



ENSP

ÉCOLE NATIONALE DE
LA SANTÉ PUBLIQUE

RENNES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Formation des ingénieurs du
génie sanitaire
1999-2000

LA RADIOACTIVITE NATURELLE DANS
LES EAUX DE CONSOMMATION

Présenté par :
Isabelle de GUIDO
Ingénieur ENITIAA

Lieu de stage :
Bureau des rayonnements
Direction Générale de la Santé

Accompagnant professionnel :
Jean Luc GODET, DGS

Référent pédagogique :
Monique SOYER, ENSP

REMERCIEMENTS

Ce mémoire a pu être réalisé grâce à la disponibilité d'un grand nombre de personnes qui m'ont conseillée et consacré du temps au cours de ce stage.

Je tiens tout particulièrement à remercier :

♦ *Le bureau des rayonnements, SD7D*, dans son ensemble bien sûr, et en particulier

Jean Luc GODET

Evelyne LANDEAU

mais aussi Gaëlle DUCLOS, Dominique MAISON et Christel ROUGY

♦ *Le bureau de l'eau et des aliments, SD7A*, et en particulier

Sophie HERAULT

Diane MOLINARO

♦ *Le personnel de l'OPRI* et en particulier

Nathalie LEMAITRE

Gerno LINDEN

♦ *Les ingénieurs sanitaires des DDASS*

Gilles CHOISNART, Ingénieur du Génie Sanitaire de la DDASS 09 et responsable de SISE-EAUX

Jean JAOUEN, Ingénieur du Génie Sanitaire de la DDASS 87

Roger VAN QUELEF, Ingénieur d'Etudes Sanitaires de la DDASS 35

...et les 59 ingénieurs sanitaires des DDASS qui ont répondu au questionnaire

♦ Messieurs LEROY et de PAEPE du *CRECEP*

♦ Madame SOYER, département EGERIES, *ENSP*.

SIGLES ET ABREVIATIONS

AFNOR	Association Française de Normalisation
AIAE	Agence Internationale de l'Energie Atomique
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CEN	Comité Européen de Normalisation
CIPR	Commission International de Protection Radiologique
COFRAC	Comité Français d'Accréditation
COREPER	Comité des Représentants Permanents
CRECEP	Centre de Recherche et de Contrôle des Eaux de Paris
CSHPF	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DGCCRF	Direction Générale de la Concurrence de la Consommation et de la Répression des Fraudes
DGS	Direction Générale de la Santé
DRASS	Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
DTI	Dose Totale Indicative
EURATOM	Communauté Européenne de l'Energie Atomique
IES	Ingénieur d'Etudes Sanitaires
IGS	Ingénieur du Génie Sanitaire
IPSN	Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
ISO	International Standard Organisation
LAI	Limite Annuel d'Incorporation
LDCA	Limite Dérivée de Concentration dans l'Air
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OPRI	Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants
SAGEP	Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris
SISE-EAUX	Système d'Information en Santé Environnement sur les eaux
UNSCEAR	United Nations Committee on the Effect of Atomic Radiations (Comité Scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants)

