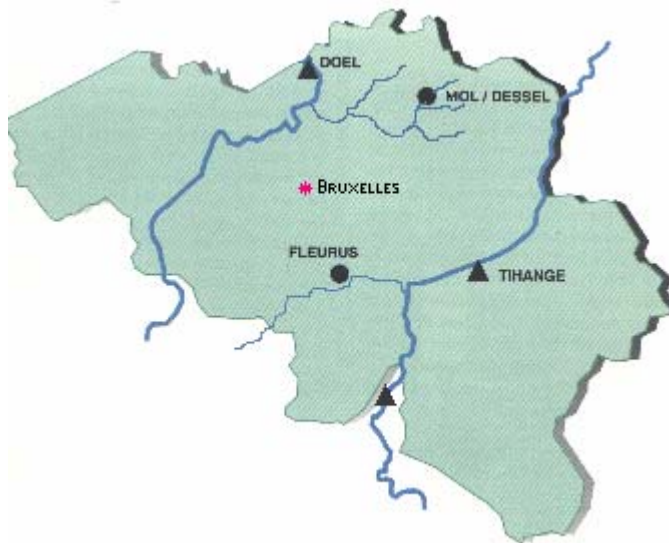


SERVICE SURVEILLANCE DU TERRITOIRE

**Surveillance radiologique de la Belgique
Rapport de synthèse 1998-2000**



Michelle BOUCHONVILLE - Dr Lionel SOMBRÉ

- Décembre 2001 -

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

Mme Michelle BOUCHONVILLE

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

E-mail : 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

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

Section radioécologie : M. Van Hees, E. Tessens, P. Bens et J. Sannen
Mesures bas niveaux : Ch. Hurtgen, F. Verrezen, J. Mermans
Staff support : B. Bouwens, E. Dupuis, K. Jacobs, L. Jansen, J. Neefs, B. Ruts, W. Van Baelen, M. Vanuytven, M. Verbist, R. Verkoyen, D. Verstrepen
Département safeguards et Mesures de physique nucléaire :
Scientifiques : M. Bruggeman, J.L. Genicot, J.P. Alzetta, P. Willeborts
Support : A. Damen, E. Daniëls, I. Geboers, R. Van Ammel
Suivi scientifique : Ch.M. Vandecasteele
Chef de Projet : F. Hardeman

en collaboration avec :

R.Z.O. : R. De Clerq
Météo Force Aérienne de Coxyde (Koksijde)
Administration du port d'Anvers (Antwerpen)

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION DU RESEAU DE SURVEILLANCE AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES	3
2.1. REJETS DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES	3
2.2. SITES NUCLEAIRES	4
2.3. ZONE COTIERE	9
2.4. DISTRIBUTION D'EAU DE BOISSON	10
3. RADIOACTIVITE DE L'AIR ET DES PRECIPITATIONS	11
3.1. POUSSIERES DE L'AIR	11
3.2. PLUIES	12
3.3. CONCLUSIONS	13
4. RADIOACTIVITE DES SOLS	14
CONCLUSIONS	15
5. RADIOACTIVITE EN MILIEU LIQUIDE	16
5.1. RADIOACTIVITE DES EAUX DE SURFACE	16
5.1.1. <i>Meuse</i>	16
Conclusions	17
5.1.2. <i>Escaut</i>	18
Conclusions	20
5.1.3. <i>Mer du Nord</i>	21
5.1.4. <i>Conclusions générales</i>	21
5.2. RADIOACTIVITE DES SEDIMENTS	22
5.2.1. <i>Meuse et Sambre</i>	22
Conclusions	23
5.2.2. <i>Escaut et bassin de la Nete</i>	24
Conclusions	25
5.2.3. <i>Mer du Nord</i>	26
Conclusions	26
5.3. RADIOACTIVITE DE LA FAUNE ET DE LA FLORE AQUATIQUES	27
5.3.1. <i>Meuse</i>	27
Conclusions	28
5.3.2. <i>Escaut</i>	29
Conclusions	30
5.3.3. <i>Mer du Nord</i>	30
Conclusions	31
6. RADIOACTIVITE DE LA CHAINE ALIMENTAIRE	32
6.1. EAUX DE BOISSONS	32
Conclusions	35
6.2. LAIT	35
Conclusions	36
6.3. VIANDES	37
Conclusions	37
6.4. POISSONS	37
Conclusions	38
6.5. LEGUMES	38
Conclusions	38
6.6. REMARQUES SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE	39
7. REJETS ATMOSPHERIQUES ET LIQUIDES DES SITES NUCLEAIRES	40
7.1. REJETS ATMOSPHERIQUES	40
7.2. REJETS LIQUIDES	40
Conclusions	41
8. DOSIMETRIE AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES	43
8.1. CENTRALE DE TIHANGE	43
8.2. CENTRALE DE DOEL	44
8.3. SITE DE L'IRE A FLEURUS	44
8.4. CENTRALE DE CHOOZ	44
8.5. CONCLUSIONS	45
9. CONCLUSIONS GENERALES	46

1. INTRODUCTION

La surveillance radiologique du territoire, y compris celle des sites nucléaires ainsi que le suivi de leur impact sur l'environnement ont été 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 est actuellement transférée à l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire depuis septembre 2001.

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

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 une prise de 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 qui est appelé dans un proche avenir à remplacer le réseau précédent.

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, l'existence d'un programme de surveillance efficace.

En outre, le programme a été 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 est 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. Ce type de soutien fait partie des missions de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire.

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 1998 à 2000. Ces résultats sont décrits de manière synthétique pour les différents vecteurs de transfert de la radioactivité étudiés (atmosphériques, aquatiques et la chaîne alimentaire).

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. Toutefois, quelques données préliminaires sur les autres produits alimentaires (farines, viandes, poissons, légumes etc.) figurent également dans le rapport.

Un rapport spécifique à la surveillance de la chaîne alimentaire pour l'année 2000 est d'ores et déjà publié ; ce rapport est disponible sur demande (cf. chapitre 6, point 6.5).

2. DESCRIPTION DU RESEAU DE SURVEILLANCE AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES

2.1. Rejets des installations nucléaires

Mesures	Données reçues	Lieu de prélèvement
Spectro gamma	Mensuelles	DOEL - TIHANGE
Activité alpha-béta totale		
Mesure H-3		
Spectro gamma	Hebdo	BELGOPROCESS
Activité alpha-béta totale		
Actinides		
Activité alpha	Hebdo	FBFC

2.2. Sites nucléaires

MESURES	TIHANGE	
	Radioactivité de l'air	
	Fréquence	Lieu de prélèvement
Poussières de l'air	Hebdo	Tihange
Précipitations	Mensuel	
Débit de dose gamma	Permanent	Ampsin ferme, Ampsin Socolie, Huy, Ampsin Carrière
Lait (ferme)	Hebdo	Rayon 20 km autour de Tihange
Dosimétrie ambiante	Bimestriel	Clôtures et environs du site de Tihange (30 points)
	Radioactivité de l'eau	
Activité gamma	Automatique permanent	Ampsin
Spectro gamma	Hebdo	Huy, Ampsin, Monsin
Activité alpha-béta totale	Hebdo	Huy, Ampsin, Monsin
Mesure H-3	Hebdo	Huy, Ampsin, Monsin
	Radioactivité des sédiments	
Spectro gamma	Mensuel	Lixhe, Amay, Lanaye
	Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques	
Spectro gamma	Trimestriel	Ecluse d'Ivoz-Ramet

MESURES	DOEL	
	Radioactivité de l'air	
	Fréquence	Lieu de prélèvement
Poussières de l'air	Mensuel	Site de Doel
Lait (laiterie)	Hebdo	Site de Doel
Sol	1 x/an	Site de Doel
Dosimétrie ambiante	Trimestriel	Site de Doel (10 pts)
	Radioactivité de l'eau	
Activité gamma	Mensuel	Anvers, Doel
Spectro gamma	Hebdo	Doel
Activité alpha-béta totale	Mensuel	Doel
Mesure H-3	Hebdo	Doel
	Radioactivité des sédiments	
Spectro gamma	Mensuel	Doel
	Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques	
Activité gamma	Trimestriel	Hoofdplaat, Kloosterzande, Yerseke, Kieldrecht
Spectro gamma	Trimestriel	Hoofdplaat, Kloosterzande, Yerseke, Kieldrecht

MESURES	MOL – C.E.N. - TESSENDERLO	
	Radioactivité de l'air	
	Fréquence	Lieu de prélèvement
Poussières de l'air	Quotidien	Site du C.E.N.
Précipitations	Hebdo	Site du C.E.N.
Lait (laiterie)	Hebdo	Dessel
Sol	1 x/an	Site du C.E.N.- Dessel
	Radioactivité de l'eau	
Activité gamma	Hebdo	Bassin du Ruppel (Boom)
Spectro gamma	Hebdo	Molse Nete (Geel)
Activité alpha-béta totale	Mensuel	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessengerlo) Grote Nete (Oosterlo)
Mesure H-3	Hebdo	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessengerlo) Grote Nete (Oosterlo)
	Radioactivité des sédiments	
Activité gamma	Mensuel	Molse Nete (Geel)
Spectro gamma	Mensuel	Molse Nete (Geel) Grote Laak (Tessengerlo) Grote Nete (Oosterlo – Lier)

