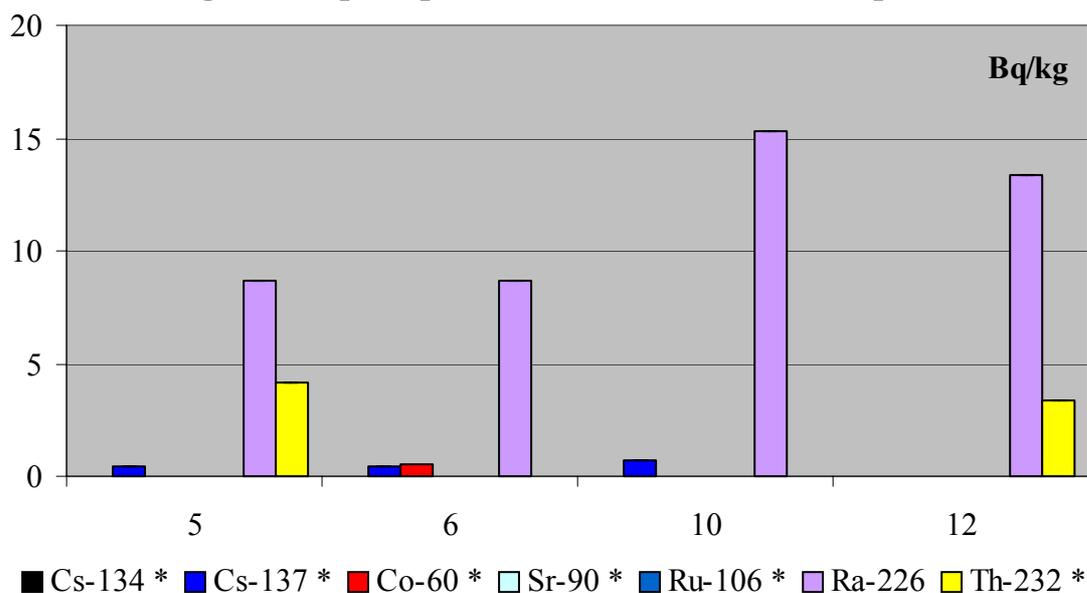


Ces zones de prélèvement sont en effet plus exposées aux apports de ce radioélément par les eaux de l'Escaut qui ont reçu celles provenant du bassin de la Nete.

### Végétaux aquatiques de l'Escaut 1996 : Hoofdplaat



### Végétaux aquatiques de l'Escaut 1997 : Hoofdplaat



En ce qui concerne le radium, les teneurs des algues des différents sites restent de l'ordre de celles mesurées depuis les années 1993. Cela confirme les observations faites sur les sédiments et les eaux de l'Escaut et de la Nete qui montrent que les teneurs en radium sont de l'ordre de celles enregistrées les années précédentes (on avait noté une diminution progressive de celles-ci de 1991 à 1995).

#### Conclusions :

L'analyse des résultats précédents montre clairement l'intérêt de maintenir la collecte de bioindicateurs de la radioactivité des eaux. Ces bioindicateurs pouvant révéler à court – moyen terme toute modification de la concentration en certains radioéléments dans les eaux.

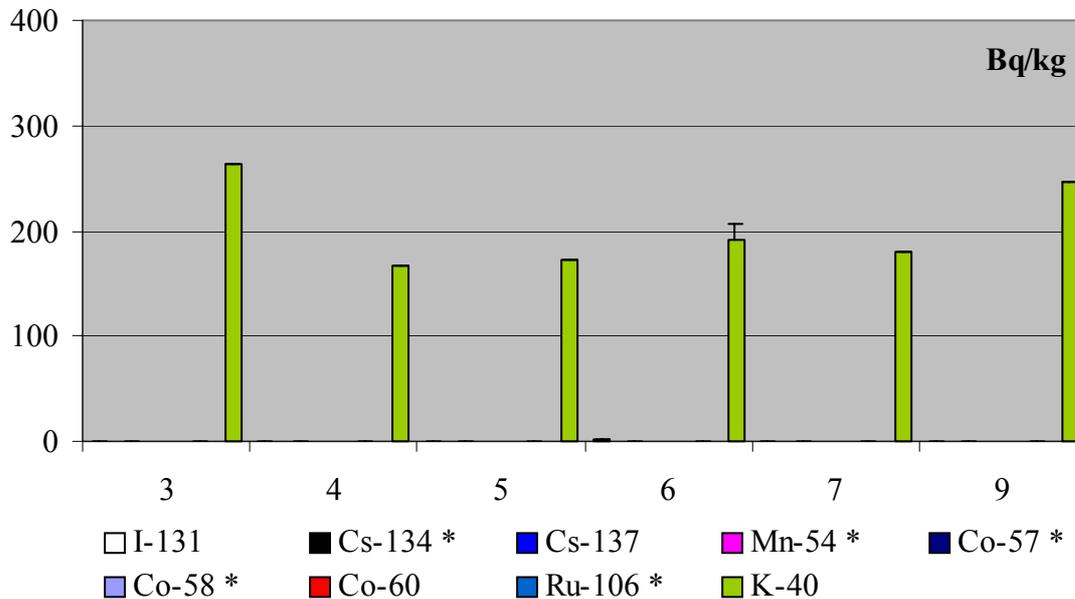
Ces observations complètent et affinent les données apportées par l'analyse des sédiments qui, bien qu'ils concentrent la radioactivité, intègrent à plus long terme une situation radiologique.

### 5.3.3. Faune et flore de la Mer du Nord

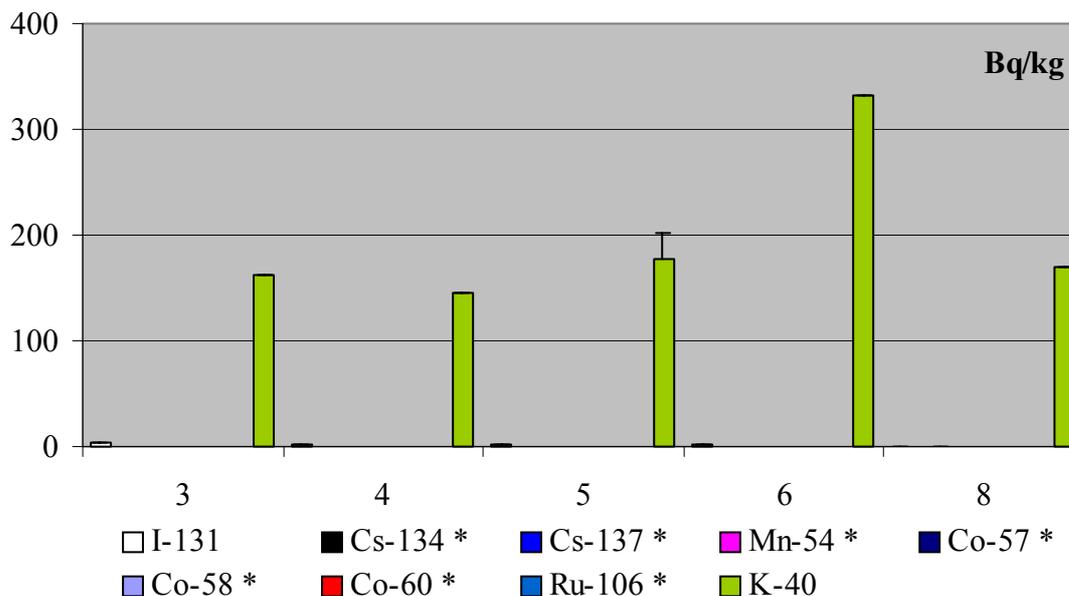
Les principaux radioéléments détectés dans les végétaux marins (*Fucus vesiculosus*) sont des éléments naturels : le potassium 40 ainsi que des éléments lourds comme les uraniums (234, 238) et thoriums.

Des traces de radioéléments artificiels sont néanmoins détectés : de l'iode 131 et du cobalt 60 (teneurs à peine supérieures aux limites de détection) ainsi que de l'uranium 235 et les plutoniums (au niveau des limites de détection). Ces traces de radioactivité artificielle proviennent de l'industrie nucléaire : centrales et certainement usines de retraitement de combustible nucléaire.

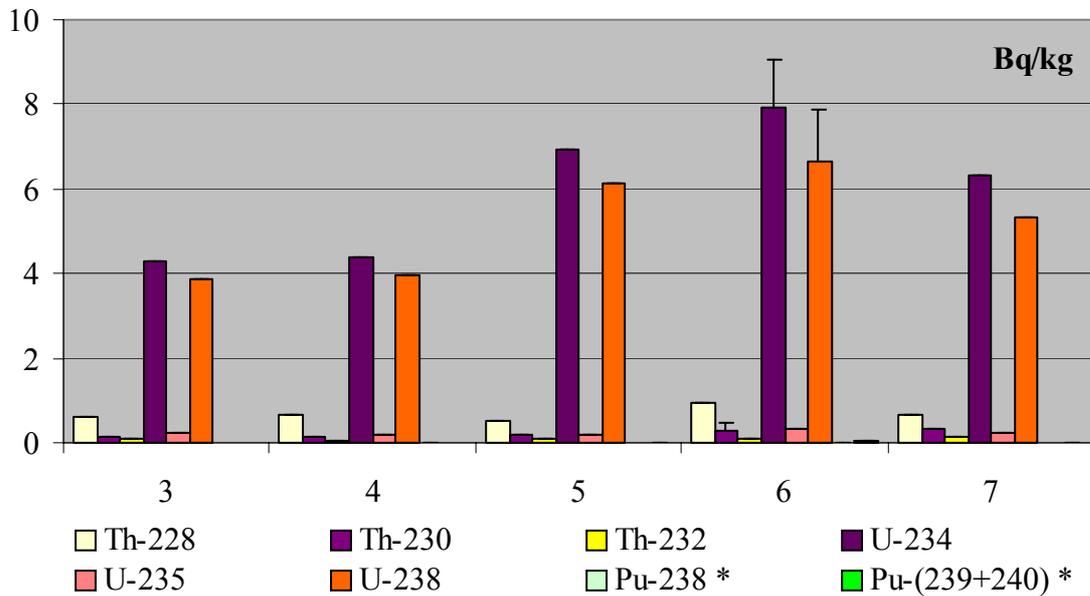
**Algues mer du Nord 1996 : émetteurs bêta-gamma**



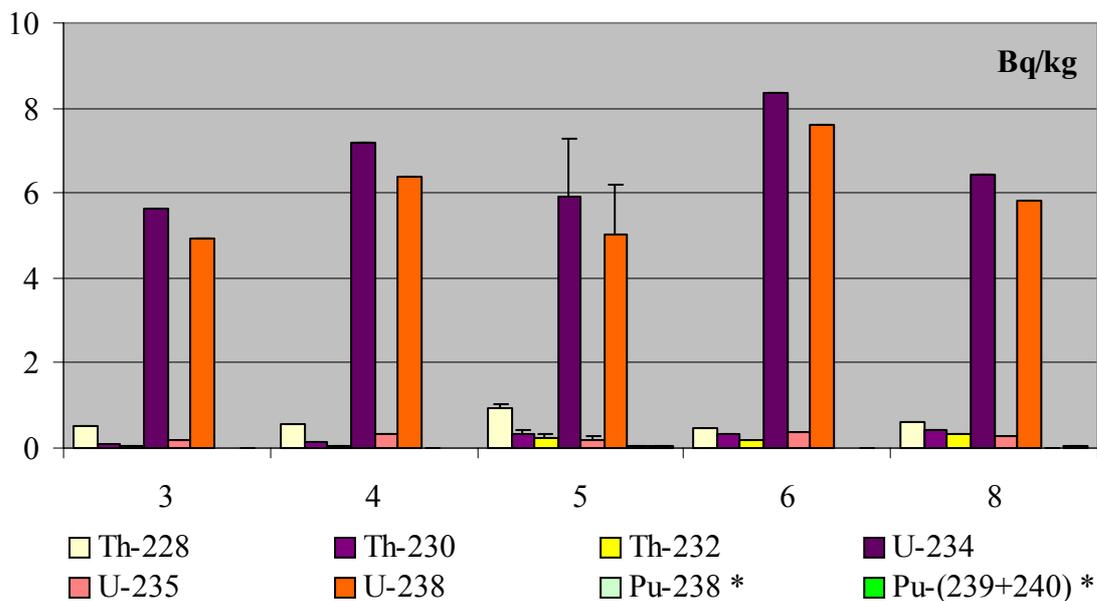
**Algues mer du Nord 1997 : émetteurs bêta-gamma**



### Algues mer du Nord 1996 : Actinides



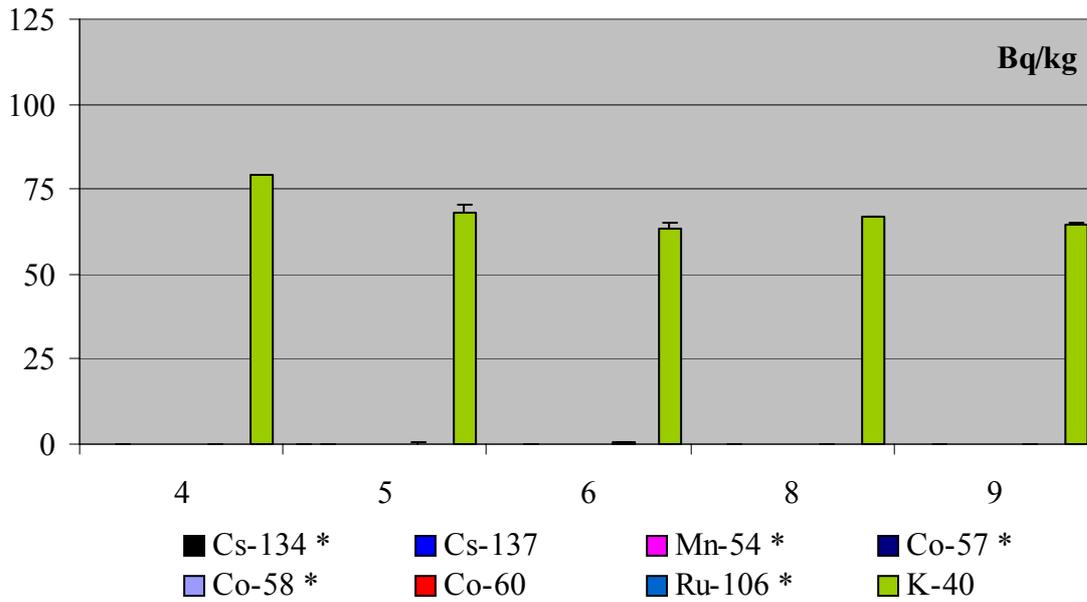
### Algues mer du Nord 1997 : Actinides



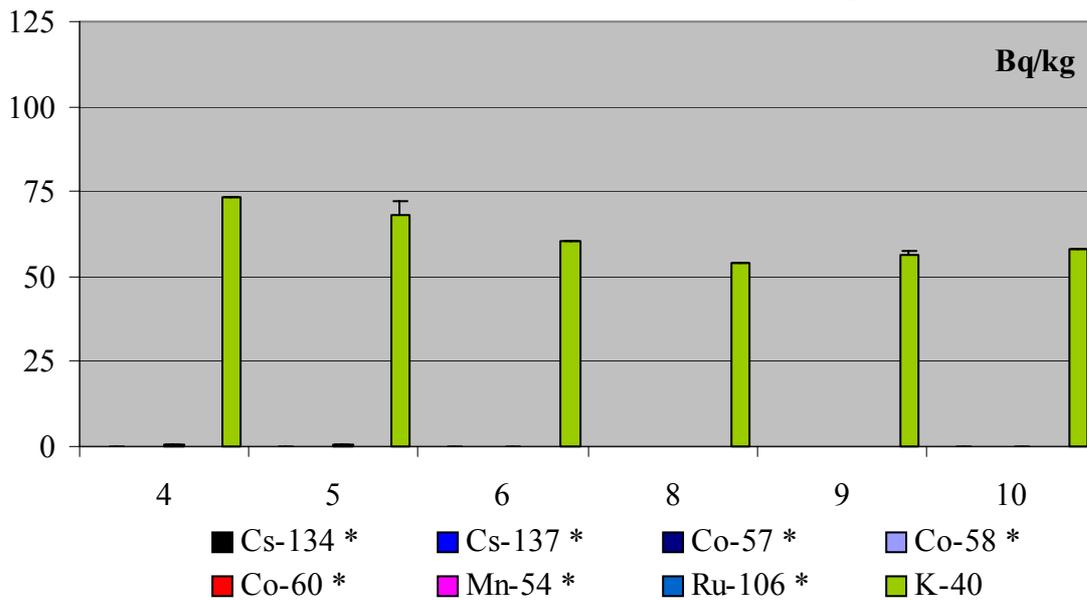
En ce qui concerne la faune marine (poissons), des campagnes de prélèvement sont effectuées par le Belgica au large de Nieuwpoort, Oostende et Zeebrugge (dans une bande d'environ 10 km). Les mollusques (moules *Mytilus edulis*) et les crustacés (crevettes) sont prélevés à Ostende.