MESURES	FLEURUS - I.R.E.	
	Radioactivité de l'air	
	Fréquence	Lieu de prélèvement
Poussières de l'air	Quotidien	Site de l'IRE – ISPLP (Bruxelles)
Précipitations	Mensuel	Site de l'IRE
Débit de dose gamma	Permanent	5 balises (Clôtures du site de l'IRE)
Lait (ferme)	Hebdo	Rayon 20 km autour de Fleurus
Sol - herbe	1 x/an	Site de l'IRE – ISPLP
Dosimétrie ambiante	Bimestriel	Clôtures et environs du site de Fleurus (12 points)
	Radioactivité des sédiments	
Spectro gamma	Mensuel	Floriffoux, Andenne
	Radioactivité de la Chaîne Alimentaire	
Lait national	Mensuel	Dans le commerce
Légumes		
Viandes		
Poissons de mer		
Poissons de rivière		

MESURES	CHOOZ (France)	
	Radioactivité de l'air	
	Fréquence	Lieu de prélèvement
Poussières de l'air	Quotidien	Dourbes – Vielsalm
Précipitations	Mensuel	Hastière – Vielsalm
Débit de dose gamma	Permanent	Hastière, Dion, Felenne, Treignes
Lait (ferme)	Hebdo	Rayon 20 km autour de Chooz
Sol - Herbe	1 x/an	Hastière - Vielsalm – Dourbes
Dosimétrie ambiante	Bimestriel	Environs de Chooz (11 points)
	Radioactivité de l'eau	
Activité gamma	Automatique permanent	Hastière
Spectro gamma	Hebdo	Hastière
Activité alpha-béta totale	Mensuel	Hastière
Mesure H-3	Hebdo	Hastière
	Radioactivité des sédiments	
Spectro gamma	Mensuel Chômage de la Meuse (tous les 3 ans)	En différents endroits de la Haute Meuse (Tailfer) Givet
	Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques	
Spectro gamma	Trimestriel	Hastière, Ham, Givet (Mousses)
Mesure H-3	Trimestriel	Hastière, Ham, Givet (Mousses)
	Radioactivité des végétaux terrestres	
Spectro gamma	16 x/an	Chooz, Falmignoule (Lichens)
Mesure H-3 organique	16 x/an	Chooz, Falmignoule (Lichens)

2.3. Zone côtière

MESURES	SITE COTIER	
	Radioactivité de l'air	
	Fréquence	Lieu de prélèvement
Poussières de l'air	Mensuel	Koksijde
Précipitations	Quotidien	Koksijde (IRM)
Sol	1 x/an	Koksijde
	Radioactivité de l'eau	
Spectro gamma	Trimestriel	Zones 1, 2 et3 Dumping 1 et2
Activité alpha-béta totale	Trimestriel	Zones 1, 2 et3 Dumping 1 et2
	Radioactivité des sédiments	
Spectro gamma	Trimestriel	Contribution de la RZO, Belgica
	Radioactivité des végétaux et animaux aquatiques	
Activité gamma	Trimestriel	Contribution de la RZO, Belgica
Spectro gamma	Trimestriel	Contribution de la RZO, Belgica

2.4. Distribution d'eau de boisson

Mesures	Fréquence	Lieu de prélèvement
Activité gamma Activité alpha-béta totale Mesure H-3	Trimestriel	CIBE : Modave, Assesse, Braine, Namur
		TMVW : St Ghislain, Beloeil
		SWDE : St Léger, Walcourt, Soignies
		VMW : Evergem Koksijde, La Panne, Liège, Clavier

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 de rejets atmosphériques des installations nucléaires; ils renferment essentiellement des produits de fission recondensés (émetteurs β - γ) sur un noyau particulaire. On note parfois la présence d'émetteurs α .

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.

3.1. Poussières de l'air

En ce qui concerne les *émetteurs bêta* dans les poussières de l'air mesurées sur le site de l'IRE à Fleurus, sur le site du CEN à Mol et à Vielsalm (zone de référence), les teneurs (exprimées en mBq/m^3) en émetteurs bêta totaux mesurés par mètre cube sont très faibles : $< 1 \text{ mBq/m}^3$ (de l'ordre de 0,3 à 0,5 mBq/m^3). 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 avec des teneurs mesurées voisines de 3 mBq/m^3 (fluctuent de 2 à 4 mBq/m^3). Ce marqueur de la radioactivité naturelle est mesuré à proximité des sites nucléaires de l'IRE à Fleurus, du CEN à Mol, de Tihange et de Doel, sur la côte à Koksijde, en Ardennes à Vielsalm, à Dourbes et dans une grosse agglomération : Bruxelles (10 % de la population belge).

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

Pour ce qui est des *émetteurs gamma* recherchés ($^{134,137}\text{Cs}$, $^{103,106}\text{Ru}$, $^{141,144}\text{Ce}$, ^{95}Nb , ^{95}Zr) sur les mêmes sites, les mesures sont toutes inférieures aux seuils de détection des appareils de spectrométrie : de 3 à 20-25 $\mu\text{Bq/m}^3$ ($< 10 \mu\text{Bq/m}^3$ pour les ^{134}Cs et ^{137}Cs).

Les mesures effectuées en *alpha totaux* autour du site nucléaire du CEN à Mol montrent des teneurs enregistrées qui fluctuent en général de 20 à 30 $\mu\text{Bq/m}^3$ d'air (limite de détection à $\sim 5 \mu\text{Bq/m}^3$).

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.

En conclusion, l'air en Belgique et en particulier aux environs des installations nucléaires ne présente aucun problème radiologique. Les teneurs mesurées sont toutes inférieures ou voisines des seuils de détection – très bas – des appareils de mesure.

3.2. Pluies

Les pluies lessivent l'atmosphère et sont un bon moyen de contrôle de la qualité de l'air ambiant ainsi que 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 une activité qui 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* - produit par les rayonnements cosmiques,
- le K-40 – *$1,26 \times 10^9$ années de demi-vie* - appartenant 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,
- des traces de radioactivité alpha, également d'origine naturelle (quelques mBq/l, limite de détection à 4 mBq/l).

A noter que le Be-7 est de loin le plus visible tout en restant à des teneurs bien évidemment très faibles : $< 2 \text{ Bq/litre}$ (limite de détection aux environs de 1 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.

L'analyse des résultats obtenus, pour les émetteurs alpha, bêta et gamma, *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).

Il faut noter que les seuils de détection atteints par les appareillages de mesure pour Bruxelles par exemple sont très bas : $0,1$ à $0,2 \text{ Bq/l}$ pour le Ce-141; $0,4$ à $0,6 \text{ Bq/l}$ pour le Ce-144; $0,05$ à $0,08 \text{ Bq/l}$ pour les Cs-134 et Cs-137; $0,2$ à $0,4 \text{ Bq/l}$ pour l'I-131; $0,1 \text{ Bq/l}$ pour le Nb-95; $0,1 \text{ Bq/l}$ pour le Ru-103; $0,4$ à $0,8 \text{ Bq/l}$ pour le Ru-106; $0,005$ à $0,007 \text{ Bq/l}$ pour le Sr-90; $0,005 \text{ Bq/l}$ en α totaux et en β 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 en dessous des limites de détection et quand une mesure est possible, que les valeurs détectées sont à peine supérieures à ces limites.

Les quelques valeurs obtenues pour les eaux de pluies filtrées sont faibles et à peine supérieures aux seuils de détection des appareils de mesure : 0,15 à 0,4 Bq/litre. Les valeurs enregistrées autour des sites nucléaires sont comparables à celles détectées pour le site témoin de Vielsalm.

Même constat en ce qui concerne les résidus de filtration.

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

Les résultats obtenus *autour du site nucléaire du CEN à Mol* portent principalement sur des mesures en émetteurs alpha et bêta totaux. Ces résultats sont exprimés en Bq déposés, via les pluies, par unité de surface (m²).

Les seuils de détection sont respectivement de 0,03 Bq/m² et 0,4-0,7 Bq/m² pour les émetteurs α et β . Les teneurs obtenues, bien que supérieures aux limites de détection (cas des émetteurs bêta), 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.

Les données de contamination surfacique (via dépôts sec ou humide en bacs remplis d'eau) obtenues sur *le site de l'IRE* confirment les mesures d'eaux de pluies effectuées sur ce même site.

Le réseau de détection de la radioactivité atmosphérique, par le biais de mesures de la radioactivité 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.

3.3. 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,
- cet aspect du contrôle de la radioactivité atmosphérique est épaulé 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.

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. Par endroit, le dépôt éventuel de radioactivité est recherché via des prélèvements d'herbes (dépôts surfaciques). 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.

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}K représente 0,0119% du potassium total) qui varie d'un sol à l'autre ainsi qu'en fonction des saisons.