Les moules présentent des traces de cobalt à peine supérieures aux limites de détection. Elles sont la signature d'activités industrielles nucléaires (centrales, retraitement de combustible).

### Moules mer du Nord 1996 : émetteurs bêta-gamma

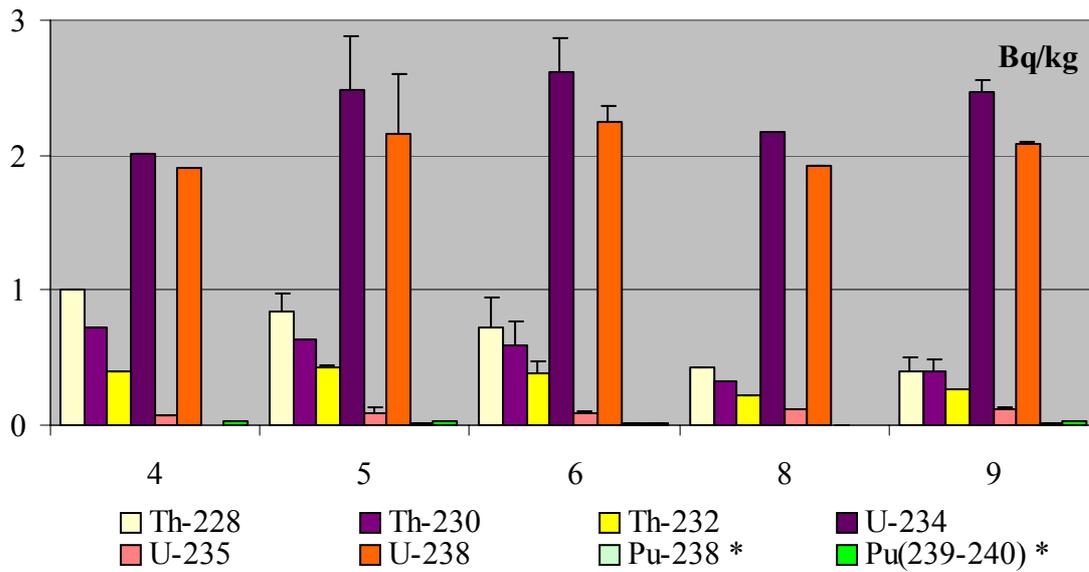


### Moules mer du Nord 1997 : émetteurs bêta-gamma

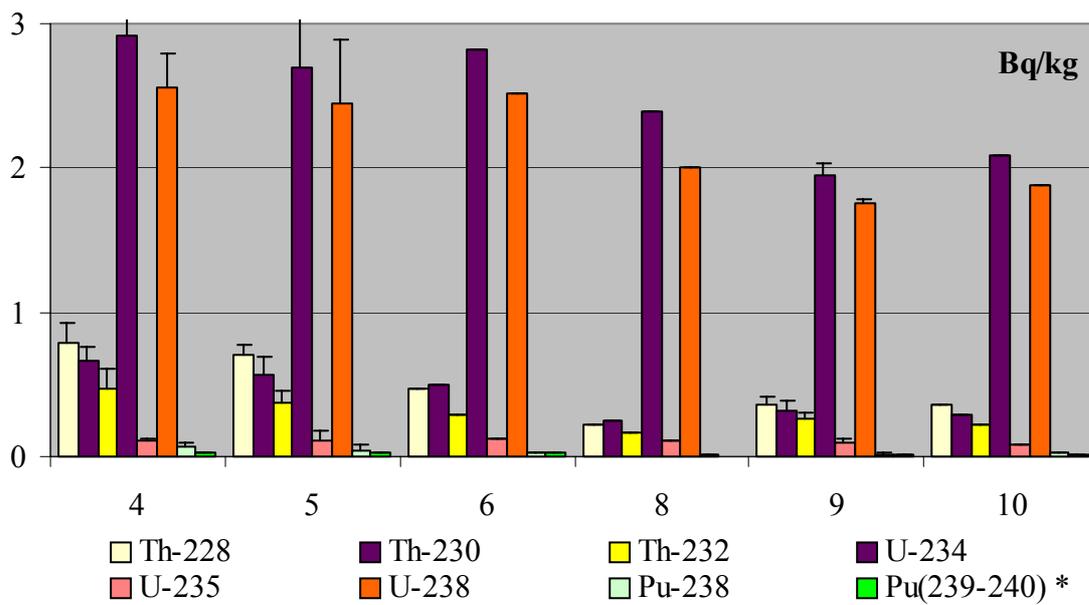


En ce qui concerne les éléments lourds, les moules révèlent la présence d'éléments naturels tels que les thoriums et uraniums. Des traces de plutonium sont mises en évidence, cette radioactivité artificielle provient du fonctionnement des centrales nucléaires et des usines de retraitement du combustible.

### Moules mer du Nord 1996 : Actinides

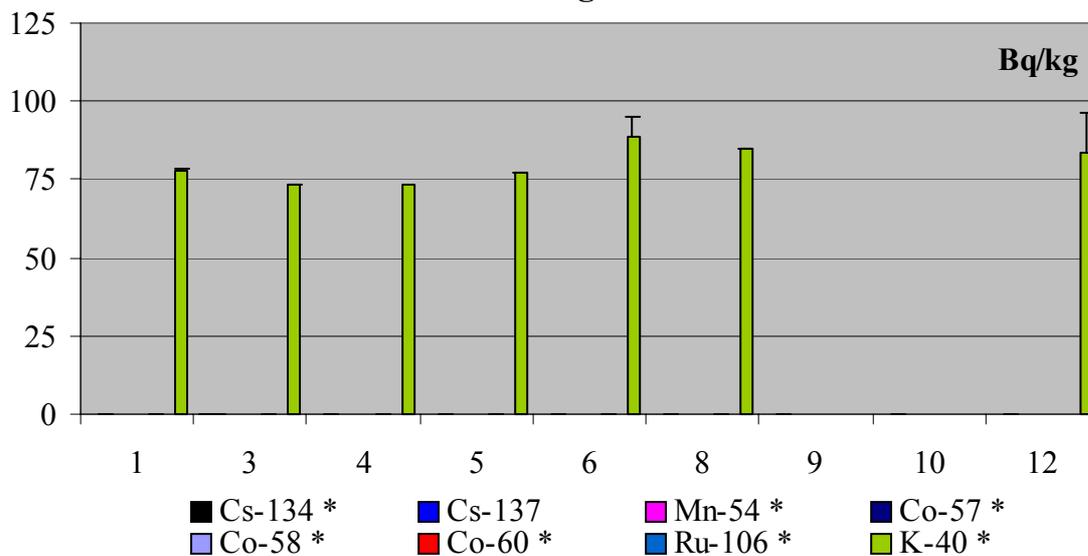


### Moules mer du Nord 1997 : Actinides

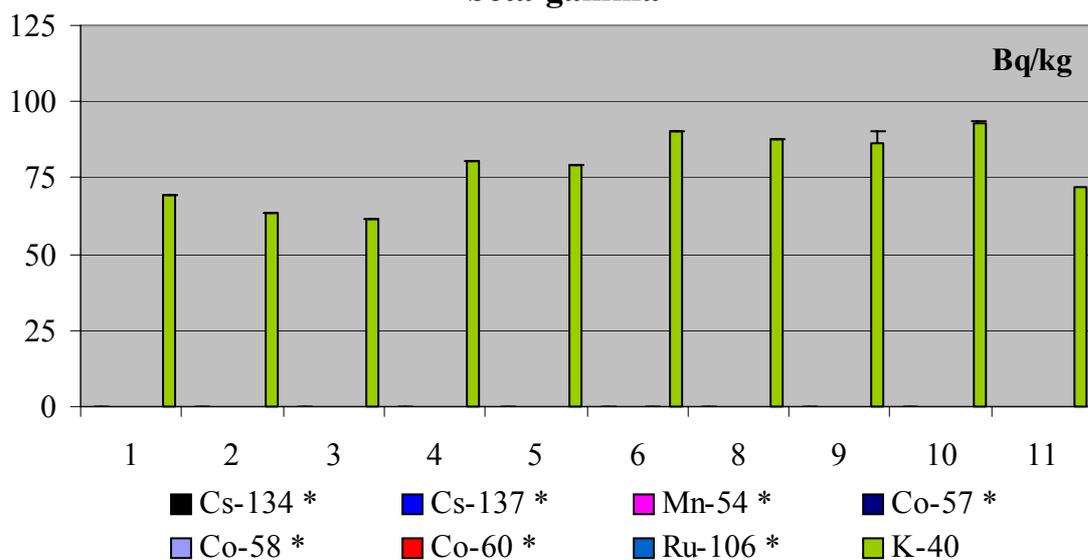


Les crustacés mesurés confirment ce constat. Seules des traces de plutonium sont parfois détectées.

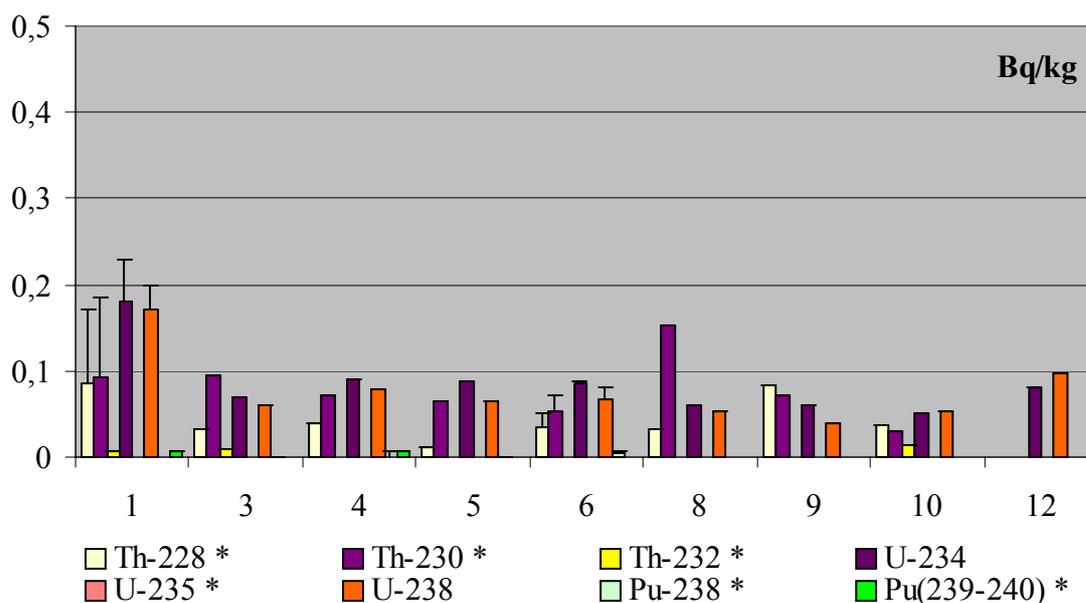
**Crevettes mer du Nord 1996 : émetteurs  
béta-gamma**



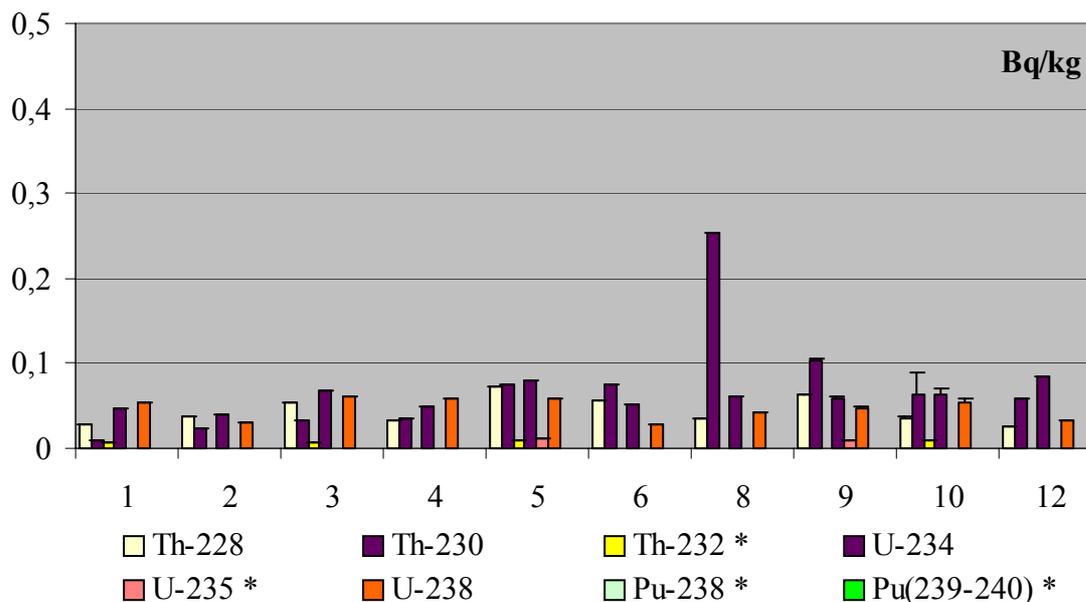
**Crevettes mer du Nord 1997 : émetteurs  
béta-gamma**



### Crevettes mer du Nord 1996 : Actinides

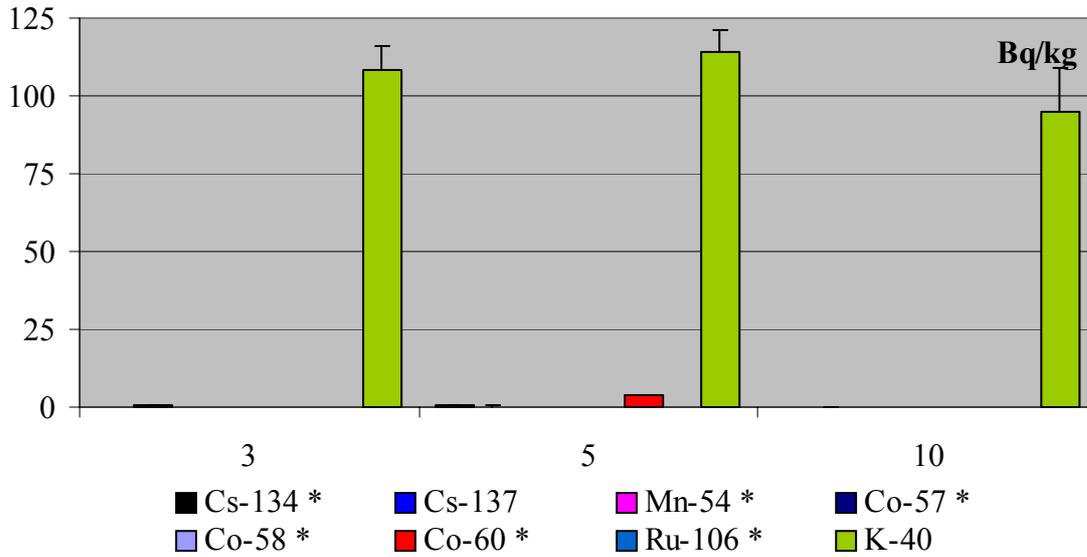


### Crevettes mer du Nord 1997 : Actinides

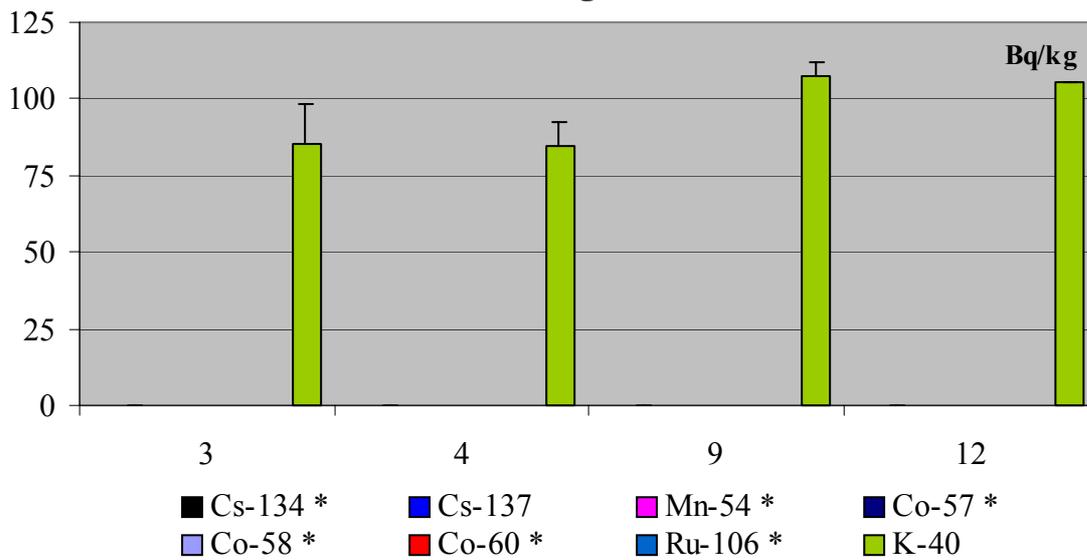


Quant aux poissons récoltés lors des campagnes du Belgica (essentiellement des poissons plats : soles, limandes, plies, etc.), ils présentent parfois des traces de cobalt et de plutonium. Les éléments naturels – potassium et thorium/uranium – sont toujours présents et aisément détectés.

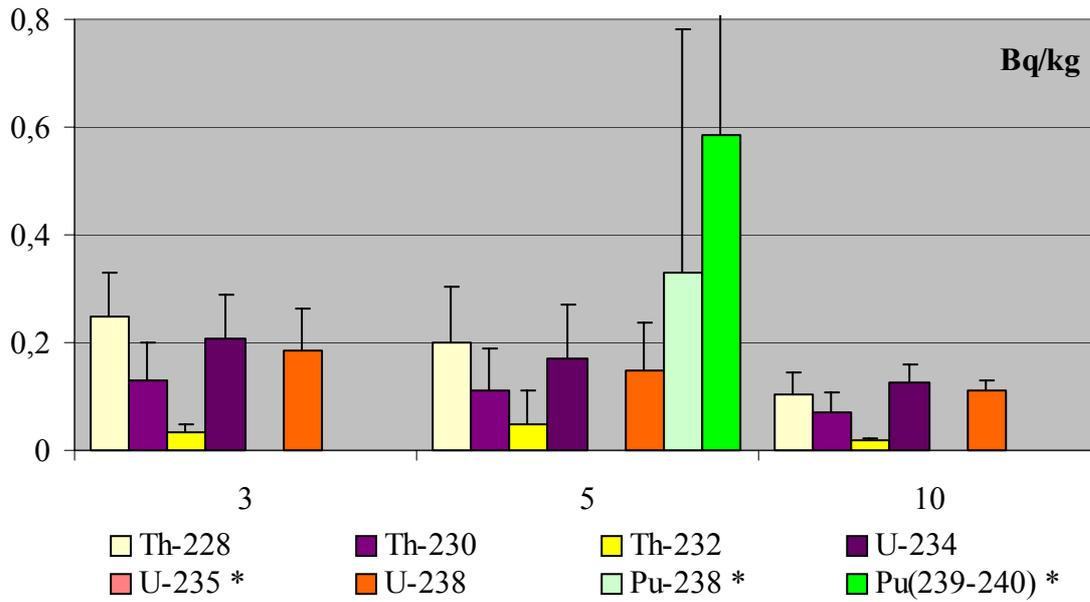
**Poissons plats mer du Nord 1996 : émetteurs  
béta-gamma**



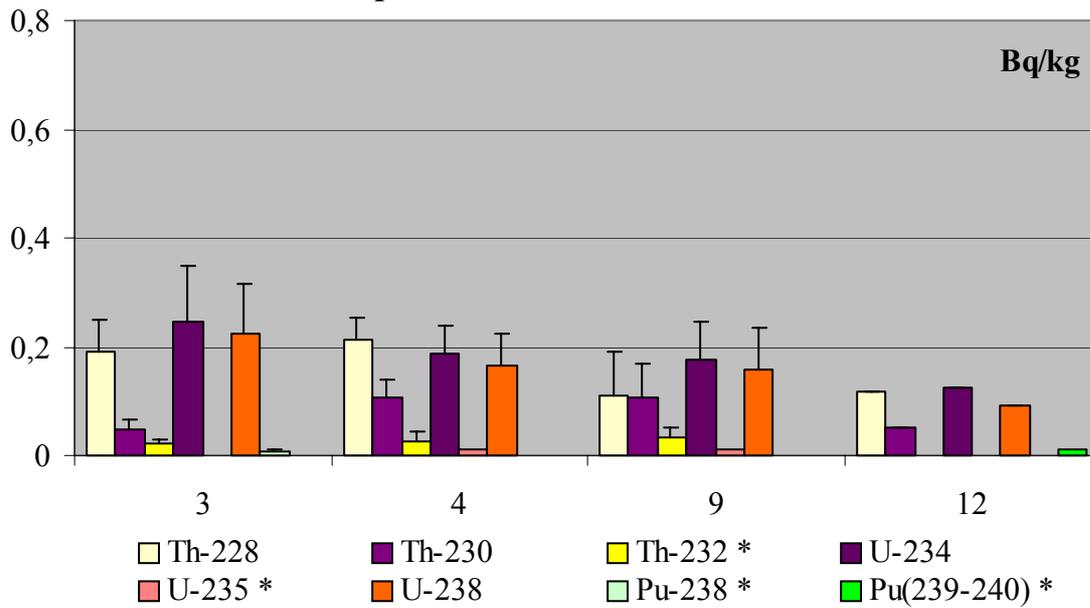
**Poissons plats mer du Nord 1997 : émetteurs  
béta-gamma**



### Poissons plats mer du Nord 1996 : Actinides



### Poissons plats mer du Nord 1997 : Actinides



### Conclusions :

Pas de problèmes radiologiques particuliers à noter. Les teneurs en radioéléments artificiels étant très en deçà de celles des éléments naturels tels que le potassium 40 et les thorium et uranium.

## 6. RADIOACTIVITE DE LA CHAINE ALIMENTAIRE

Depuis le début des années 60, l'I.S.P.L.P. (alors l'I.H.E.) a entrepris une étude de la radiocontamination de la chaîne alimentaire. Pour ce faire, des échantillons de lait, de viandes, de poissons de mer et de rivière ainsi que de légumes, sont collectés mensuellement dans le commerce. Ces échantillons sont ensuite analysés et leur teneur en radionucléides est déterminée.

La radiocontamination des denrées alimentaires provient principalement de la présence de produits de fission à longue durée de vie tels que le  $^{90}\text{Sr}$  et le  $^{137}\text{Cs}$  qui résultent essentiellement des essais nucléaires ayant eu lieu dans l'atmosphère dans les années 1960.

Dans le cas d'un éventuel accident (comme celui de Tchernobyl), une augmentation de la radiocontamination sera surtout provoquée par la présence de  $^{137}\text{Cs}$ , de  $^{134}\text{Cs}$ , de  $^{90}\text{Sr}$ , éventuellement de  $^{103,106}\text{Ru}$ , etc.

Ce programme de contrôle met en évidence, après plusieurs années d'observations, le fait que l'influence des installations nucléaires n'est guère perceptible sur les mesures de la radioactivité des denrées alimentaires.

### 6.1. Les EAUX de BOISSON

Ces eaux font l'objet d'une surveillance attentive en raison du rôle important qu'elles peuvent jouer dans le transfert de la radioactivité vers l'homme.

Le contrôle de la qualité des eaux de distribution est effectué sur différentes communes belges. La distribution de l'eau relève du ressort de plusieurs compagnies et d'un grand nombre de petites intercommunales.

On y mesure la radioactivité bêta-totale, alpha-totale, le radium 226, le potassium 40 (naturel) et le tritium. Seul ce dernier peut-être détecté, les mesures restent à peine supérieures aux seuils de détection des appareils de mesure quant elles sont significatives.

Jusqu'en 1998 il n'y avait pas de normes radioactivité européennes pour les eaux de boisson où le principe "ALARA" – As Low As Reasonably Achievable c.-à-d. aussi bas que raisonnablement réalisable – était d'application. Une recommandation de l'O.M.S. fixait néanmoins les niveaux suivants :

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

Depuis novembre 1998, les Communautés européennes ont arrêté une directive portant la référence *98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine*. Cette directive traite des aspects microbiologiques, chimiques et radioactifs. En ce qui concerne ce dernier point, les annexes techniques précisant les analyses à effectuer ainsi que les modalités d'application de la directive sont encore en cours de finalisation.

Par contre, la directive précise deux valeurs paramétriques à respecter : *100 Bq/litre en tritium* (H-3) et une *dose totale indicative annuelle de 0,1 mSv* (cette dose ne tient pas compte dans son calcul de la contribution du tritium, du potassium 40, du radon et de ses produits de filiation).

En ce qui concerne la nécessité ou non de calculer la dose totale indicative, on s'oriente dans les annexes techniques vers deux approches basées sur des valeurs "screening". Les états membres pourront opter pour l'une ou l'autre en fonction de leurs habitudes et préférences en matière de surveillance radiologique de l'environnement et des populations.

Ces valeurs screening permettront par contre de faciliter le contrôle des eaux et de ne pas multiplier inutilement des analyses coûteuses tout en s'assurant que les eaux distribuées répondent bien aux normes. Dans les deux cas la valeur paramétrique de 100 Bq/litre pour le tritium sert aussi de valeur screening.

La première approche, dite "*globale*", repose sur une évaluation de la radioactivité globale naturelle et artificielle avec des valeurs screening de 0,1 Bq/litre en alpha totaux et de 1 Bq/litre en bêta totaux. Ces valeurs permettront d'effectuer un "tri" rapide des eaux. En cas de dépassement de ces teneurs, il conviendra alors de vérifier si la radioactivité naturelle n'est pas responsable des niveaux mesurés et dans le cas contraire il faudra alors analyser un maximum de radioéléments (spectrométries gamma, bêta et alpha) et calculer la dose totale indicative pour la comparer à la valeur paramétrique de 0,1 mSv/an.

La deuxième approche, dite "*d'analyses spécifiques de radionucléides*", repose sur la mesure d'un certain nombre de radioéléments (Uranium, en  $\beta$  : C-14 et Sr-90, en  $\alpha$  : Pu-239 et Am-241, en  $\gamma$  : Co-60, Cs-134/137 et I-131) dont les teneurs doivent être inférieures à des concentrations de référence.

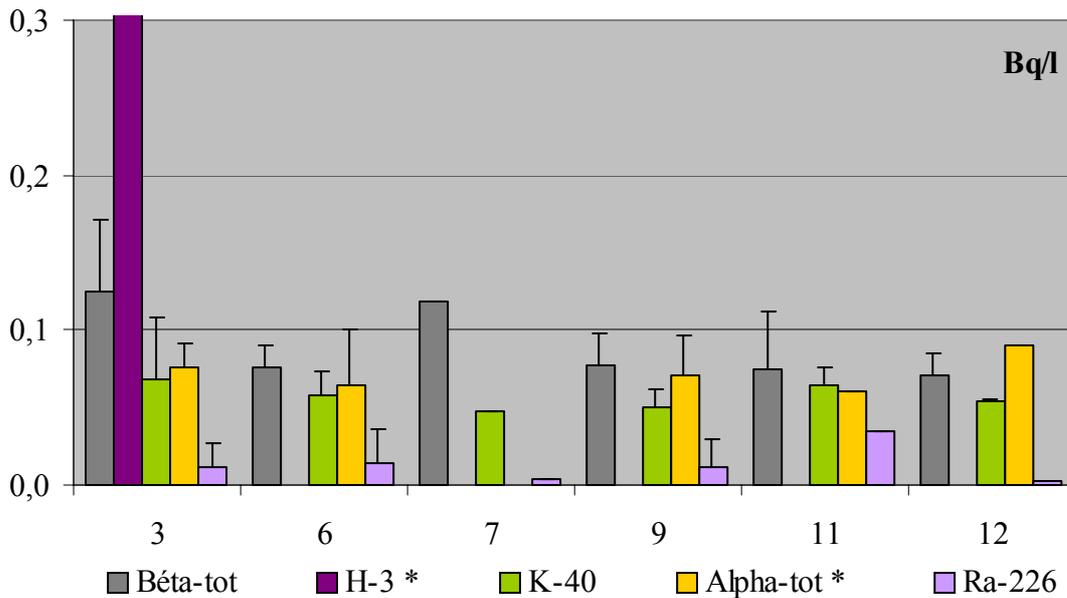
En cas de dépassement de l'une ou l'autre valeurs screening ou de concentrations de référence, des analyses complètes en  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  devront être effectuées afin de calculer la dose totale indicative en se servant des facteurs de conversion qui figurent dans les "Basic Safety Standards" de la Directive 96/29/EURATOM (pour une ingestion annuelle de 250 litres pour les enfants de moins de 1 an, 350 litres pour les 1 à 10 ans et de 730 litres pour les adultes ou plus de 10 ans).

La Belgique qui compte des centaines de points de captages, notamment en Wallonie dans de petites collectivités, va devoir mettre en place un plan général de contrôle de ses eaux de manière à pouvoir appliquer et respecter cette nouvelle directive. Le programme de surveillance radiologique du territoire contrôle déjà les plus gros distributeurs d'eau potable.