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

Seul le Be-7 – radioélément cosmogénique naturel - est visible. A remarquer que les niveaux de détection obtenus pour les autres radioéléments contrôlés sont très bas : 3 à 6 Bq/kg pour le Ce-141, 11 à 15 Bq/kg pour le Ce-144, 1 à 2 Bq/kg pour les Cs-134 et Cs-137, < 10 Bq/kg pour l'I-131, 1,5 à 2,5 Bq/kg pour le Nb-95 et le Ru-103 et ~10 Bq/kg pour le Ru-106.

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 m² et sur une profondeur de 10 cm environ (correspond aux horizons organiques et hémioorganiques 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, lesquels sont impliqués dans la rétention des radioéléments déposés par voie atmosphérique).

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, ces deux derniers étant des radioéléments naturels.

Le même type de résultats est obtenu pour des **sols** en provenance de la région de **Chooz** à **Hastière** (dans la zone d'influence possible de la centrale nucléaire française de Chooz), les sols de **Tihange** et de **Fleurus**. Là encore, la radioactivité naturelle est mise franchement en évidence (potassium 40) et des traces de Cs-137 sont détectées.

Au voisinage des sites de **Doel**, **Mol**, **Dessel** et **Koksijde**, la radioactivité détectée dans les échantillons de **sols** 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 :

2,5 à 3 Bq/kg pour le ^{60}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.

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 (Cilva - incinérateur de déchets solides, Pamela – usine de vitrification de déchets à hauts niveaux de radioactivité), 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 et de Pu. A noter que FBFC international – fabrique de combustible nucléaire enrichi en ^{235}U et à présent de MOX - n'est pas concernée ici car ses rejets atmosphériques sont négligeables en terme d'activité)

Dans les **sols** du **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.

D'une manière générale, la présence de ces radioéléments naturels et artificiels confirme que la région située autour des sites urbain et industriel de Dessel – Mol – Tessenderlo 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 par des 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.

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.

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 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, Tessenderlo 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 Tessenderlo; ces polluants 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, si la situation le justifie, sur des propositions de réhabilitation des zones les plus touchées.

5. RADIOACTIVITE EN MILIEU LIQUIDE

5.1. Radioactivité des eaux de surface

5.1.1. La MEUSE

La Meuse 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, Charleroi, ...

La Meuse constitue, après traitement, une source d'eau potable pour une partie importante des populations belge et hollandaise. A ce titre, on y recherche la radioactivité alpha et bêta 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 fin 2001-début 2002.

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, constituent un compartiment important pour la fixation des radioéléments et 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 ainsi que des hôpitaux situés en France dans le bassin mosan,
- 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 des agglomérations de Namur et de Charleroi,
- 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 d'Ivoz-Ramet, situé encore un peu plus en aval de la centrale de Tihange avant Liège,
- 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 hollandaise.

Les résultats montrent que l'on ne détecte pas d'activités significatives en émetteurs bêta totaux (limite de détection $\sim 0,15$ Bq/litre), pour l'iode 131 (limite $< 0,2$ Bq/litre) et radiocésiums (limites $< 0,2$ Bq/litre ou $< 1,5$ Bq/l selon les volumes et donc la géométrie retenue par le technicien chargé de la mesure). Le potassium 40 est également sous les limites de détection ($< 2,5$ Bq/litre). Quand la géométrie est plus favorable (échantillons prélevés à Lanaye), on arrive à déterminer les teneurs en K-40 qui sont de l'ordre de 0,1 Bq/l.

Seul le tritium est détecté en routine et ce, principalement dans les stations situées directement en aval de la centrale de Tihange (Ampsin et Monsin) : une dizaine de Bq/litre environ à Hastière et à Huy, 10 à 50 Bq/litre à Ampsin et à Monsin.

Les données obtenues pour le tritium semblent montrer des fluctuations saisonnières déjà visibles à Hastière et plus marquées à partir de Huy; celles-ci se traduisent par une augmentation des concentrations en été et au début de l'automne, à mettre en relation avec des débits plus faibles du fleuve pendant ces périodes ainsi que des rejets ponctuels mensuels un peu plus importants.

Ainsi, en août 1998 les rejets du site de Tihange ont atteint 3,3% de la limite de rejet, ce qui se traduit par une élévation du niveau de radioactivité en tritium des eaux mosanes jusqu'à 50 Bq/litre. De même, pendant la période mai-juin-juillet 1999 et en octobre 1999 ce site rejette respectivement 14% et 6,3% de la limite de rejet ce qui se traduit par une augmentation de la teneur en tritium des eaux mosanes : un maximum de 50 Bq/litre en juillet et 26 Bq/litre en novembre.

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. fixant les activités volumiques de différents radioéléments dans l'eau de boisson (7800 Bq/litre en ^3H).

Au niveau européen, la directive relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (eaux de boisson), publiée en 1998 (Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998), 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* et l'autre une valeur de dose - *dose totale indicative* (hors tritium) - fixée à *0,1 mSv/an*.

Ainsi, il apparaît directement que les eaux brutes mosanes, non utilisables comme telles en consommation humaine, respectent néanmoins 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 : l'impact de l'IRE reste négligeable.

Par comparaison avec les mesures précédentes, la contribution (apport de tritium) du site nucléaire de Tihange est détectable, quoi que peu marquée, en aval de la centrale à **Ampsin** ainsi qu'à **Monsin** ce qui indique un impact faible de la centrale.

En ce qui concerne Lanaye (frontière hollandaise), 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 sont dues aux (très) faibles rejets opérés par la centrale de Tihange, celles des émetteurs alpha totaux (et de Ra-226) sont d'origine naturelle; une explication pourrait être qu'elles sont remises en solution à partir des sédiments.

Conclusions

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/an, ne tient pas compte du K-40, du radon et de ses produits de filiation qui, bien sur, participent à la teneur en béta totaux mesurée.

Les eaux mosanes ne présentent donc pas de problème radiologique particulier. Il faut néanmoins continuer à contrôler la réalité des déclarations de rejets des électriciens par le biais de ce suivi radiologique.

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 ²²⁶Ra associé aux rejets industriels dans le bassin de la Nete par les usines de Kwaad-Mechelen et Tessengerlo sur le Grote Laak et le Winterbeek.

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

Des émetteurs béta – hors tritium - (dont le ⁹⁰Sr) et du ⁶⁰Co sont détectés : respectivement moins de 0,4 Bq/litre et de 0,2 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 pour les radioéléments naturels, ainsi qu'à celles de centres de recherche nucléaire et de l'activité de réacteurs nucléaires pour les artificiels.

Les niveaux d'activités en alpha et béta sont très faibles voire à peine supérieurs aux limites de détection des appareils de mesure (cas des alpha totaux). D'une manière générale, il faut noter que les niveaux d'activité des radioéléments émetteurs alpha sont de l'ordre de 0,01 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, béta 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 en général inférieures à 50 Bq/litre, avec des pointes (souvent de mai à juin-juillet) de l'ordre de grandeur de la valeur paramétrique de 100 Bq/l fixée dans la directive européenne pour les eaux de boisson.

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 de la 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 rejets 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 – surtout chimiquement (berges, zones de dépôt de boues de dragage etc.). Il conviendrait de diminuer à l'avenir l'apport de contaminants chimiques et radioactifs.

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 de Geel, on détecte toujours la présence d'émetteurs béta : les niveaux d'activité en béta totaux sont en général inférieurs à 0,3 Bq/litre. Ces teneurs sont du même ordre de grandeur de celles du potassium 40 (naturel). Des traces d'émetteurs alpha (mesures en alpha totaux) sont encore détectées (teneurs voisines des limites de détection : 0,02 Bq/litre).

Le tritium est toujours présent mais à des niveaux plus faibles que ceux mesurés pour la Molse Nete : moins de 10 Bq/litre en général avec quelques "pics" voisins de 100 Bq/litre ou plus, observés parfois aux mêmes périodes que pour la Molse Nete.

Il est impossible de faire corrélérer parfaitement ces variations avec les teneurs enregistrées dans la Molse Nete aux mêmes périodes. En effet, ces cours d'eau reçoivent énormément d'effluents d'origine industrielle qui influent sensiblement sur le régime hydrique de ces rivières et par conséquent jouent sur les phénomènes de dilution et donc sur les mesures rapportées par unité de volume (Bq/litre).

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

Depuis 1993, il faut noter une tendance à la diminution des teneurs en émetteurs alpha totaux (dont celles en ^{226}Ra) : on passe de 4-5 Bq/litre en moyenne à 1-2 Bq/litre actuellement. 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 ^{40}K (naturel) expliquent en grande partie l'activité enregistrée en béta totaux dans ces eaux.

Depuis 2000, un autre cours d'eau reçoit les rejets des installations : le **Winterbeek**. Les teneurs en alpha totaux mesurées dans les eaux de ce cours d'eau sont voisines de celles observées dans le Laak : de 1 à 1,5 Bq/litre. Celles en ^{226}Ra fluctuent de 0,2 à 0,5 Bq/litre pour 0,1 à 0,3 Bq/litre dans le Laak à la même période.