La **CIBE** alimente une partie importante de la population belge avec, entre autres, les agglomérations de Bruxelles et d'Anvers. Quatre points de contrôle (nappes phréatiques) ont été retenus : Modave (Modave), Crupet (Assesse), Vedrin (Namur), Braine-l'Alleud (Braine-l'Alleud).

En 1996 :

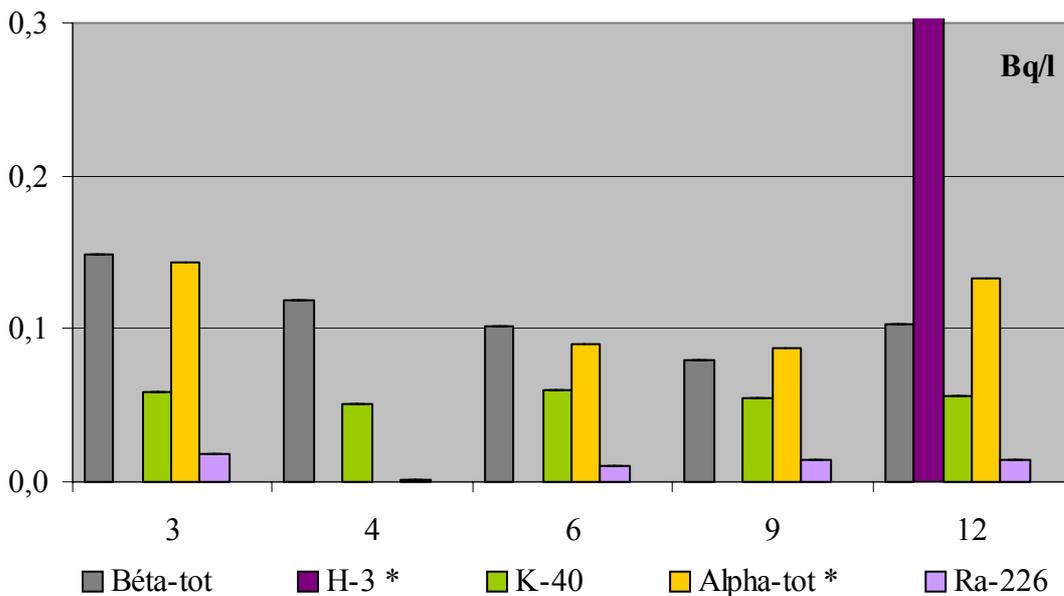
### Eaux de Boisson 1996 : C.I.B.E.



L'analyse fine des résultats montre que si en général ces eaux répondent aux normes européennes, le captage de Namur peut poser problèmes. En effet, les teneurs en alpha totaux s'approchent de la valeur screening de 0,1 Bq/litre. Cette situation est expliquée par des teneurs plus élevées en Ra-226 (naturel) qui fluctuent de 0,03 à 0,04 Bq/litre, donc inférieures à 20% de la valeur de concentration référence fixée à 0,5 Bq/l, soit 0,1 Bq/l. Il convient donc de surveiller plus particulièrement ce captage. On détecte également des traces de tritium à Modave : 7 Bq/litre (limite de détection : 5,6 Bq/litre).

En 1997 :

### Eaux de Boisson 1997 : C.I.B.E.

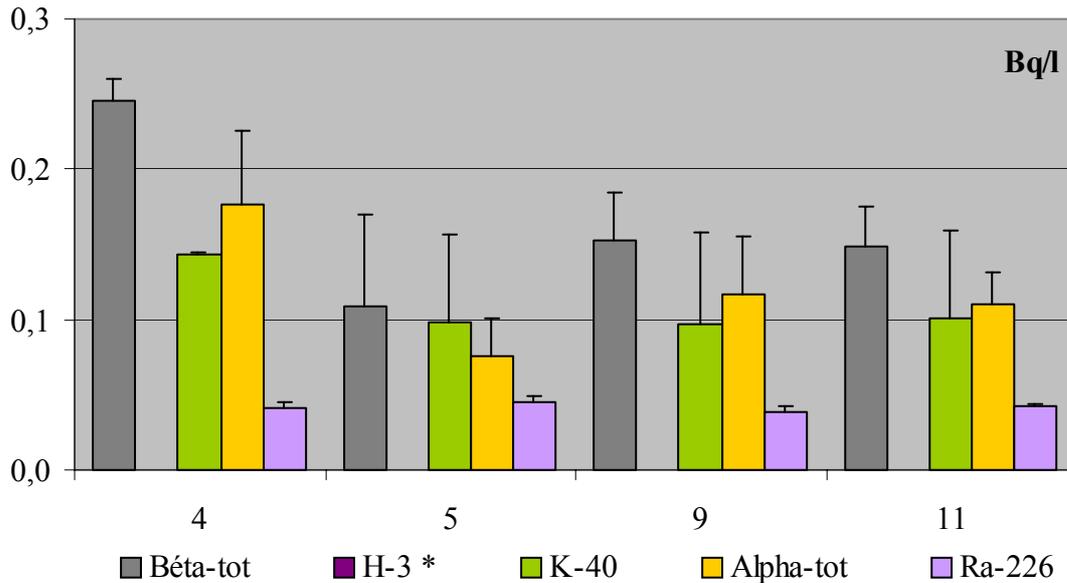


La problématique du captage de Namur se retrouve en 1997 avec cette fois des teneurs en alpha totaux supérieures à la valeur screening de 0,1 Bq/l (les teneurs en Ra-226 restant de

l'ordre de 0,04 Bq/l). Pour ce captage il conviendrait d'effectuer des analyses complètes (spectrométries alpha, bêta et gamma), de calculer la dose totale indicative et de la comparer avec la valeur paramétrique de 0,1 mSv/an. Des traces de tritium sont détectées à Modave, Assesse et Braine-l'Alleud.

La **TMVW**, avec deux points de contrôle (nappes phréatiques) retenus – Hautrage (St Ghislain) et Blicquy (Leuze-en-Hainaut-Beloeil), distribue des eaux dont la qualité radiologique est voisine.

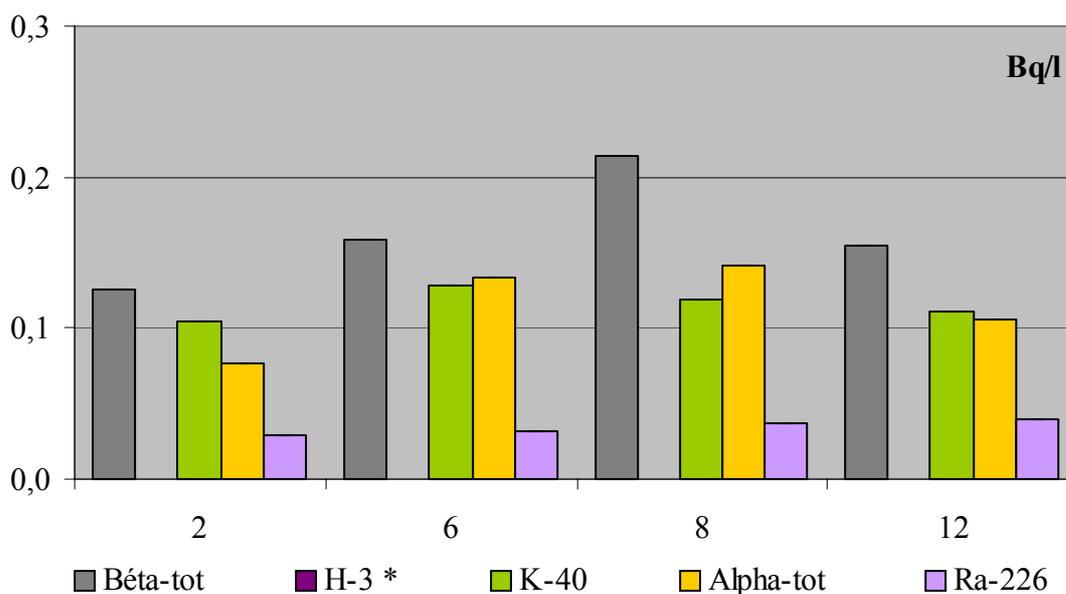
### Eaux de Boisson 1996 : T.M.V.W.



Le captage de St Ghislain pose quelques problèmes en 1996 car les teneurs en alpha totaux dépassent la valeur screening de 0,1 Bq/litre et à ce titre devront être analysées plus en détail à l'avenir : spectrométries complètes et calcul de la dose totale indicative.

En 1997 :

## Eaux de Boisson 1997 : T.M.V.W.



Les captages de St Ghislain et dans une moindre mesure de Leuze-en-Hainaut-Belœil posent à nouveau problème : les teneurs en alpha totaux dépassent toujours les 0,1 Bq/litre. Elles sont expliquées en partie par la présence de radium-226 (entre 0,03 et 0,05 Bq/l).

Il sera donc nécessaire ici aussi d'effectuer à l'avenir des analyses plus approfondies si cette situation perdure. Le calcul de la dose totale indicative devra également être réalisé.

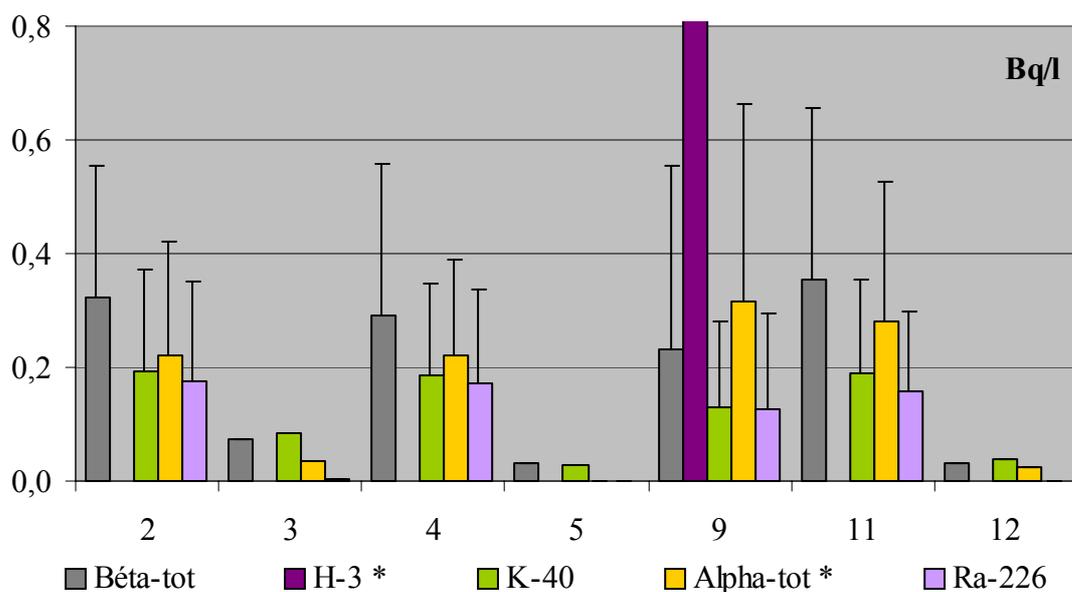
La **SWDE**, avec trois points de distribution (nappes phréatiques) contrôlés - Neufvilles (Soignies), St Léger (St Léger) et Yves-Gomezée (Walcourt) - distribue également des eaux qui posent parfois un problème vis-à-vis des teneurs en alpha totaux .

En effet, que ce soit en 1996 ou en 1997, les eaux des captages de St Léger et dans une moindre mesure de celui de Soignies dépassent la valeur screening de 0,1 Bq/l en  $\alpha$  totaux : elles ont pour St Léger des teneurs qui fluctuent de 0,3 à 0,5-0,6 Bq/l.

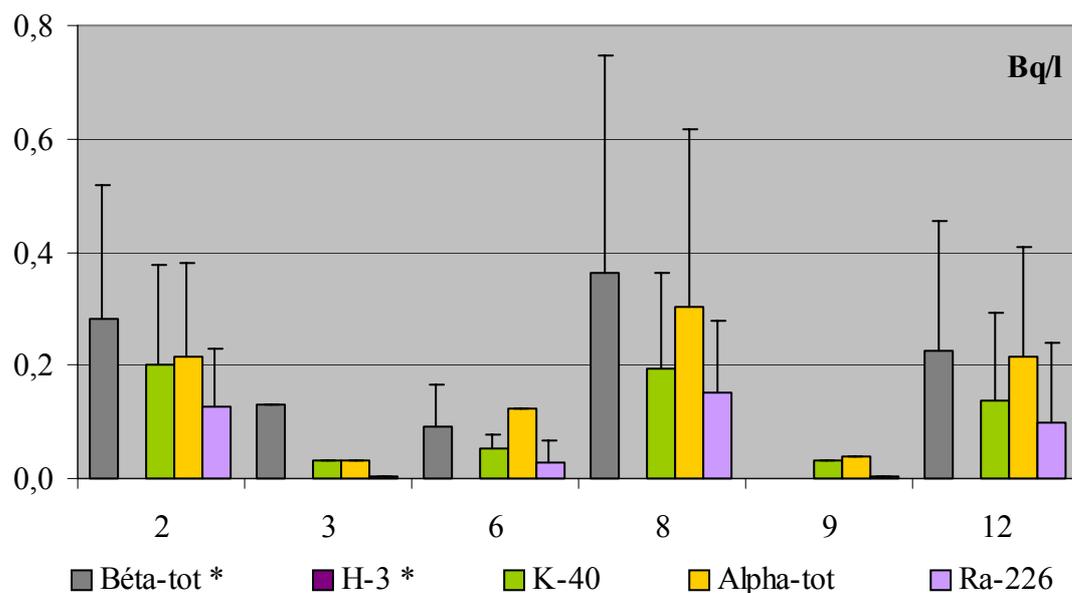
Ces teneurs sont comme précédemment expliquées en partie par la présence de radium 226 dont les teneurs dépassent souvent 0,1 Bq/l, c-à-d. 20% de la valeur de concentration référence pour cet élément. Remarque : le tritium quand il est détectable est présent à des niveaux de concentration faibles, de l'ordre de 5-6 Bq/litre.

Il sera nécessaire à l'avenir de contrôler en détail ces captages afin de pouvoir calculer la dose totale indicative.

### Eaux de Boisson 1996 : S.W.D.E.



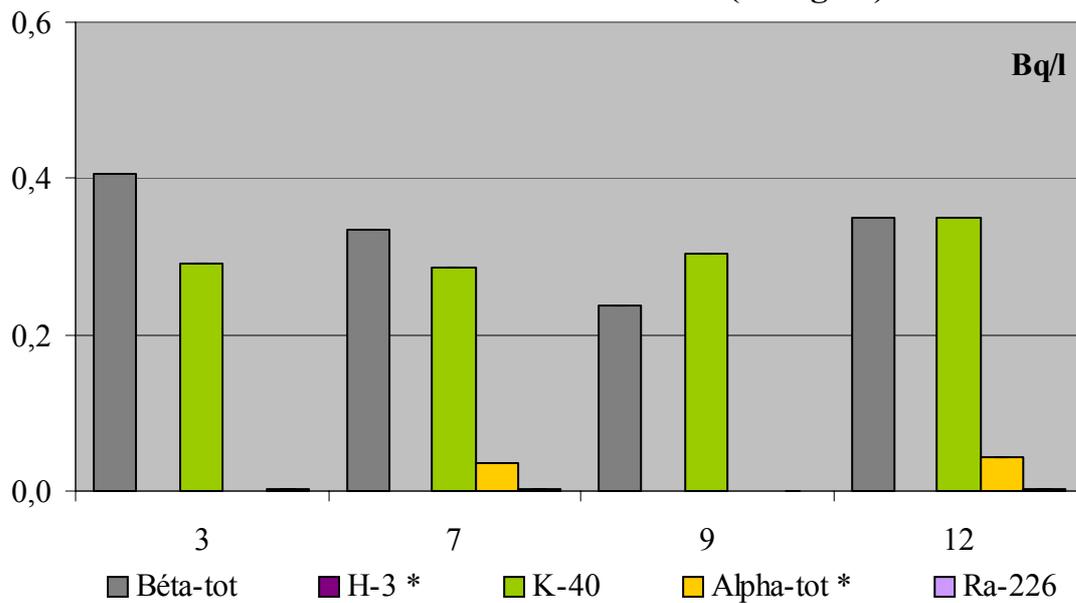
### Eaux de Boisson 1997 : S.W.D.E.



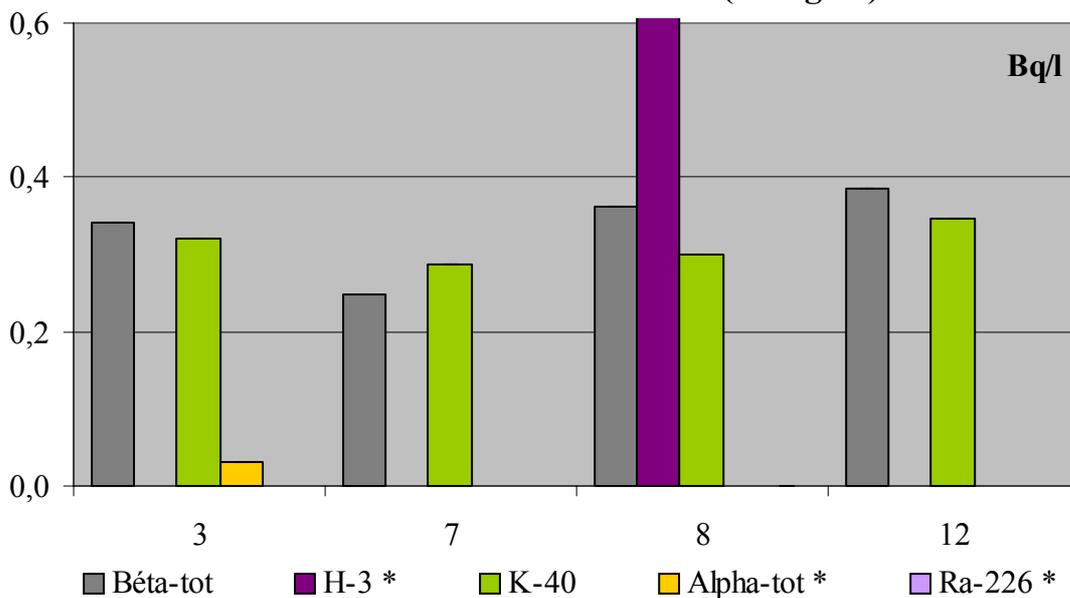
En ce qui concerne la **VMW** – un point de contrôle (nappe phréatique) situé à Kluizen (Evergem) est pris en compte.

Ces eaux répondent sans problème à la directive eau potable de la Commission européenne. En août 1997, on détecte un peu de tritium (5 Bq/l) dont la teneur est à peine supérieure au seuil de détection pour cet élément (3,9 Bq/l).

### Eaux de Boisson 1996 : V.M.W. (Evergem)



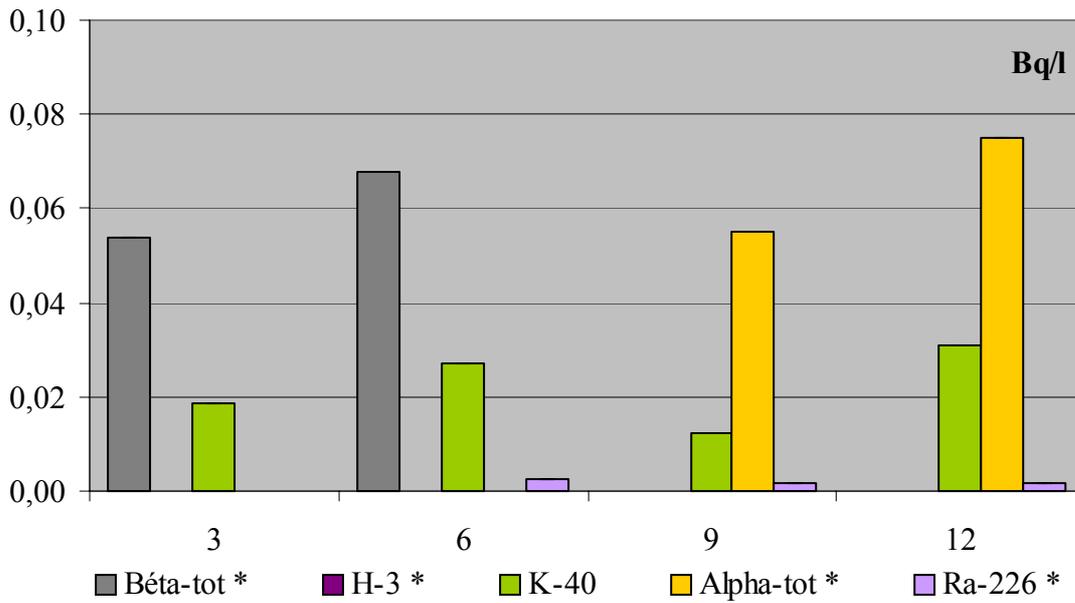
### Eaux de Boisson 1997 : V.M.W. (Evergem)



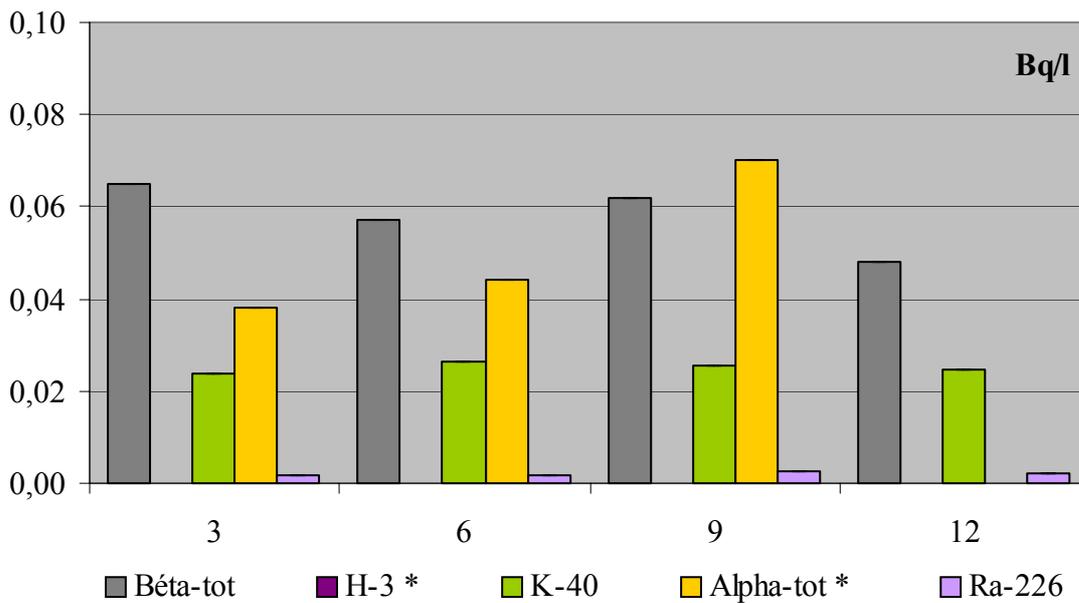
En ce qui concerne l'**Intercommunale de Liège**, deux points sont contrôlés (nappes phréatiques) : Ocquier (Clavier) et Hollogne (Grâce-Hollogne-Liège).

Pour Clavier, globalement pas de problèmes que ce soit en 1996 ou en 1997. Par contre, il convient de surveiller les teneurs en alpha totaux qui sont proches de la valeur "screening" fixée à 0,1 Bq/litre.

### Eaux de Boisson 1996 : Clavier

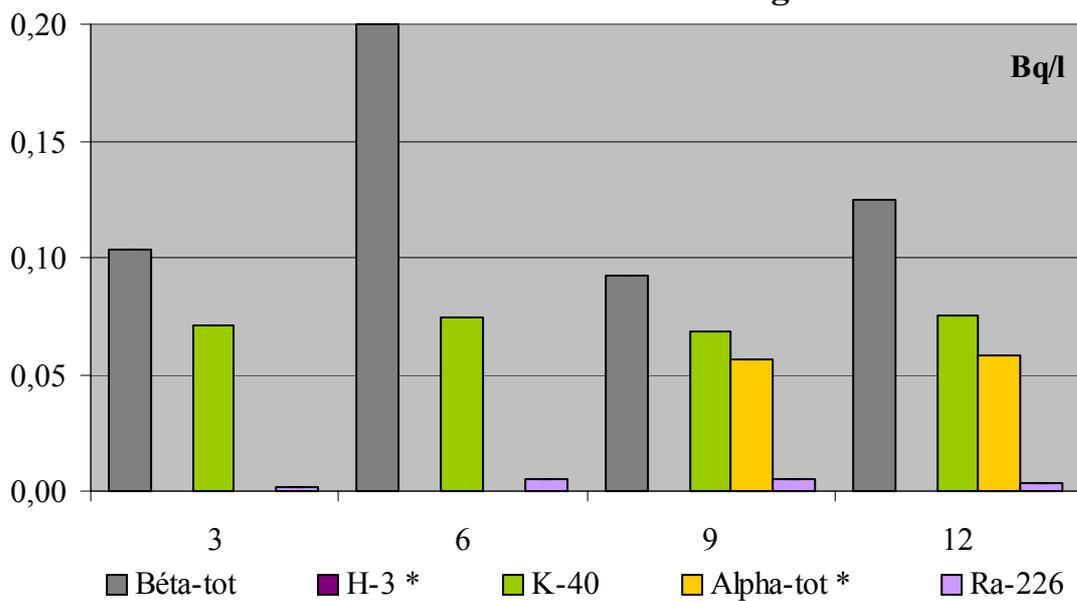


### Eaux de Boisson 1997 : Clavier

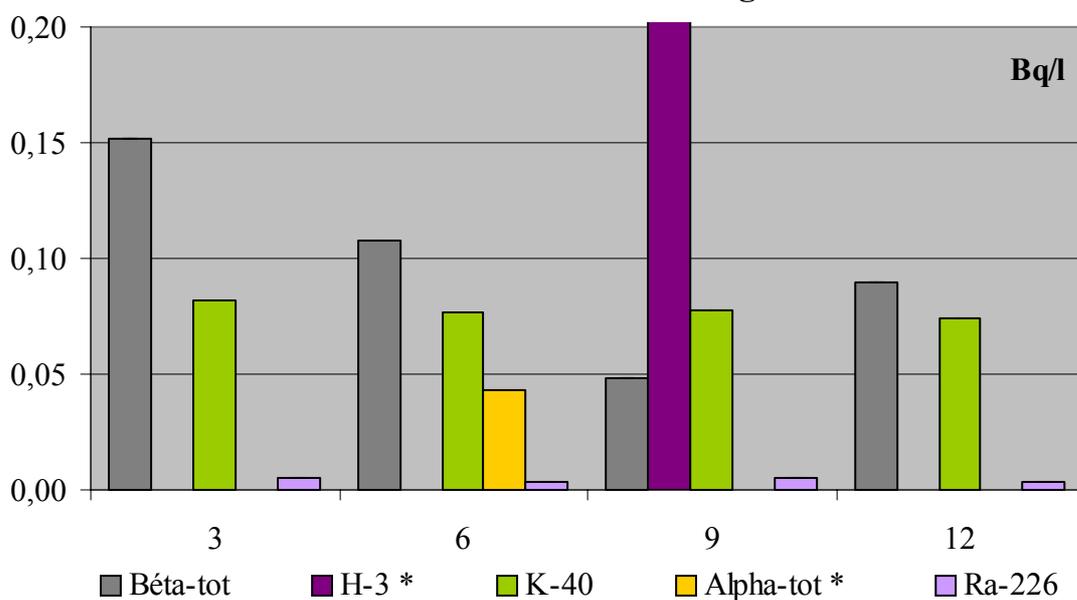


Pour le captage de Grâce-Hollogne-Liège, on ne décèle globalement pas de problèmes que ce soit en 1996 ou en 1997. On note en septembre 1997 une valeur en tritium supérieure à la limite de détection des appareils de mesure : 5 Bq/litre (valeur de la limite de détection : 3,9 Bq/litre).

### Eaux de Boisson 1996 : Liège

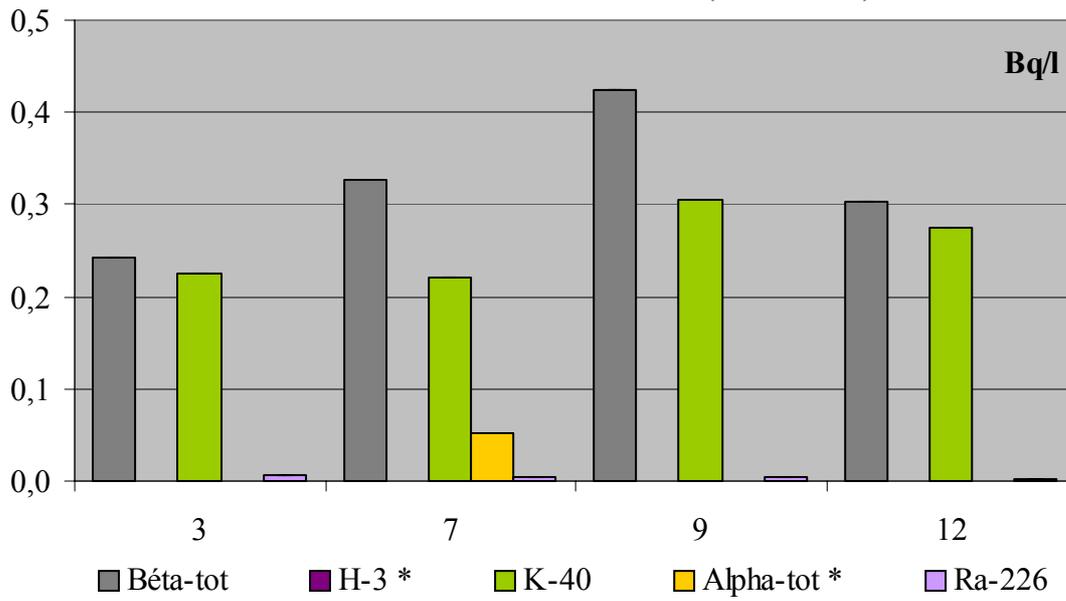


### Eaux de Boisson 1997 : Liège

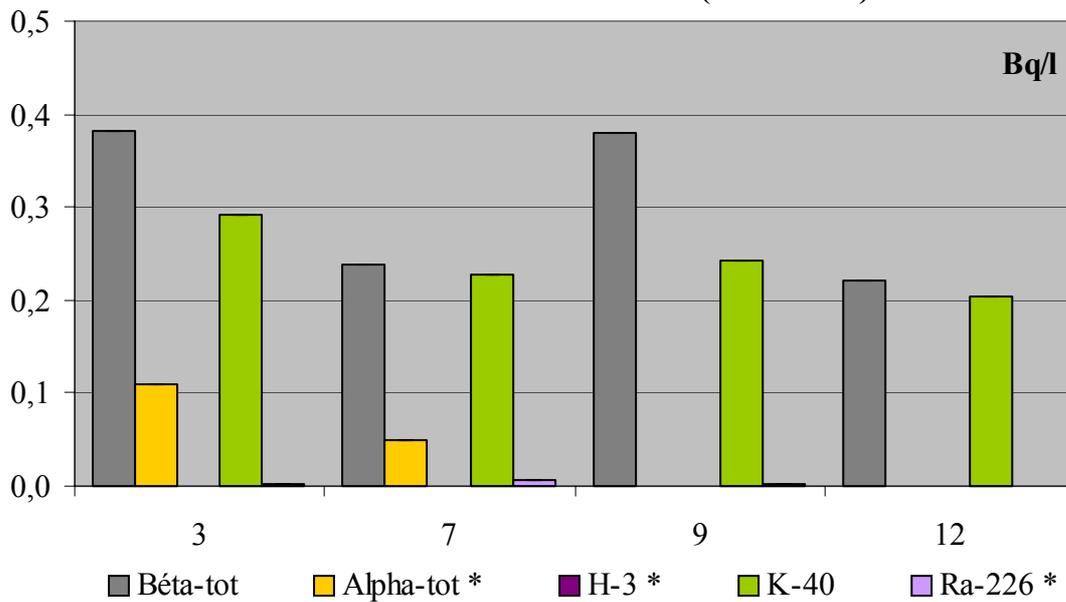


Même constat en ce qui concerne les eaux distribuées sur la côte belge à Adinkerke (La Panne) par l'IWVA et à Oostduinkerke (Koksijde).