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.

En effet, le ^{226}Ra - radioélément naturel - période physique 1620 ans, est classé dans la catégorie des radionucléides de radiotoxicité très élevée (ses descendants sont le radon 222 gazeux, le plomb 210 - 22 ans de période).

A ces niveaux de 0,2 à 0,5 Bq/litre en ^{226}Ra , à mettre en rapport avec la directive européenne concernant les eaux de boisson où une valeur "screening" pour les α 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, ces cours d'eau, dont le débit est fixé en quasi-totalité par les rejets d'effluents chimiques du complexe de Tessenderlo, baignent 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}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 : entre 0,010 et 0,015 Bq/litre. Il apparaît que ces eaux présentent un problème chronique de charge polluante encore non négligeable en radium.

Près d'**Anvers** et à **Doel**, les teneurs mesurées en radium sont négligeables (quelques mBq/litre à une dizaine de mBq/litre).

En aval de **Doel** (centrale nucléaire), les éléments lourds restent sous forme de traces (uranium d'origine naturelle) ou sont non mesurables (plutonium et américium). Les émetteurs bêta sont un peu mieux détectés tout en restant présents à de faibles niveaux d'activité : 2 à 4 Bq/litre en général.

Des traces d'émetteurs gamma sont détectées ponctuellement : ^{137}Cs et ^{90}Sr .

Conclusions

Les eaux du bassin de la Nete (Molse Nete, Laak, Winterbeek) doivent continuer à être contrôlées car, même si leur principal problème relève d'une forte charge en pollution chimique, leurs teneurs en ^{226}Ra (et sa concentration dans les sédiments et les boues) sont à surveiller.

Il est par contre rassurant d'observer que les installations opérant des rejets dans ces cours d'eau ont fait de gros effort pour diminuer leur impact sur ces écosystèmes. Néanmoins, les quantités rejetées ne sont toujours pas négligeables et se surajoutent à un "historique" qu'il conviendrait de mieux appréhender par des études visant à localiser exactement les sites touchés et à dégager des stratégies permettant de restaurer une qualité radio-chimique acceptable pour ces écosystèmes.

5.1.3. Les EAUX de la MER du NORD

Plusieurs points de prélèvements ont été choisis en face de la côte belge où des campagnes de prélèvements d'eau de mer, de sédiments et de poissons de fond sont organisées 4 fois/an par le bateau océanographique "Belgica". Les mesures réalisées portent sur un suivi des teneurs en radioéléments émetteurs alpha, bêta, gamma et en ^{40}K en ce qui concerne la radioactivité naturelle.

Les résultats obtenus montrent que les niveaux d'activité de l'eau de mer, dus principalement à des traces d'émetteurs bêta, sont très faibles et restent du même ordre de grandeur que le bruit de fond naturel (^{40}K) : ~ 11 Bq/litre.

5.1.4. CONCLUSIONS GENERALES

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 ^{226}Ra est régulièrement détecté dans les eaux fluviales du bassin de la Nete mais il reste, près de Tessenderlo (Grote Laak et Winterbeek), à ses niveaux les plus "élevés" de l'ordre de grandeur des teneurs en potassium 40. Le Grote Laak et le Winterbeek, dont le débit est fixé en quasi-totalité par les rejets d'effluents du complexe chimique de Tessenderlo, baignent 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 ^{40}K , 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 ^{40}K .

5.2. Radioactivité des sédiments

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. SEDIMENTS DE LA MEUSE ET DE LA SAMBRE

Des sédiments sont prélevés mensuellement sur la Meuse en France à Givet, en Belgique à Tailfer, Andenne, Amay, Lixhe et Lanaye. 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.

Les sites de **Givet** et de **Tailfer** intègrent, sur la Meuse, les rejets de la centrale nucléaire de Chooz située en France.

On remarque tout d'abord la présence de ^{40}K et de ^7Be (radioéléments naturels) à des teneurs de loin plus élevées que celles des autres radioéléments artificiels (200 à 500 Bq/Kg).

On détecte aussi du radiocésium (^{137}Cs), des traces de cobalt (^{60}Co) et de strontium (^{90}Sr) ainsi que parfois la présence de quantités très faibles d'éléments transuraniens ($^{238-239}\text{Pu}$ et ^{241}Am). Tous ces radioéléments artificiels proviennent des rejets de la centrale de Chooz en France. Les sédiments se comportent comme un piège dans la mesure où, de par leur nature minérale, ils offrent une grande quantité de sites spécifiques de fixation aux radioéléments (césium par exemple). A ce titre, ils sont donc de très bons indicateurs (intégrateurs) d'un apport de radioactivité.

En ce qui concerne le ^{137}Cs , 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}Cs fluctuaient autour des valeurs 60 à 80 Bq/Kg. Actuellement, elles semblent diminuer pour fluctuer autour d'une dizaine de Bq/kg en 2000.

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 : ^{40}K et ^7Be . On détecte encore la présence de ^{137}Cs (de l'ordre de 10 Bq/kg) et parfois celle d'un peu d' ^{131}I (provenant probablement des rejets hospitaliers).

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 août 1999 à Floriffoux et à Andenne.

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

En effet, on enregistre par exemple des teneurs plus élevées en ^{58}Co et ^{60}Co en août 1998 qui sont dues à des rejets plus marqués, bien que largement inférieurs aux limites autorisées, de l'unité 3 de la centrale. En 1999, la même observation peut être faite en octobre par rapport aux rejets de l'unité 1 en particulier..

Le site de **Lixhe**, situé à la frontière hollandaise intègre l'ensemble des apports de radioactivité en provenance de la Meuse belge. On détecte toujours des traces de ^{137}Cs , de ^{58}Co et ^{60}Co à des teneurs variant de 10 à 20 Bq/kg. La radioactivité naturelle apportée par le ^{40}K et le ^7Be reste toujours de loin supérieure : de 200 à 500 Bq/kg.

On note la présence plus importante d' ^{131}I de mai à août 1999. 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 en Hollande près de la frontière 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' ^{131}I dont l'origine doit provenir de rejets hospitaliers, vraisemblablement ceux de la ville de Eijsden en Hollande.

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

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 ^{40}K et ^7Be .

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 limites 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' ^{131}I est détecté de manière chronique à des teneurs voisines de celles mesurées pour la radioactivité naturelle (^7Be).

5.2.2. SEDIMENTS 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 le Grote Laak et le Winterbeek depuis l'année 2000 (complexe industriel de Tessenderlo), sur la Molse Nete (site nucléaire de Mol), sur la Nete-Grote Nete à Lier et près de Geel. 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}Ra .

Les données obtenues pour les sédiments du **Grote Laak** et du **Winterbeek** (en 2000) montrent que les sédiments accumulent le ^{226}Ra rejeté par les sites industriels de Kwaad-Mechelen et de Tessenderlo : les teneurs fluctuent en général de 500-700 Bq/kg pour le Laak contre 40-60 Bq/kg pour le Winterbeek.

On note la présence de ^{137}Cs (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, 10-18 Bq/kg pour les ^{144}Ce et ^{106}Ru , 25-40 Bq/kg pour les ^{131}I et ^7Be .

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}Ra , ^{40}K et ^7Be).

Les $^{134,137}\text{Cs}$ sont présents à des teneurs voisines - voire plus élevées que celles déterminées en général pour le ^{40}K (~200-250 Bq/kg) : 200 à 400 Bq/kg pour le ^{137}Cs (avec un "pic" à près de 700 Bq/kg en 1998 et un autre de 800 Bq/kg en 2000). On détermine de 30 à 100 Bq/kg pour le ^{60}Co (avec un "pic" à plus de 200 Bq/kg en 1998), le ^{90}Sr est parfois présent à moins de 50 Bq/kg (limite de détection de 23 à 33 Bq/kg).

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

Néanmoins, en plus du ^{226}Ra , des émetteurs alpha naturels tels que les uraniums 234 et ^{238}U , 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 recherches nucléaires de Mol. La détection de transuraniens (alpha artificiels) tels que les 239 et ^{238}Pu (de quelques Bq/kg à ~30 Bq/kg) et ^{241}Am (~de 20 à 40 Bq/kg) 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.

Il serait opportun, à l'avenir, 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).

Près de Geel sur la **Grote Nete** à l'embouchure de la Molse Nete, les sédiments contiennent encore du ^{137}Cs (quelques dizaines à ~ 150 Bq/kg), du ^{134}Cs (< 10 Bq/kg), du ^{60}Co (quelques dizaines de Bq/kg à ~ 100 Bq/kg), des traces de ^{131}I .

A Lier, au confluent de la **Nete** avec la **Grote Nete**, les apports du Grote Laak et de la Molse Nete sont bien visibles malgré une dilution certaine des effluents liquides en provenance de Tessenderlo et des installations de Mol : les niveaux de ^{226}Ra détectés ont diminué pour atteindre 100 à 200 Bq/kg et l'on note encore la présence de ^{137}Cs (~ 20 Bq/kg) ainsi que celle du ^{60}Co ($\sim 2-3$ Bq/kg). Les limites de détection sont atteintes pour les autres radioéléments recherchés ($^{54}\text{Mn} \sim 1$ Bq/kg, $^{57,58}\text{Co}$ - ^{95}Nb - ^{95}Zr - $^{103}\text{Ru} \sim 1-3$ Bq/kg, $^{106}\text{Ru} \sim 10$ Bq/kg, $^{141}\text{Ce} \sim 2-3$ Bq/kg, $^{144}\text{Ce} \sim 5-9$ Bq/kg).

Enfin, sur l'**Escaut** à Doel, écosystème estuarien très complexe au point de vue de la physico-chimie des échanges eaux-sédiments, la radioactivité naturelle due au ^{40}K (550 à 650 Bq/kg) est de loin supérieure à celle induite par les éléments artificiels. Les niveaux de ^{226}Ra sont ici encore plus faibles : 70 à 80 Bq/kg en 1998 pour 40 à 70 en 1999 et 2000. Les ^{228}Th et ^{232}Th (émetteurs alpha naturels) sont également détectés en routine à des teneurs voisines de 40-50 Bq/kg. On note encore la présence de ^{137}Cs et de ^{60}Co à des teneurs voisines de 15-20 Bq/kg et ~ 5 Bq/kg respectivement.

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 ^{40}K comme "témoin de la radioactivité naturelle".

De plus, le suivi de cet écosystème aquatique complexe, car de type dulçaquicole en ce qui concerne le bassin de la Nete et de type marin dans l'estuaire de l'Escaut, doit se poursuivre dans le cadre d'études pratiques ainsi que d'autres plus théoriques.

Une approche pratique concerne l'évaluation des zones contenant des teneurs trop élevées en radium ainsi qu'une estimation des moyens techniques et financiers en vue de la réhabilitation de ces dernières.

Des études théoriques devraient œuvrer en vue de déterminer et de quantifier les paramètres responsables de la dynamique des radioéléments entre les sédiments et l'eau en fonction de paramètres physiques tels que le débit, la température, l'activité de la flore et de la faune des sédiments, les variations de salinité etc.

Une meilleure connaissance scientifique de cet écosystème pourrait en effet dégager des données nécessaires au calcul de doses à la population ainsi qu'à l'obtention de paramètres

utiles à la modélisation et donc, à la prévision du mouvement des radioéléments injectés dans cet écosystème d'eau douce qui se "salinise" par la suite.

5.2.3. SEDIMENTS DE LA MER DU NORD

Près de la côte belge, les sédiments marins sont récoltés d'une année à l'autre aux mêmes endroits lors des campagnes du Belgica. Quatorze prélèvements sont opérés dans une frange allant de 5 à 25 km au large des villes de Koksijde, Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge (un point est situé à 37 km à l'aplomb de Wenduine près de Blankenberge).

Ces échantillons permettent de mettre en évidence des traces de ^{137}Cs ($< 1,5\text{-}2\text{ Bq/kg}$) et de ^{60}Co (1 à 4 Bq/kg). Les autres radioéléments recherchés ne sont pas détectables (niveaux inférieurs ou égaux aux seuils de détection des appareils de mesure).

Conclusions

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

5.3. Radioactivité de la faune et de la flore aquatiques

Les mousses et les végétaux aquatiques sont particulièrement sensibles à court et moyen termes 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 sur Meuse, près de Chooz, à Givet en ce qui concerne la haute Meuse (site de Chooz), à Hastière, et enfin à Ivoz-Ramet (et Ampsin) en aval de Tihange. On y mesure les principaux émetteurs gamma ainsi que le ^{226}Ra et le ^{232}Th .

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

En Mer du Nord :

Cette dernière reçoit directement, non seulement les effluents liquides des installations nucléaires françaises (les centrales nucléaires de Gravelines, via la Manche celles de Paluel, de Flamanville et l'usine de retraitement de la Hague) et anglaises (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 (accords OSPAR).

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

En ce qui concerne la **flore**, la végétation choisie comme bioindicateur est constituée pour la pollution atmosphérique de lichens – *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* et *Ramalina farinacea* et pour la pollution aquatique d'une mousse commune en écosystème dulcicole : *Cinclidotus danubicus*.

En ce qui concerne le vecteur atmosphérique, des lichens sont prélevés près des sites de Chooz A (démantelé actuellement) et de Chooz B (en activité) ainsi qu'en Belgique à Falmignoul près de Hastière juste après la frontière franco-belge.

Mis à part les marqueurs naturels – ^7Be et ^{232}Th , les lichens proches du site de Chooz ont concentré un peu de ^{137}Cs (teneurs en général < 10 Bq/kg). On note une tendance à la diminution de 1998 à 2000. En Belgique, à Falmignoul, les lichens prélevés concentrent toujours un peu de ^{137}Cs (10 à 20 Bq/kg avec des pointes à 50 Bq/kg en 1999) et de ^3H (10 à 15 Bq/kg). Ici aussi on note une tendance à la diminution de la concentration en radiocésium de 1998 à 2000.

Pas de problème radiologique particulier à signaler.

Pour ce qui est du vecteur aquatique, les mousses sont 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.

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, radiomanganèse, 20 à 30 Bq/kg pour le Th et le Ru) mais, même dans ce cas, elles sont à peine significatives.

Le site de **Givet** en France et celui de **Hastière** en Belgique situé juste après la frontière franco-belge intègrent, rappelons-le, les rejets de la centrale nucléaire française de Chooz et ceux des hôpitaux de Givet et Charleville.

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

Situés un peu plus en aval de la centrale au nord de Givet en Belgique, les prélèvements effectués à **Hastière** présentent des niveaux d'activités faibles et ici aussi à peine supérieurs aux seuils de détection quand ils sont mesurables. Le ^{137}Cs est parfois détecté (teneurs à peine supérieures aux seuils de détection et à ce titre très peu significatives) ainsi que du ^{232}Th .

Le site **d'Ivoz-Ramet** (et **d'Ampsin**) 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. Les mousses concentrent plus de radioactivité en radiocobalt (60 et dans une moindre mesure 58). Ces teneurs en cobalt (de 3 à 35 Bq/kg pour des limites de détection fluctuant de 5 à 10 Bq/kg selon les années) sont dues à des rejets plus importants de ce radioélément provenant du site nucléaire.

Pour ce qui est de la **faune**, seuls des poissons ont pu être pêchés en 1998. Il s'agissait d'une espèce non prédateur, le gardon (*Rutilus rutilus*) et d'une autre carnivore, la perche (*Perca sp.*). Hormis du ^{40}K , seules des traces de ^{137}Cs ont été mises en évidence chez la perche (phénomène de concentration le long de la chaîne alimentaire). Rien à signaler par ailleurs.

Conclusions

Les bioindicateurs de la contamination radioactive des eaux choisis permettent, par leur capacité à concentrer à court et moyen termes les radioéléments de l'eau, de mettre en évidence des traces de radioactivité de l'ordre de celles mesurées pour les radioéléments naturels ^{226}Ra et ^{232}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 bioindicateurs retenus pour la **flore** de l'Escaut sont constitués d'algues marines (*Fucus vesiculosus*) prélevées à **Yerseke** (zone nord-est de la presqu'île de Beveland aux Pays-Bas) qui ne concentrent pratiquement pas de radioactivité.

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

En ce qui concerne les sites de **Kloosterzande** et de **Hoofdplaat**, situés sur la partie estuarienne de l'Escaut au nord de la frontière belgo-hollandaise, les algues (*Fucus vesiculosus*) prélevées concentrent essentiellement du ^{226}Ra ainsi que des traces de thorium et de strontium. Ces zones de prélèvement sont en effet plus exposées aux apports de ce radioélément (^{226}Ra) par les eaux de l'Escaut qui ont reçu celles provenant du bassin de la Nete.

En ce qui concerne le radium, les teneurs des algues des différents sites restent de l'ordre de celles mesurées les années précédentes (10 à 20 Bq/kg). 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 au cours des années antérieures (on avait noté une diminution progressive de celles-ci de 1991 à 1995).

Les bioindicateurs retenus pour la **faune** de l'Escaut (zone estuarienne) sont constitués de mollusques (moules marines *Mytilus edulis*) et de crustacés prélevées à **Yerseke** (zone nord-est de la presqu'île de Beveland aux Pays-Bas) ainsi que de crevettes (*Crangon sp.*) provenant de **Kieldrecht** (estuaire de l'Escaut en aval de la centrale de Doel).

La faune marine provenant de Yerseke révèle la présence de radioactivité naturelle (K, Ra, U, Th). Des traces d' ^{241}Am sont parfois mises en évidence (signature d'une activité nucléaire telle qu'une usine de retraitement ou une centrale nucléaire).

Les crevettes de Kieldrecht sont "propres" radiologiquement parlant. En effet, à part la présence de radioactivité naturelle on détecte très rarement des traces d'émetteurs artificiels (0,1 à 0,2 Bq/kg) tels que ^{241}Am , ^{238}Pu et ^{137}Cs .