### Eaux de Boisson 1996 : IWVA (De Panne)

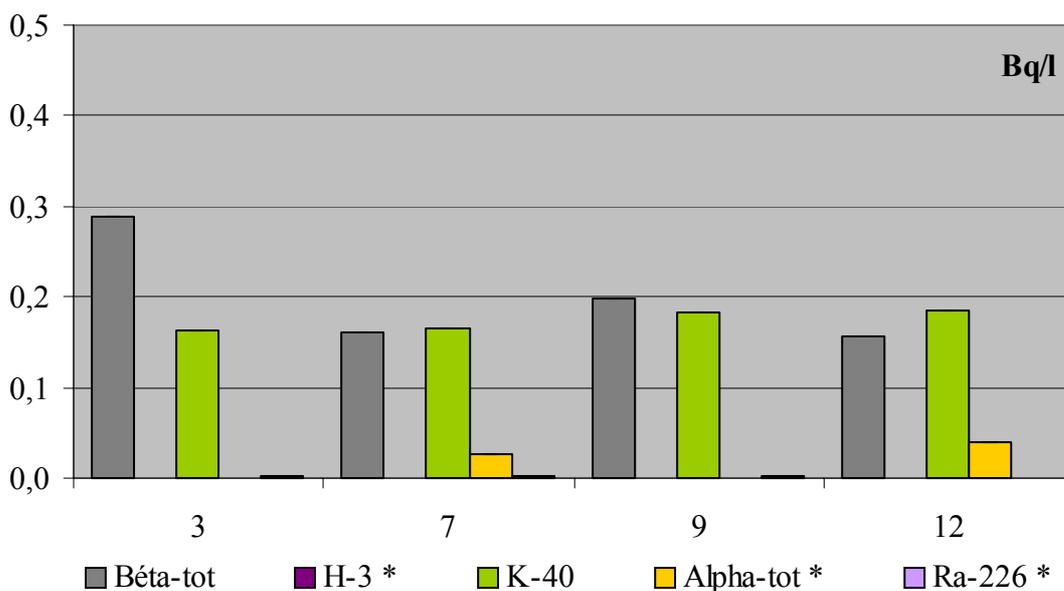


### Eaux de Boisson 1997 : IWVA (De Panne)

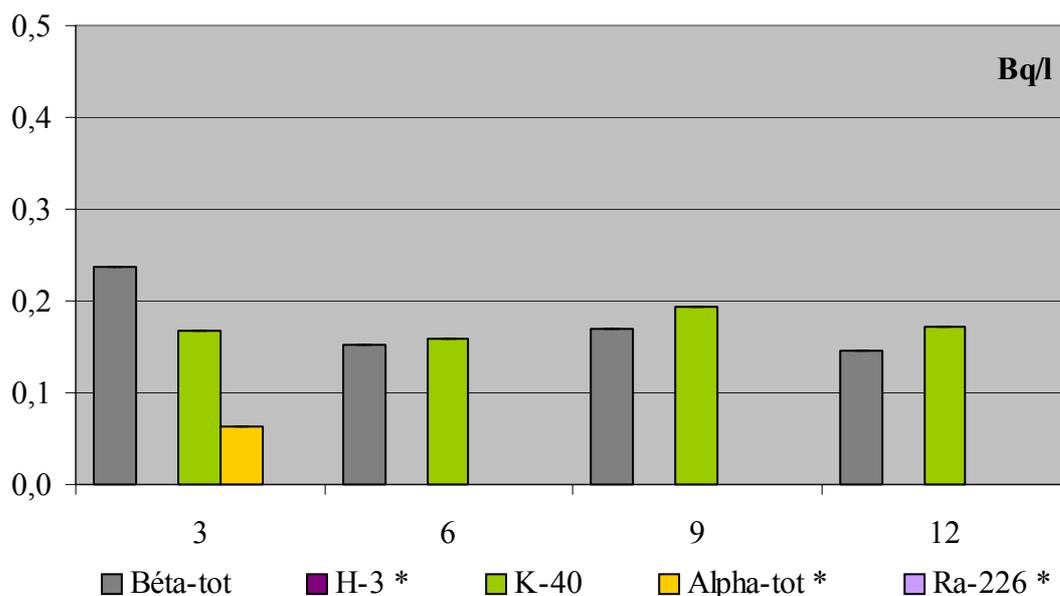


Pour le captage de Koksijde :

### Eaux de Boisson 1996 : Koksijde



### Eaux de Boisson 1997 : Koksijde



### Conclusions :

L'impact radiologique de l'industrie nucléaire est négligeable car très largement inférieur aux nouvelles normes mises en place par la directive européenne sur les eaux de boisson.

Il faut noter que la majeure partie de la radioactivité bêta est expliquée par la présence de potassium 40, radioélément naturel dont la contribution ne doit pas être prise en compte pour le calcul de la dose délivrée à l'homme.

Certaines eaux doivent être suivies en regard de leur teneur en émetteurs alpha, souvent expliquée par la présence de radium 226 – naturel. En effet, la valeur "screening" servant de

mise en alerte est parfois atteinte et de ce fait des analyses plus approfondies devront être menées pour pouvoir calculer la dose totale indicative.

## 6.2. LAIT

Le lait est à la fois un aliment de grande consommation et un important indicateur biologique du transfert des radionucléides chez l'homme via la chaîne alimentaire. C'est pourquoi il fait l'objet d'une surveillance régulière.

Un contrôle régulier de la radiocontamination du lait provenant de laiteries est préférable à un échantillonnage, trop aléatoire, des aliments consommés. En effet, cette mesure reflète assez bien l'ingestion totale moyenne de radionucléides artificiels par la population.

En routine, la détection du  $^{137}\text{Cs}$  présent dans un mélange de lait pondéré peut être suffisant afin de calculer le débit de dose efficace dû à l'alimentation. On collecte, néanmoins, aussi du lait de fermes et de laiteries.

Les laiteries sont situées dans un rayon proche des centrales nucléaires (20 km) en fonction de l'importance de leur production. Elles intègrent pratiquement la totalité de la production laitière de la région.

Les fermes sont localisées dans l'axe des vents dominants, elles servent de points types (niveau ponctuel de référence de la radioactivité du lait).

Les radionucléides principalement recherchés dans les échantillons de lait sont : le  $^{40}\text{K}$  pour la radioactivité naturelle et les  $^{90}\text{Sr}$  et  $^{134,137}\text{Cs}$  en ce qui concerne la radioactivité artificielle (émetteurs bêta et gamma).

Chaque mois, un mélange national est réalisé à partir des principales laiteries belges. Ce mélange est pondéré en fonction de l'importance relative de chacune de celles-ci.

Les résultats portant sur la radioactivité naturelle du lait de ce mélange national (potassium 40) montrent que la teneur moyenne d'un litre de lait reste constante à environ 40-50 Bq.

Les autres radioéléments, émetteurs bêta (strontium 90) et gamma (radiocésiums 134 et 137) restent parfois détectables mais à des teneurs très inférieures à celles du potassium 40 : de 50 à 100 mBq/litre.

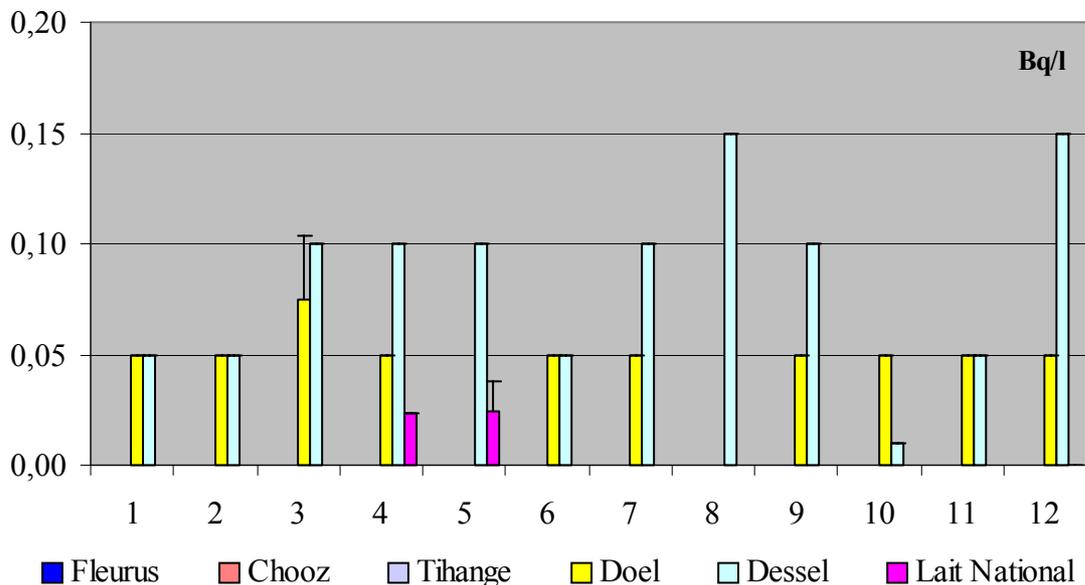
Ces valeurs sont donc très largement en dessous des limites fixées par la Commission des Communautés Européennes : 370 Bq/kg (Réglementation Communautaire en Radioprotection n° 737/90 du 22 mars 1990 prolongé par le n° 686/95 du 28 mars 1995 et le n° 616/2000 du 20 mars 2000).

Les données obtenues sur du lait collecté près des installations nucléaires de notre pays confirment bien entendu ces résultats.

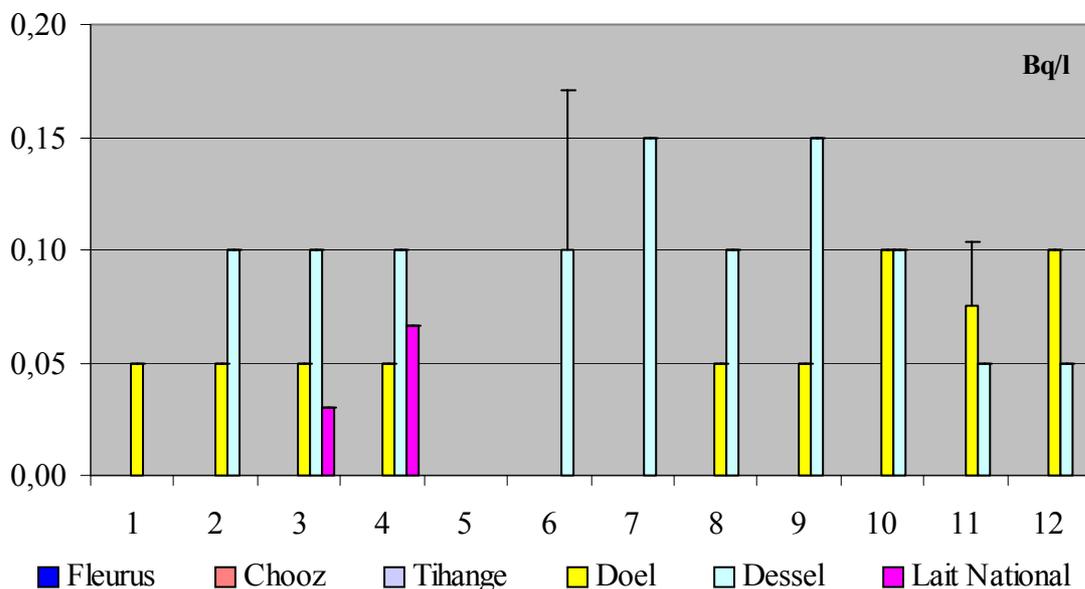
En ce qui concerne le  $^{40}\text{K}$ , sa concentration moyenne dans le lait fluctue de 40 à 55 Bq/litre. Compte tenu des écarts à la moyenne (barres d'erreurs) il est clair que la concentration en potassium 40 dans le lait est, comme on peut s'y attendre, stable autour de la valeur de 50 Bq/litre et ce, quel que soit le point de prélèvement.

Pour ce qui est des  $^{137}\text{Cs}$  (et le  $^{90}\text{Sr}$ ), les valeurs mesurées restent le plus souvent inférieures aux seuils de détection et quand elles sont supérieures, elles restent très faibles, de l'ordre de quelques dixièmes de Bq/litre.

### Lait 1996 : Cs-137 \*



### Lait 1997 : Cs-137 \*



### Conclusions :

Le suivi mensuel de la contamination radioactive du lait appelle les remarques suivantes :

- les teneurs dues à la radioactivité artificielle en période de routine (hors rejets accidentels) restent très faibles quand elles ne se situent pas près des seuils de détection des appareils de mesure,

- l'impact des installations nucléaires est donc totalement négligeable,
- les teneurs dues à la radioactivité naturelle sont de loin supérieures.

### 6.3. VIANDES

Dans un même animal, les organes concentrent différemment les radionucléides; ces différences sont liées aux voies métaboliques empruntées par les radioéléments pour pénétrer et éventuellement se fixer dans l'organisme.

A titre d'exemple, le césium se fixe principalement dans les muscles et à plus long terme dans les os, le strontium se comporte comme le calcium et se fixe quant à lui dans les structures osseuses. Les facteurs physiologiques de concentration, les différences de teneurs en graisse et en eau des organes peuvent également influencer sur les mécanismes de concentration des radionucléides.

Cependant, la partie comestible est, en général, constituée des muscles. Aussi, il suffit de s'intéresser à la teneur des muscles en radiocésium pour avoir une idée globale de la quantité de radioactivité pouvant être transférée à l'homme.

Différentes catégories de viandes sont prises en compte :

- viande bovine;
- viande porcine;
- viande chevaline (peu consommée en Belgique);
- viande ovine;
- viande de gibier (cervidés, sangliers);
- viande de volailles (poulet, dinde);
- viande diverses (lapin, autruche).