Conclusions

L'analyse des résultats précédents montre que la situation radiologique de l'estuaire de l'Escaut et des zones maritimes voisines est bonne. L'impact des activités humaines dans l'industrie nucléaire est parfois détectable mais à des niveaux de traces; celles-ci peuvent être mises en évidence par les niveaux de détection bas qu'autorisent les techniques de mesure de la radioactivité.

Il faut maintenir à l'avenir la collecte des bioindicateurs marins de la radioactivité des eaux. Ces derniers peuvent seuls révéler à court et moyen termes 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

Flore : les principaux radioéléments détectés dans les végétaux marins (*Fucus vesiculosus*) prélevés sur un brise-lames à **Ostende** sont des éléments naturels : ^{40}K ainsi que des éléments lourds comme les $^{234, 238}\text{U}$ et $^{228, 230, 232}\text{Th}$.

Des traces de radioéléments artificiels sont néanmoins détectés : de ^{131}I , du ^{60}Co et du ^{137}Cs (teneurs voisines des limites de détection) ainsi que de ^{235}U 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.

Faune marine (mollusques, poissons et crustacés) : les moules et les crevettes sont également prélevées à Ostende alors que pour les 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 moules concentrent un peu de ^{60}Co (de 0,1 à 0,3 Bq/kg, limites de détection ~0,15-0,25 Bq/kg), de ^{137}Cs (0,1 à 0,2 Bq/kg pour une limite de détection de ~0,1-0,2 Bq/kg). Des traces de transuraniens sont également détectées : de 0,01 à 0,07 Bq/kg en $^{238, 239}\text{Pu}$. Les limites de détection avoisinent pour les plutonium les 0,015-0,020 Bq/kg. Il va sans dire que l'on peut tout juste avancer que des traces de radioactivité artificielle sont détectées.

Les crevettes renferment également des traces de ^{137}Cs : les teneurs sont en général < 0,1 Bq/kg (valeurs de l'ordre de grandeur des limites de détection). Quelques traces de plutonium sont mises en évidence (teneurs égales aux limites de détection). Là encore ces mesures sont peu ou pas significatives.

Les poissons, essentiellement des poissons plats (soles, limandes, plies) vivant sur les fonds marins, contiennent du ^{137}Cs (0,1 à 0,2 Bq/kg, teneurs au niveau des limites de détection) et parfois des traces de ^{60}Co . Quelques traces de plutonium sont mises en évidence (teneurs égales aux limites de détection).

Dans tous les cas la radioactivité naturelle est aisément mesurée avec des teneurs allant jusqu'à 10^2 Bq/kg en ^{40}K , quelques Bq/kg en ^{238}U dans les moules etc.

Conclusions

Pas de problèmes radiologiques particuliers à noter. Les teneurs en radioéléments artificiels étant très en deçà de celles du ^{40}K (radioactivité naturelle).

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 d'eaux de distribution et des denrées alimentaires comme du lait, des viandes, des poissons de mer et de rivières ainsi que des 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}Sr et le ^{137}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 à court terme par la présence éventuelle de ^{131}I et à long terme par celle de ^{137}Cs , de ^{134}Cs , de ^{90}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. Eaux de boissons

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 dans plusieurs 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 alpha-totale, bêta-totale, le radium 226, le ^{40}K (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 européennes pour la radioactivité des 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 ^3H , 5 Bq/litre en ^{90}Sr , 20 Bq/litre en ^{60}Co , 6 Bq/litre en ^{131}I , 10 Bq/litre en ^{137}Cs , 1 Bq/litre en $^{226,228}\text{Ra}$, 0,1 Bq/litre en ^{232}Th , 4 Bq/litre en $^{234,238}\text{U}$, 0,3 Bq/litre en ^{239}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 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).

C'est l'approche suivie par la Belgique dans le cadre de son programme de surveillance radiologique des eaux de boisson (avec en plus des analyses de spectrométrie gamma effectuées de manière systématique).

La deuxième approche, dite "*d'analyses spécifiques de radionucléides*", repose sur la mesure d'un certain nombre de radioéléments (Uranium, en β : C-14 et Sr-90, en α : Pu-239 et Am-241, en γ : 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 α , β et γ 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 enfants de 1 à 10 ans et de 730 litres pour les adultes ou les enfants de 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).

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 sont de l'ordre de la valeur "screening" de 0,1 Bq/litre. Cette situation est expliquée par des teneurs plus élevées en ^{226}Ra (naturel) qui fluctuent de 0,03 à 0,05 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 dans les différents captages : de 2 à 6 Bq/litre (limite de détection : 1,8 à 2 Bq/litre).

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

Le captage de St Ghislain et dans une moindre mesure celui de Leuze-en-Hainaut-Belœil posent quelques problèmes car les teneurs en alpha totaux dépassent souvent la valeur "screening" de 0,1 Bq/litre et à ce titre devront être analysées plus en détail à l'avenir si après traitement et avant distribution ces teneurs sont encore observées : spectrométries complètes et calcul de la dose totale indicative.

Les teneurs mesurées en alpha totaux sont expliquées en partie par la présence de ^{226}Ra (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 si ces eaux sont distribuées telles quelles.

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, les eaux du captage de St Léger et dans une moindre mesure de celui de Soignies dépassent la valeur "screening" de 0,1 Bq/l en α totaux : elles ont pour St Léger des teneurs qui fluctuent en effet de 0,2 à 0,3 Bq/l avec un pic de 0,7 Bq/l en décembre 1998.

Ces teneurs sont comme précédemment expliquées en partie par la présence de ^{226}Ra dont les teneurs dépassent les 0,1 Bq/l, c-à-d. 20% de la valeur de concentration référence pour cet élément. On mesure en général de 0,20 à 0,25 Bq/l en ^{226}Ra à St Léger. Remarque : le tritium quand il est détectable est présent à des niveaux de concentration faibles, de l'ordre de 2 à 5 Bq/litre.

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

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. On détecte un peu de tritium : 2 à 4 Bq/l.

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

Pour Clavier et Grâce-Hollogne-Liège, globalement pas de problèmes. Les valeurs en tritium fluctuent de 2 à 5 Bq/litre (valeur de la limite de détection : < 2 Bq/litre).

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

Conclusions

L'impact radiologique de l'industrie nucléaire sur les captages contrôlés 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 ^{40}K , radioélément naturel dont la contribution ne doit pas être prise en compte pour le calcul de la dose délivrée à l'homme.

La mise en application de la nouvelle directive européenne contraindra 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 ^{226}Ra (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") 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.

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 particulière.

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}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}K pour la radioactivité naturelle et les ^{90}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 (^{40}K) montrent que la teneur moyenne d'un litre de lait reste constante à environ 45-55 Bq.

Les autres radioéléments, émetteurs bêta (^{90}Sr) et gamma (134 et ^{137}Cs) restent parfois détectables mais les teneurs sont très inférieures à celles du ^{40}K : de 20 à 90 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 les règlements n° 686/95 du 28 mars 1995 et n° 616/2000 du 20 mars 2000).

Les données obtenues sur du **lait collecté près des installations nucléaires** de notre pays (Doel, Tihange, Fleurus, Mol/Dessel) et Chooz en France confirment bien entendu ces résultats.

En ce qui concerne le ^{40}K , sa concentration moyenne dans le lait fluctue de 45 à 50 Bq/litre. Compte tenu des écarts à la moyenne il est clair que la concentration en ^{40}K 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}Cs et ^{90}Sr , les valeurs mesurées restent le plus souvent inférieures aux seuils de détection et quand elles sont supérieures, elles restent très faibles, en général inférieures au dixième de Bq/litre.

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.

Plusieurs catégories de viandes sont prises en compte :

- viande bovine;
- viande porcine;
- viande chevaline (peu consommée en Belgique);
- viande ovine;
- viande de cervidés;
- viande de volaille (poulet, canard, dinde);
- viandes diverses (lapin, autruche, etc.).

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 ont 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 de 100 à 130 Bq/kg de ^{40}K contre moins de 0,7 Bq/kg en ^{137}Cs dans les viandes.

Conclusions

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

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.

Le seul radioélément détectable est le ^{137}Cs . Mais même dans ce cas, les teneurs sont à peine significatives : elles fluctuent en effet de 0,2 à 1,7 Bq/kg pour les poissons marins et de 0,2 à 19 Bq/kg selon le type de poisson (de pleine eau ou "fouilleur" de sédiments ce qui favorise sa contamination).

Les teneurs en ^{40}K sont là aussi largement supérieures : elles sont voisines de 100-120 Bq/kg pour les deux types de poissons.

Conclusions

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

6.5. Légumes

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

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

Le ^{40}K est détecté à raison de 85 à 120 Bq/kg.

Conclusions

Ici encore, pas de problèmes radiologiques à signaler.

6.6. Remarques sur la chaîne alimentaire

Les mesures effectuées sur des denrées de consommation courante en Belgique révèlent le bon état radiologique de ces dernières.

Ce contrôle s'avère néanmoins nécessaire car il constitue un bon outil de détection d'un incident ou d'un accident nucléaire, les produits mesurés jouant souvent le rôle d'indicateurs d'une pollution radioactive.