Les données à notre disposition révèlent le bon état radiologique des viandes consommées. En effet, les échantillons ne présentent pratiquement pas d'activité détectable (la majeure partie des échantillons mesurés avait des niveaux d'activité non mesurables car inférieurs ou égaux aux seuils de détection des appareils de mesure).

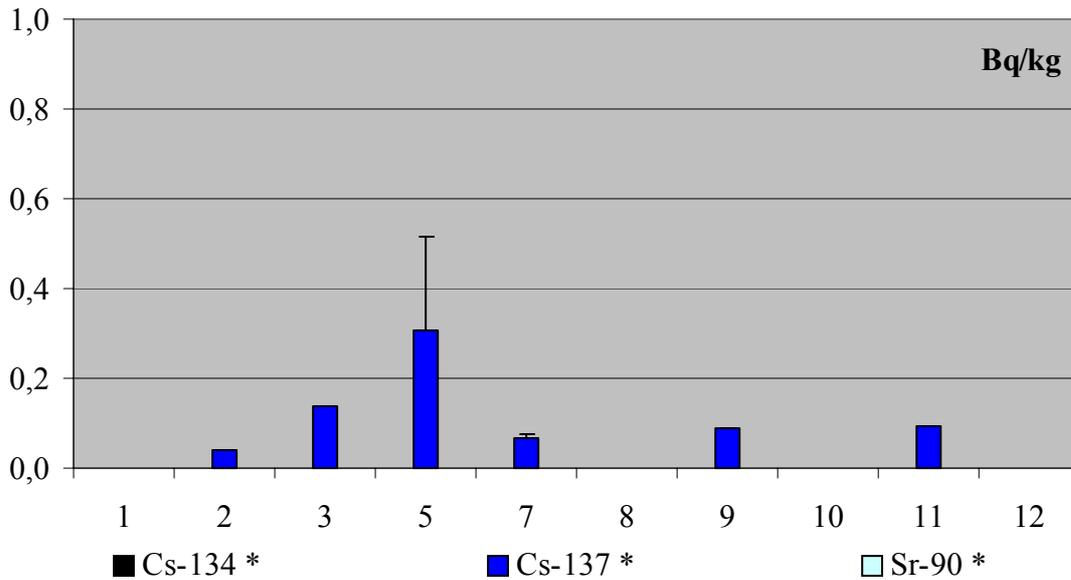
De plus, les niveaux de radioactivité artificielle (en césium et strontium) sont très inférieurs à ceux de la radioactivité naturelle (en potassium).

En effet, on trouve 100 à 130 Bq/kg de  $^{40}\text{K}$  contre moins de 1 Bq/kg en radiocésium et radiostrontium, comme illustré ci-après pour la **viande de bœuf**.

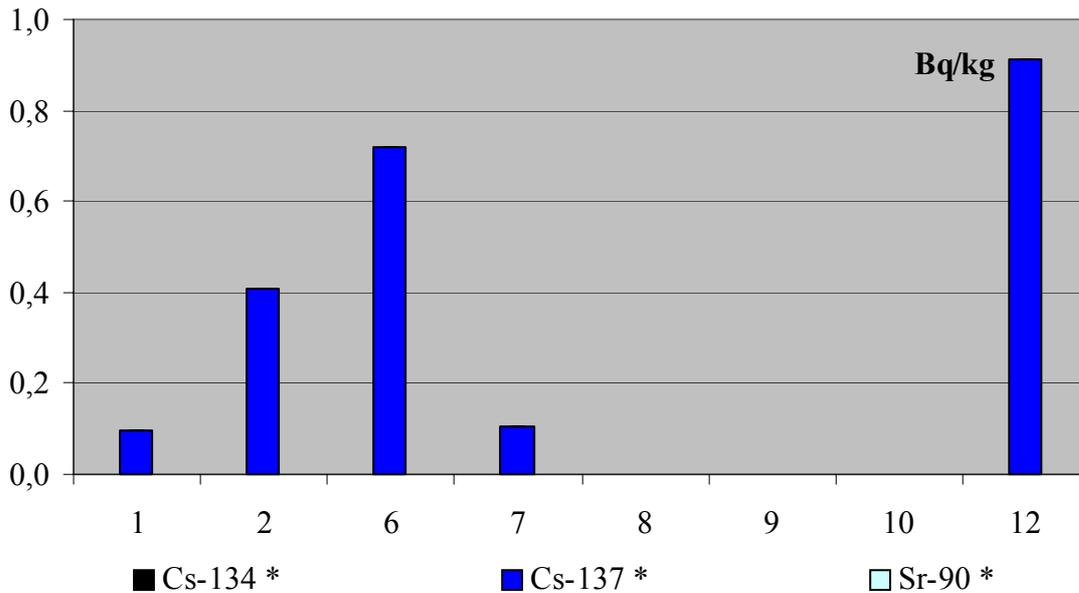
Les autres viandes contiennent les mêmes proportions d'éléments artificiels (Cs et Sr) et naturel (K). A noter en 1997 qu'un cerf présentait une teneur en radiocésium 137 de 4 Bq/kg (à mettre en relation avec son régime alimentaire automnal/hivernal constitué de champignons et de baies/lichens, etc., connus comme étant des bioconcentrateurs de la radioactivité).

Les tableaux repris dans le volume "annexes" de ce document pourront renseigner le lecteur sur les valeurs moyennes exactes déterminées pour les autres viandes.

### Viande de Bœuf 1996



### Viande de Bœuf 1997



### Conclusions :

Pas de problèmes radiologiques à signaler, les normes européennes stipulant que les teneurs maximums, en césium 134 et 137, autorisées pour l'importation et la consommation ne doivent pas dépasser 600 Bq/kg.

D'autre part, le principe de précaution stipulant que la radioactivité artificielle ingérée doit être la plus faible possible est ici largement respecté, car les mesures réalisées donnent des résultats le plus souvent inférieurs aux limites de détection des appareils de spectrométrie, limites pourtant très basses de l'ordre du 1/10 de Bq/kg pour le césium 137 et du 1/100 de Bq/kg pour le strontium 90.

## 6.4. POISSONS

On considère deux catégories :

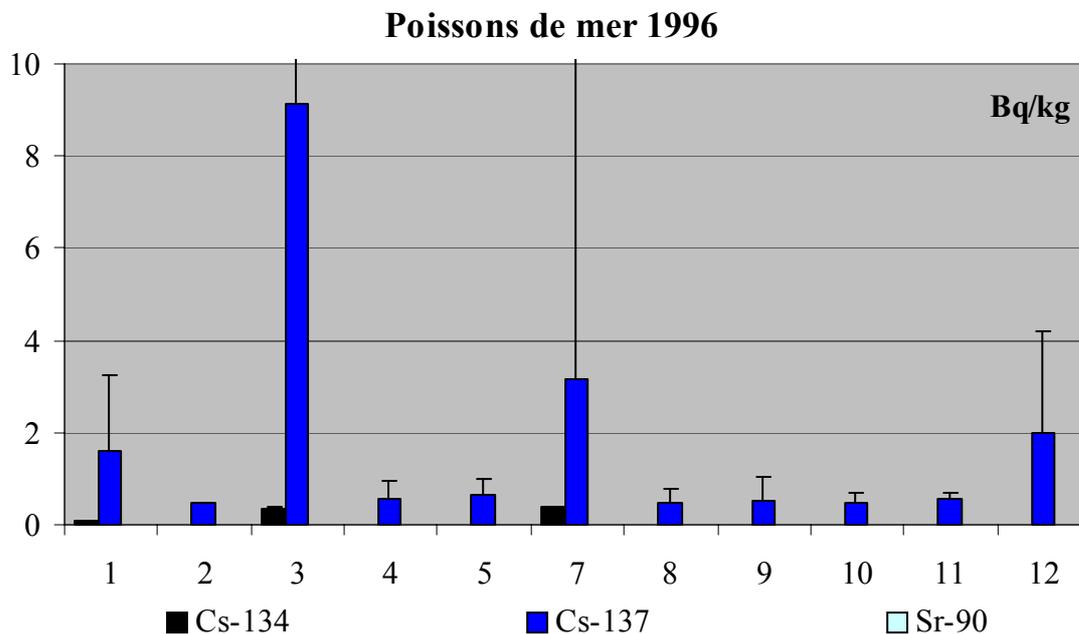
- poissons de rivière (ex. brème, gardon, perche, carpe);
- poissons de mer (ex. dorade, cabillaud : plus couramment consommés).

Ici aussi les teneurs mesurées sont très faibles quant elles sont détectables.

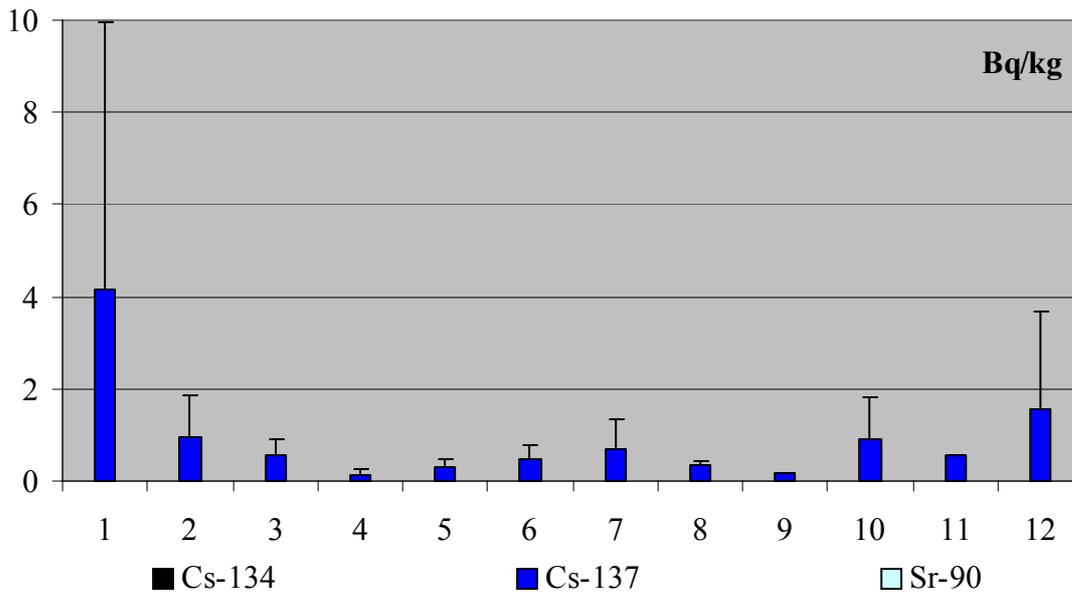
Pour les poissons marins par exemple, le seul radioélément détectable est le  $^{137}\text{Cs}$ . Mais même dans ce cas, les teneurs sont à peine significatives : elles sont en général inférieures à 1 Bq/kg.

Quand elles sont plus élevées, les moyennes sont associées à une erreur importante (valeur d'écart-type de l'ordre de la valeur de la moyenne), ce qui les rend peu significatives. Cette variabilité provient en fait d'individus un peu plus contaminés mélangés à d'autres qui le sont moins. Les données à notre disposition ne nous permettant pas de différencier les poissons de fond des poissons pélagiques, les consommateurs de premiers niveaux (planctonophages, mangeurs d'algues, etc.) des consommateurs finaux (prédateurs carnivores), il est difficile de traiter les données de manière plus fine.

Les teneurs en potassium 40 sont ici aussi toujours largement supérieures : elles sont voisines de 120 Bq/kg pour les deux types de poissons.



## Poissons de mer 1997



### Conclusions :

Ici aussi, pas de problèmes radiologiques à signaler, les normes européennes stipulant que les teneurs maximums, en césium 134 et 137, autorisées pour l'importation et la consommation ne doivent pas dépasser 600 Bq/kg sont largement respectées.

## 6.5. LEGUMES

Les légumes suivants sont considérés : laitues, épinards, poireaux, céleris, choux-fleurs, carottes, chicons, tomates, concombres, pommes de terre, etc.

Les données analysées révèlent le bon état radiologique des légumes consommés. En effet, seul le radiostrontium est parfois détectable et ce, en des quantités infimes : de l'ordre de quelques dixièmes de Bq/kg.

Le potassium 40 est détecté à raison de 80 à 150 Bq/kg.

### Conclusions :

Ici encore, pas de problèmes radiologiques à signaler.

## 7. REJETS ATMOSPHERIQUES ET LIQUIDES DES SITES NUCLEAIRES

### REJETS ATMOSPHERIQUES

Seules les données en provenance des centrales nucléaires sont disponibles.

En ce qui concerne le **site de Tihange**, tous les rejets sont largement inférieurs aux limites fixées par la législation en vigueur : les activités rejetées mensuellement fluctuent de 0,01 à 0,1% de la limite pour les gaz rares, de 0,0001 à 0,006% pour les aérosols (béta-gamma), de quelques 1/10000 de % à quelques 1/100 de % pour les iodes et de 0,2 à 1% pour le tritium.

En ce qui concerne le **site de Doel**, tous les rejets sont ici aussi largement inférieurs aux limites fixées par la législation en vigueur : les activités mensuelles rejetées oscillent de 0,0001 à 0,04% de la limite pour les gaz rares, de près de zéro pour les aérosols (béta-gamma), de quelques 1/10000 de % à quelques 1/100 de % pour les iodes et de 0,001 à 0,2% pour le tritium.

Aucun problème radiologique à signaler compte tenu de ces résultats.

### REJETS LIQUIDES

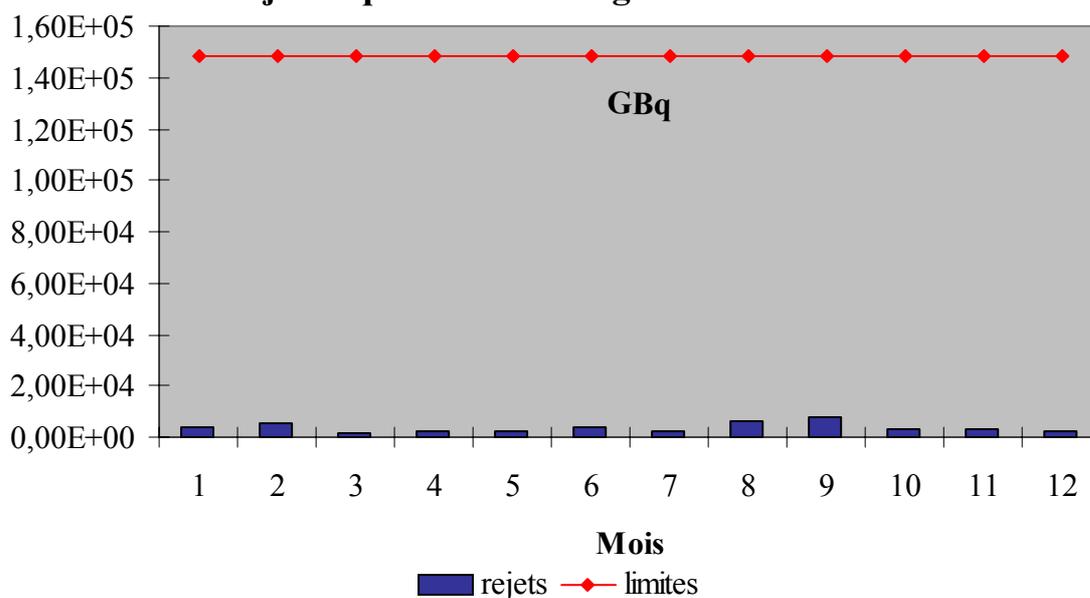
En ce qui concerne le **site de Tihange**, trois réacteurs, les limites des rejets liquides sont fixées à  $1,48 \cdot 10^5$  GBq en  $^3\text{H}$  et à  $8,88 \cdot 10^5$  MBq en émetteurs béta-gamma.