Les auteurs du présent rapport renvoient le lecteur au rapport spécifique à la chaîne alimentaire 2000 publié en 2001 par l'AFCN, intitulé "Surveillance radiologique du territoire – Rapport de synthèse des données de la chaîne alimentaire – année 2000".

Ce rapport reprend les données obtenues en 2000 dans le cadre de la surveillance du territoire (184 échantillons) **augmentées de** celles fournies par l'Institut d'Expertise Vétérinaire (107 échantillons) qui constituera dans le futur la structure de base de la nouvelle Agence fédérale de Contrôle alimentaire.

Ainsi, un total de près de 300 échantillons de denrées alimentaires a été contrôlé et les données analysées et interprétées.

Les conclusions de ce rapport sont reprises ci-dessous :

*Ce programme de contrôle renforcé met en évidence, comme cela était déjà le cas lors des années précédentes, le fait que **l'influence des installations nucléaires n'est pas perceptible** sur les mesures de la radioactivité des denrées alimentaires.*

L'état radiologique des denrées alimentaires contrôlées est excellent avec pratiquement jamais de radioactivité artificielle décelable et ce, malgré des limites de détection qui sont particulièrement faibles en ce qui concerne la détection de la radioactivité.

D'une manière générale, sur près de 300 échantillons mesurés, seule une cinquantaine d'échantillons présente une teneur en radiocésium "détectable" bien que restant au niveau des limites de détection. Il est évident que ces mesures ne sont pas vraiment significatives car elles sont entachées d'une erreur souvent du même ordre de grandeur que celui de la mesure elle-même.

D'autre part, les concentrations en radiocésium restent de plusieurs ordres de grandeur (2 à 3) inférieures aux limites fixées par la Commission Européenne dans son règlement du Conseil 616/2000.

Une approche "pessimiste" (NduR : en l'absence de mesure significative, la limite de détection est considérée comme une valeur de mesure) , donc conservatrice, confirme ces résultats.

*On peut donc **conclure** au regard de ces analyses **en l'absence de toute radioactivité artificielle significative** dans les denrées analysées. Dès lors, la santé du consommateur n'est absolument pas mise en danger par le biais de la consommation des denrées alimentaires distribuées sur le territoire belge.*

7. REJETS ATMOSPHERIQUES ET LIQUIDES DES SITES NUCLEAIRES

7.1. Rejets atmosphériques

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 de 1998 à 2000 passent de 0,36 à 0,158 % de la limite pour les gaz rares, de 0,026 à 0,0036 % pour les aérosols (béta-gamma), de 0,031 à 0,0067 % pour les iodes et de 11,4 à 13,5 % 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 rejetées de 1998 à 2000 passent de 0,11 à 0,003 % de la limite pour les gaz rares, de 0,0016 à 0 % pour les aérosols (béta-gamma), de 0,09 à 0,057 % pour les iodes et de 0,06 à 0,019 % pour le tritium (6,37 % en 1999).

Aucun problème radiologique à signaler compte tenu de ces résultats.

7.2. Rejets liquides

Centrales nucléaires :

En ce qui concerne le **site de Tihange**, trois réacteurs totalisant une capacité totale de 2937 MWe, les limites des rejets liquides sont fixées à $1,48 \cdot 10^5$ GBq en ^3H et à $8,88 \cdot 10^5$ MBq en émetteurs béta-gamma.

Les rejets liquides les plus importants en activité sont constitués par le tritium : ils fluctuent de 22 % (en 1998 et 2000) à 45 % (en 1999) de la limite.

Les rejets en émetteurs béta-gamma sont par contre très largement inférieurs à la limite : ils fluctuent de 1,4 à 2,3 % de celle-ci.

En ce qui concerne le **site de Doel**, quatre réacteurs d'une capacité totale de 2776 MWe, les limites de rejet sont fixées à $1,04 \cdot 10^5$ GBq en ^3H et à $1,50 \cdot 10^6$ MBq en émetteurs béta-gamma.

Les rejets liquides les plus importants sont constitués ici aussi par le tritium : ils passent de 45 à 30 % de la limite de 1998 à 2000.

Les rejets en émetteurs béta-gamma sont là encore très largement inférieurs à la limite : ils sont de l'ordre de 1 à 1,8 % de celle-ci.

Installations nucléaires :

Les rejets liquides du **site nucléaire de Mol** sont effectués dans la Molse Nete via les installations de Belgoprocess 2 (ancienne installation de traitement des rejets liquides du CEN). 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 au maximum 0,3 % de la limite. Les rejets détaillés de Belgoprocess figurent en annexe.

Les rejets liquides de la **FBFC internationale**, fabrique de combustible nucléaire et d'assemblage de MOX, sont opérés vers un puits perdu situé sur le site. Ces rejets n'atteignent pas la Molse Nete. Des quantités sensibles d'émetteurs alpha sont rejetées : de 1 à 10 Bq/litre.

Usines chimiques (engrais phosphatés) :

En 2000, les rejets opérés par **Tessengerlo Chimie** ont été mesurés directement dans le canal de rejet de ces derniers dans le Winterbeek. Les quantités d'émetteurs alpha totaux fluctuent de 1 à 4 Bq/litre pour 0,5 à 3 Bq/litre en ^{226}Ra . Cette radioactivité naturelle se retrouve donc artificiellement injectée dans le bassin de la Nete historiquement via le Grote Laak et actuellement également via le Winterbeek.

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.

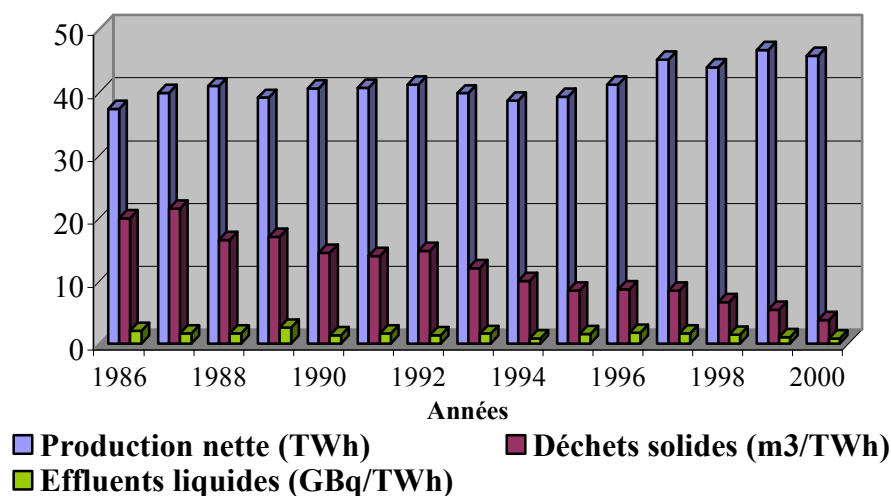
Seuls les rejets de tritium sont significatifs et représentent environ 25% (Tihange) à 30% (Doel) des valeurs maximales autorisées. Il faut noter que ces niveaux sont en diminution par rapport à ceux atteints durant la période 1985-1990 où ils s'établissaient au maximum à 47% pour Tihange et à 67% pour Doel.

Les rejets opérés sur la Molse Nete sont moins négligeables et rendent très nécessaire le contrôle de cet écosystème. La présence d'une industrie chimique à Tessenderlo et ses rejets en ^{226}Ra renforce l'obligation de suivre le statut radioécologique de cette région.

Des études de pollutions chimiques, notamment en métaux lourds devraient, également et principalement, être menées dans tout le bassin de la Nete.

Un autre point intéressant à mettre en exergue concerne la quantité de déchets liquides et solides générés par les centrales nucléaires : 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)



Cela démontre les efforts déployés par les électriciens belges pour d'une part, concilier des objectifs d'optimisation de l'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. Ces éléments d'appréciation démontrent largement l'application du 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 (ancien réseau développé par l'IRE - Fleurus entourant les installations de Tihange et Chooz et nouveau 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. DOSIMETRIE ATOUR DES SITES NUCLEAIRES

La dosimétrie est effectuée à l'aide de TLD (dosimètres thermoluminescents) implantés à environ 1 m du sol en divers points du territoire situés aux environs immédiats des sites nucléaires et dans des agglomérations voisines afin d'obtenir une image réaliste de la dose ambiante reçue par la population.

Ces dosimètres mesurent essentiellement le rayonnement naturel tellurique et cosmique. Les doses annuelles varient en fonction de la nature des roches, elles sont en général plus élevées dans des terrains anciens composés de roches cristallines telles que gneiss et granites. De plus, ces dosimètres enregistrent également une exposition au Radon, gaz radioactif naturel qui se dégage de certains sols (notamment en sols rocheux comme en Ardennes).

La limite de dose à la population fixée à 1 mSv/an n'est pas d'application ici car elle ne prend pas en compte l'irradiation naturelle liée au rayonnement cosmique ainsi qu'à la radioactivité du sol et du sous-sol.