Comme les graphiques suivants le montrent, les rejets liquides les plus importants en activité sont constitués par le tritium : ils sont de 30% de la limite en 1996 et de 32% en 1997.

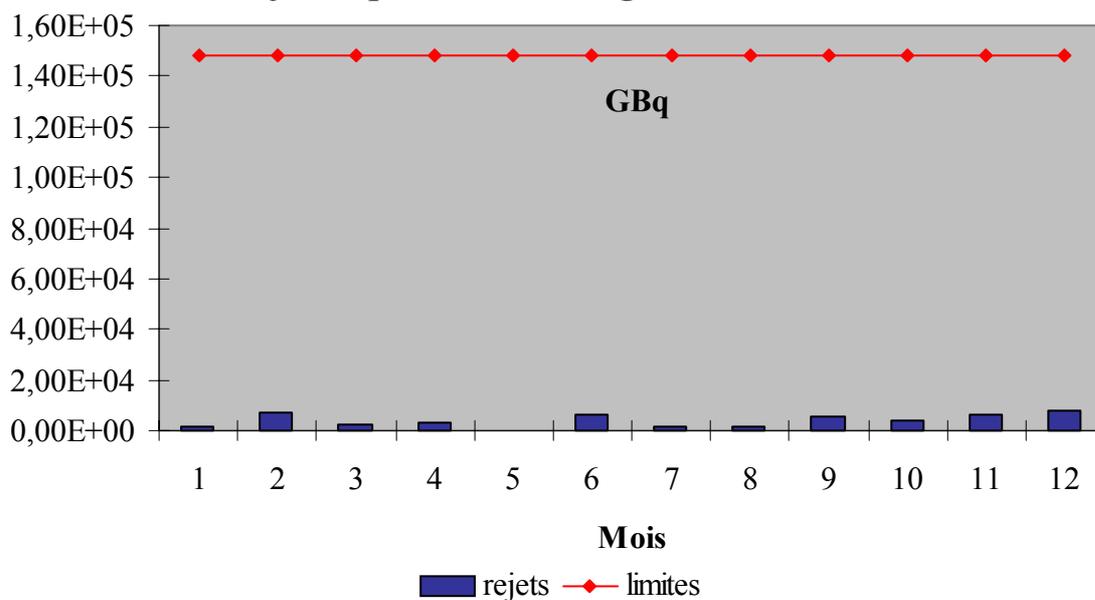
Les rejets en émetteurs béta-gamma sont par contre très largement inférieurs à la limite : ils atteignent 5,89% de celle-ci en 1996 pour 2,74% en 1997.

Les rejets tritium sont illustrés dans les graphiques suivants.

### Rejets liquides de Tihange 1996 : Tritium



### Rejets liquides de Tihange 1997 : Tritium

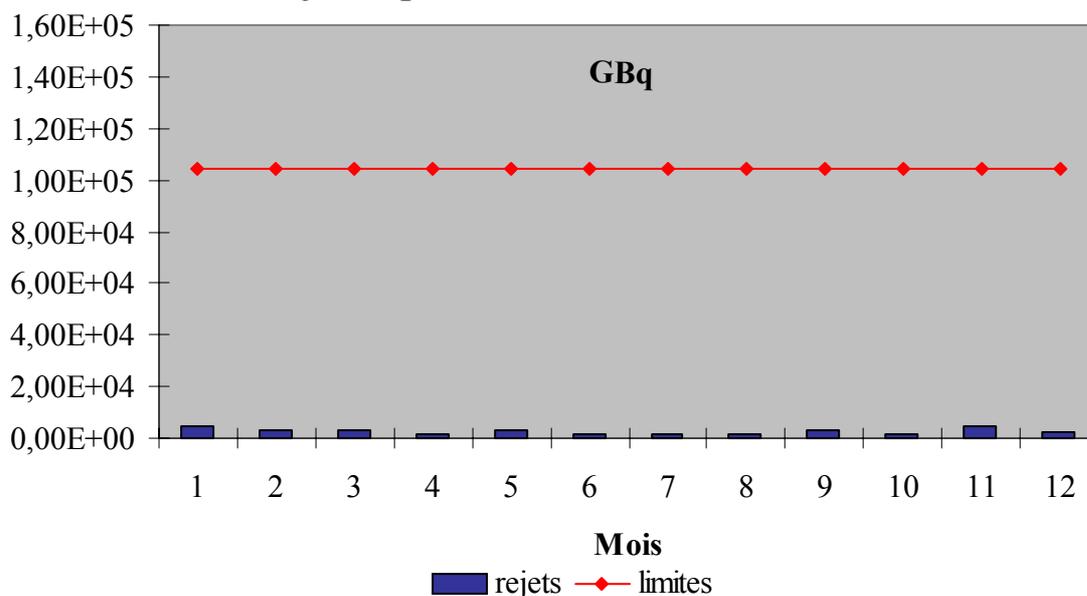


En ce qui concerne le **site de Doel**, quatre réacteurs, les limites de rejet sont fixées à  $1,04 \cdot 10^5$  GBq en  $^3\text{H}$  et à  $1,50 \cdot 10^6$  MBq en émetteurs bêta-gamma.

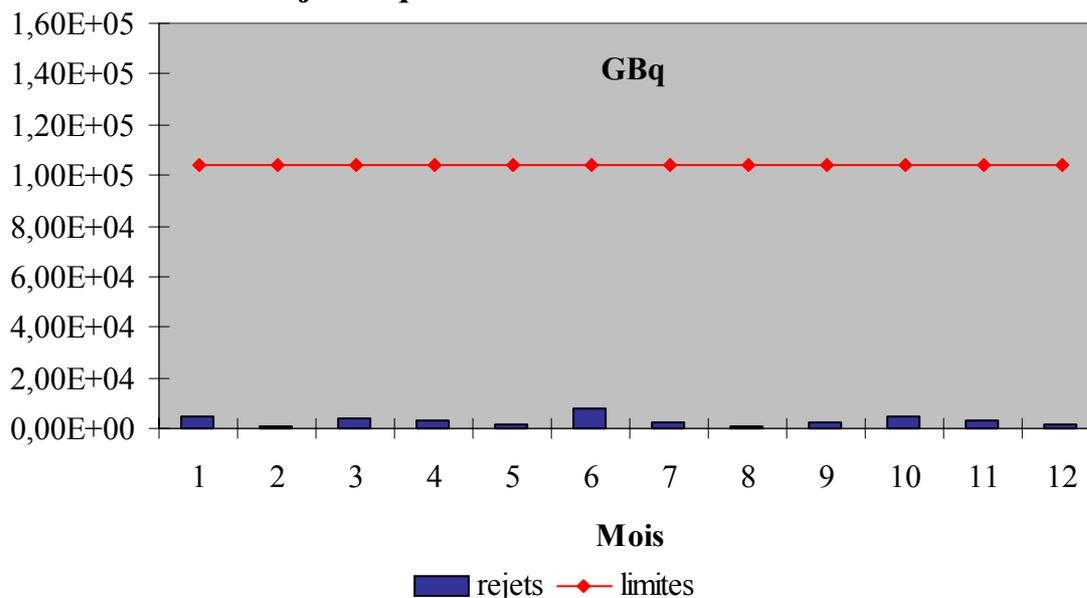
Les rejets liquides les plus importants sont constitués ici aussi par le tritium : ils sont de 30% de la limite en 1996 et de 36,9% de celle-ci en 1997.

Les rejets en émetteurs bêta-gamma sont là encore très largement inférieurs à la limite : ils atteignent 1,26% en 1996 et 1,76% en 1997 de celle-ci.

### Rejets liquides de Doel 1996 : Tritium



### Rejets liquides de Doel 1997 : Tritium



Les rejets du **site nucléaire de Mol** sont effectués dans la Molse Nete via les installations de Belgoprocess 2. Ces rejets doivent respecter une limite mensuelle fixée à 166 GBq/mois soit 1,99 TBq/an selon la formule de pondération suivante :

$$[\beta \text{ total}] + 5[\alpha \text{ total}] + 3[^{131}\text{I}] + 7.5[^{90}\text{Sr}] + 300[^{226}\text{Ra}] + 10^{-3}[^3\text{H}] \leq 166 \text{ GBq/mois}$$
 dans la rivière Molse Nete.

Les données montrent que ces rejets représentent moins de 1% de la limite : 0,95% en 1996 et 0,29% en 1997.

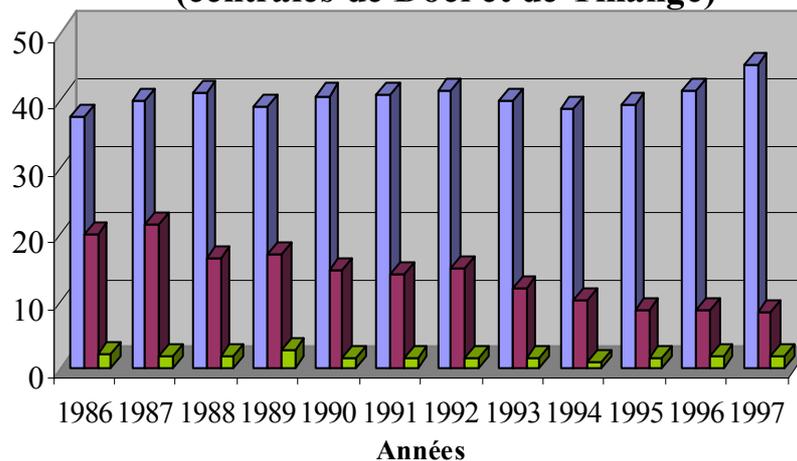
## Conclusions :

L'analyse des rejets liquides opérés par les centrales nucléaires montre clairement que ces installations respectent les limites qui leur ont été imposées et ce, d'autant plus que les rejets sont de loin inférieurs aux limites en question.

Seuls les rejets de tritium sont significatifs, d'une année sur l'autre ils sont de l'ordre de 30% des valeurs maximales autorisée pour Tihange et de 30 à 40% pour Doel. Il faut noter que ces niveaux sont en diminution depuis les années nonantes par rapport à ceux atteints durant la période 1985-1990 où ils s'établissaient au maximum à 47% pour Tihange et à 67% pour Doel.

Un autre point intéressant à mettre en exergue concerne la quantité de déchets liquides et solides générés par les centrales : si la production électrique totale reste plus ou moins constante, la quantité de radioactivité rejetée dans les effluents liquides tend à diminuer et ce constat est encore plus vrai quand on s'intéresse au volume de déchets solides générés par TWh produit (graphique suivant).

**Production des sites nucléaires belges  
(centrales de Doel et de Tihange)**



■ Production nette (TWh)  
■ Effluents liquides (GBq/TWh)

■ Déchets solides (m3/TWh)

Cela démontre les efforts effectués par les électriciens belges pour d'une part, concilier des objectifs d'optimisation d'exploitation industrielle, notamment en matière de réduction des volumes de déchets produits et des coûts associés tout en "minimisant", d'autre part, autant que possible les rejets d'effluents (concept de B.A.T. – "Best Available Technology" ou "meilleure technologie applicable" - en matière de déchets liquides et solides).

Ce constat, rassurant, ne doit pas occulter la nécessité de continuer à assurer un contrôle vigilant des installations nucléaires.

Cette surveillance doit être réalisée en continu via les réseaux automatiques de surveillance (réseau national TELERAD) ainsi que par le biais de campagnes d'échantillonnages des sites récepteurs potentiels de la radioactivité rejetée en routine ou accidentellement.

## 8. CONCLUSIONS GENERALES

L'analyse des résultats obtenus dans le cadre de la surveillance radiologique du territoire belge en 1996 et en 1997 amène les commentaires suivants :

Les normes de rejets en vigueur sont très bien respectées par les exploitants des installations nucléaires.

La radioactivité naturelle ( $^{40}\text{K}$  et  $^7\text{Be}$ ) est de loin plus importante et présente que la plupart des émetteurs bêta-gamma artificiels.

D'une manière générale, les niveaux de radiocontamination des échantillons mesurés sont en général extrêmement bas et de ce fait, la majeure partie des données obtenues est non significative.

Le programme de surveillance démontre son intérêt et sa capacité à contrôler "finement" l'impact des radioéléments sur l'environnement et dès lors sur l'homme : des "traces" de radioactivité artificielle, largement inférieures à la radioactivité naturelle, sont détectées en routine.

Cette situation est rassurante sur le plan sanitaire. Par contre, elle est gênante quant il s'agit d'exploiter les résultats : en effet, des mesures significatives autorisent une représentation plus précise et réelle de la situation radiologique. Des paramètres de transfert de la radioactivité peuvent alors être dégagés et des calculs de doses à la population s'en trouvent facilités.

Si la situation radiologique du territoire belge est tout à fait satisfaisante, les bassins de la Nete et de l'Escaut doivent être suivis avec attention. En particulier, un contrôle plus routinier des sédiments et une amélioration de la "finesse" de celui des eaux devraient être envisagés. De plus, l'analyse des résultats obtenus pour ces années 96-97 confirme l'impression qui prévalait lors de celle des années précédentes 85-90 et 91-95: une meilleure connaissance de l'écosystème estuarien de l'Escaut est nécessaire afin de fournir des paramètres précis en vue d'évaluer les doses à la population en intégrant les rejets des installations nucléaires du bassin de la Nete et ceux de la centrale de Doel.

Pour ce faire, il sera nécessaire d'obtenir des données précises sur les rejets des sites nucléaires du bassin de la Nete et/ou de mettre en place un réseau de surveillance circonscrit à ces installations afin de pouvoir déterminer et quantifier l'importance de ces rejets. En effet, l'attention doit être attirée sur la nécessité d'un suivi plus attentif et exhaustif des sources de rejets (dont radium et thorium en particulier).

Ce programme de surveillance radiologique du territoire devrait être modifié et amélioré à l'avenir afin de le rendre plus "réactif" et efficace dans son contrôle.

En particulier, un effort au niveau des échantillonnages devrait être envisagé : augmentation du nombre de prélèvements de sédiments de rivières et de sols parmi lesquels des sols forestiers - les forêts étant de bons capteurs de la radioactivité atmosphérique – le tout accompagné d'une standardisation des méthodes de prélèvements. Uniformisation des bibliothèques de radioéléments recherchés et mesurés, meilleure adéquation du programme en fonction de la situation radiologique du territoire belge (cas du bassin de la Nete par exemple)

et des demandes des institutions internationales (articles 35/36 du traité EURATOM – CE, accords OSPAR sur la protection de la mer du Nord et de l'Atlantique). Meilleur contrôle de la chaîne alimentaire et dès lors meilleure évaluation de la quantité de radioéléments naturels et artificiels pouvant être ingérés par la population.

A l'avenir, les informations en provenance du réseau TELERAD devront compléter les données obtenues via le programme de contrôle de la radioactivité atmosphérique et liquide. Des cartes de dosimétrie ambiante à l'échelle nationale pourront alors être proposées.

Il sera également nécessaire de réorganiser l'ensemble de l'approche "terrain" par le choix judicieux de l'emplacement et du nombre des stations d'échantillonnage ainsi que de la fréquence de ceux-ci en vue de mieux intégrer le réseau TELERAD et le programme de surveillance du territoire.