8.1. Centrale de Tihange

La dosimétrie est effectuée à l'aide de TLD implantés en 25 points autour du site de Tihange (en bordure du site au niveau des clôtures) ainsi que dans diverses agglomérations ou lieux situés à proximité du site nucléaire : Tihange, Ampsin, Amay, Solière (situé entre Huy et Andenne) et la centrale hydroélectrique de Socolie.

En ce qui concerne le site nucléaire, les doses enregistrées sont de l'ordre de 970 μ Sv/an soit 0,97 mSv/an.

Dans les agglomérations voisines, les doses enregistrées sont du même ordre de grandeur : elles fluctuent autour de 0,9 à 1 mSv/an (Ampsin et Solière enregistrent les valeurs les plus "élevées avec des doses annuelles de 1 mSv/an). Il faut noter qu'Amay et Solière enregistrent le niveau de bruit de fond de part leur localisation à plusieurs dizaines de kilomètres de la centrale nucléaire.

Pour Socolie, située en aval de la centrale sur les bords de Meuse, les doses sont systématiquement plus faibles : en moyenne elles sont de 0,65 mSv/an. Cette diminution du bruit de fond doit être mise en corrélation avec la nature du sous-sol (remblais et béton des berges) ainsi qu'à la présence d'une masse importante d'eau (le fleuve lui-même) à proximité immédiate.

On peut donc en déduire que la centrale n'induit pas une augmentation de la dose ambiante.

La dosimétrie montre que les doses restent en général inférieures à 1 mSv/an. La limite de dose à la population fixée à 1 mSv/an n'est pas d'application ici car elle ne prend en compte

que l'irradiation liée aux rayonnements artificiels ou au rayonnement naturel dans le cas où des activités humaines entraînent une augmentation non naturelle de ce rayonnement (exemple des mines).

8.2. Centrale de Doel

La dosimétrie ambiante est réalisée à l'aide de TLD implantés en plusieurs points situés sur le site lui-même ainsi qu'aux alentours en diverses localisations (Doel, Kieldrecht, le fort Lillo, une raffinerie etc.).

Les doses enregistrées fluctuent autour de 0,6 à 0,8 mSv/an. Ce niveau de bruit de fond est mesuré sur le site de la centrale, ce qui confirme qu'elle n'a, comme à Tihange, aucune incidence sur la dose ambiante.

Les valeurs inférieures enregistrées sont à mettre en relation avec la nature des sols qui sont beaucoup plus sableux et moins cristallins qu'aux alentours de Tihange.

8.3. Site de l'IRE à Fleurus

La dosimétrie ambiante est réalisée en 12 points à l'aide de TLD implantés sur la clôture.

Les doses enregistrées fluctuent autour de 0,7 à 0,8 mSv/an. Ce niveau de bruit de fond confirme que le site n'a aucune incidence sur la dose ambiante.

8.4. Centrale de Chooz

La dosimétrie est effectuée à l'aide de TLD implantés en 11 points autour du site dans diverses agglomérations en Belgique (situées en ligne droite entre 5 et 8 Km de la centrale française) : Hastière, pour l'est de la botte de Givet à Massembré, Feschaux, Dion, Winenne, Felenne, Bourseigne-Neuve, Bourseigne-Vieille et pour l'ouest de la botte de Givet à Petit Doische, Doische et Vaucelles.

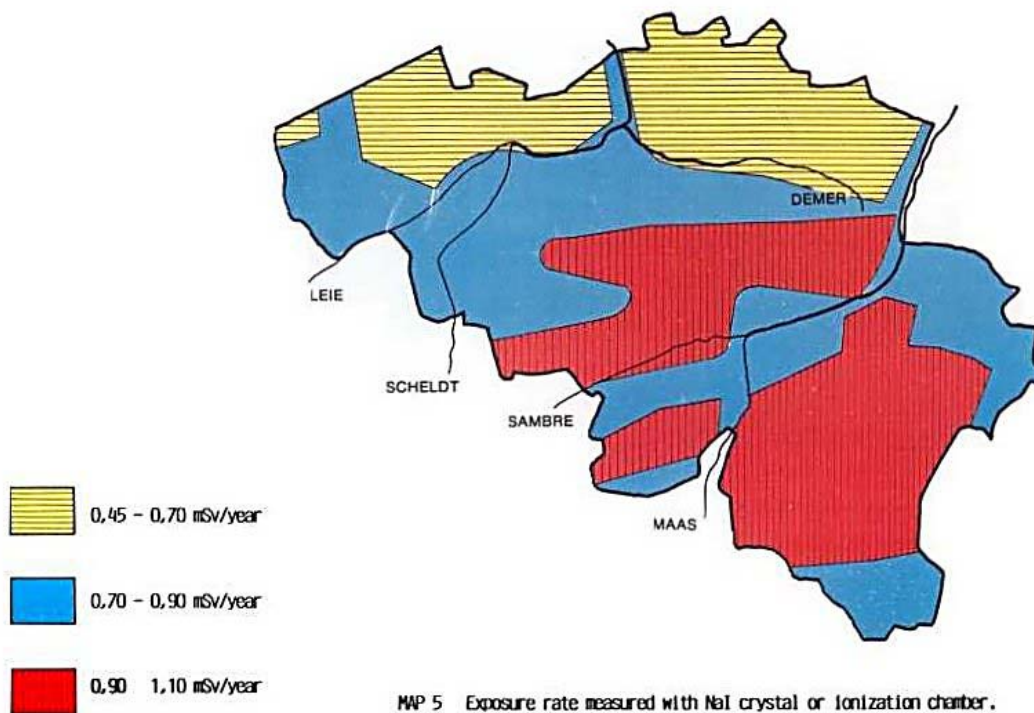
Les doses enregistrées sont du même ordre de grandeur : elles fluctuent autour de 0,6 à 1 mSv/an avec des "pointes" annuelles à 1,1-1,2 mSv selon les lieux et les années. Les fluctuations observées d'une année à l'autre pour un même endroit sont à mettre en relation avec des dégazages plus ou moins importants de radon. Par exemple, à Feschaux on note 0,81 mSv en 1998, 0,67 mSv en 1999 et 1,03 mSv en 2000. De même, à Massembré les doses sont de 0,98 mSv en 1998, de 0,79 mSv en 1999 et atteignent 1,26 mSv en 2000.

On peut donc en déduire que la centrale n'induit pas une augmentation de la dose ambiante.

8.5. Conclusions

Les doses enregistrées aux abords des sites nucléaires sont dues à une origine naturelle - rayonnement naturel tellurique et cosmique - comme le confirment les résultats de mesures instantanées effectuées dans le cadre d'une étude antérieure (1988) menées par l'ISP-LP (IHE à l'époque) et le CEN (rapport BLG 607 intitulé "Measurement of the natural radiation of the Belgian territory").

La figure suivante résume les résultats obtenus à l'époque.



9. CONCLUSIONS GENERALES

L'analyse des résultats obtenus dans le cadre de la surveillance radiologique du territoire belge de 1998 à 2000 amène les commentaires suivants :

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

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.

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

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. Tout rejet un tant soit peu plus important est immédiatement mesuré avec précision.

Cette situation est rassurante sur le plan sanitaire mais devient 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. Cela implique alors d'augmenter les volumes ou les masses des échantillons afin de pouvoir "descendre" à des mesures très bas niveau, seules capables de fournir des valeurs fiables car significatives. La commission Européenne demande d'ailleurs ce type d'effort aux états membres pour certaines mesures.

Si la situation radiologique du territoire belge est tout à fait satisfaisante, un écosystème retient néanmoins l'attention de part sa charge anormalement élevée en radioactivité artificielle mais surtout en radioactivité naturelle (^{226}Ra) : il s'agit de l'ensemble du réseau Laak-Winterbeek-Nete-Escout.

Afin d'assurer un suivi approfondi de cet ensemble, 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 98-2000 confirme l'impression qui prévalait lors de celle des années précédentes : une meilleure connaissance de l'écosystème estuarien de l'Escaut est nécessaire afin, i) 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 et, ii) d'évaluer l'impact réel de ces installations (tant d'un point de vue radioactivité artificielle que radioactivité naturelle) sur l'écosystème marin récepteur.

Pour ce faire, il est nécessaire d'obtenir des données précises sur les rejets des sites industriels et 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).

L'Agence fédérale de Contrôle nucléaire envisage de mettre en œuvre cet effort dans le cadre de la révision de l'ensemble du programme de surveillance radiologique du territoire qu'elle réalise actuellement. Un effort particulier sera mis dans l'harmonisation des bibliothèques de radioéléments mesurés pour l'ensemble du territoire, dans le cadre de chacun des vecteurs potentiels de transfert de la radioactivité qui sont contrôlés (air, rivières, sols, mer, chaîne alimentaire, etc.).

Les exigences des instances internationales (Commission Européenne, OSPAR en regard des accords de Sintra dans le cadre de la politique de protection de la mer du Nord et de l'Atlantique) seront satisfaites dans la mesure du possible via une adaptation dans ce sens du programme de surveillance du territoire.