SOMMAIRE

ABSTRACT

INTRODUCTION	1
I RADIOACTIVITÉ NATURELLE ET EAUX DE CONSOMMATION	2
I.1 LA RADIOACTIVITÉ	2
I.1.1 <i>Les rayonnements ionisants</i>	2
I.1.1.1 Définitions	2
I.1.1.2 Les unités en radioprotection	4
I.1.2 <i>Effets biologiques des rayonnements ionisants</i>	4
I.1.2.1 L'irradiation par les rayonnements ionisants	4
I.1.2.2 Les effets biologiques	6
I.1.2.3 Evaluation des risques et limites de doses	6
I.2 ... NATURELLE	7
I.2.1 <i>Origines de la radioactivité naturelle</i>	8
I.2.1.1 L'irradiation naturelle a trois origines	8
I.2.1.2 L'irradiation naturelle est variable	8
I.2.2 <i>L'environnement radioactif naturel</i>	9
I.3 ... DANS LES EAUX DE CONSOMMATION	9
I.3.1 <i>Les différents types d'eau</i>	9
I.3.1.1 Les eaux minérales naturelles conditionnées	9
I.3.1.2 Les eaux de consommation	10
I.3.2 <i>La radioactivité naturelle dans les eaux</i>	11
I.3.2.1 Origine de la radioactivité naturelle dans les eaux	11
I.3.2.2 Radionucléides présents dans les eaux	12
I.3.2.3 Impacts sanitaires de la radioactivité naturelle	13
II EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION EUROPÉENNE	14
II.1 LA MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE RÉGLEMENTATION	14
II.1.1 <i>La directive 98/83</i>	14
II.1.1.1 Présentation de la Directive du conseil 98/83/CE du 3 novembre 1998	14
II.1.1.2 Processus d'élaboration d'une "directive eau" qui traite de la radioprotection	14
II.1.1.3 Action des experts d'EURATOM dans le cadre de la Directive 98/83	15
II.1.1.4 Elaboration des normes et choix des paramètres	16
II.1.2 <i>La directive 96/29 EURATOM</i>	19
II.1.2.1 La réglementation en matière de radioprotection	19
II.1.2.2 Présentation de la Directive 96/29 EURATOM du 13 mai 1996	20
II.1.2.3 La radioactivité naturelle renforcée : une nouveauté dans la directive EURATOM	21
II.1.3 <i>Le projet de recommandation radon et eau potable</i>	22
II.1.3.1 Le cas particulier de la problématique radon	22
II.1.3.2 Une exposition à réglementer ... : le projet de recommandation « Radon et eau potable »	24
II.1.4 <i>Le projet de directive cadre ressources en eau</i>	24
II.2 LA NOUVELLE RÉGLEMENTATION : UN SUJET DE DISCUSSIONS	24
II.2.1 <i>Un manque de cohérence entre les différentes réglementations et recommandations</i>	24
II.2.1.1 Sur les valeurs indicatives	24
II.2.1.2 Sur les radionucléides à prendre en compte	25
II.2.1.3 Sur les méthodes de calcul des doses	25
II.2.2 <i>De nouvelles normes excessives et sans fondements scientifiques ?</i>	25
II.2.2.1 Les nouvelles normes sont-elles trop sévères ?	25
II.2.2.2 La problématique des faibles doses	26
II.2.2.3 Doit on faire une distinction entre radioactivité naturelle et artificielle ?	26
III EXPLOITATION ET GESTION DES DONNÉES SUR LA RADIOACTIVITÉ	27
III.1 ANALYSE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS LES EAUX	27
III.1.1 <i>Rôle de l'origine de la ressource</i>	27

III.1.2	<i>Méthodes analytiques</i>	27
III.1.2.1	Mesure de la radioactivité	27
III.1.2.2	Limites de détection des méthodes analytiques	28
III.2	LES EAUX CONDITIONNÉES : SYNTHÈSE DES TRAVAUX	28
III.2.1	<i>Synthèse des données sur la radioactivité dans les eaux conditionnées</i>	28
III.2.1.1	Caractéristiques des eaux conditionnées	28
III.2.1.2	Mesure de la radioactivité des eaux minérales naturelles	29
III.2.1.3	Mesure de la radioactivité des eaux de source et des eaux rendues potables par traitement	30
III.2.2	<i>Spécificités des eaux minérales et calcul des doses engagées</i>	31
III.2.2.1	Des spécificités physico-chimiques	31
III.2.2.2	Une radioactivité plus élevée que pour les eaux potables	31
III.2.2.3	Calcul des doses engagées	32
III.3	LES EAUX D'ADDUCTION PUBLIQUE : EXPLOITATION DES DONNÉES DE L'OPRI	33
III.3.1	<i>Des données gérées par l'OPRI</i>	33
III.3.1.1	Présentation de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants	33
III.3.1.2	Les méthodes d'analyses utilisées par l'OPRI	33
III.3.2	<i>Archivages des données de l'OPRI</i>	34
III.3.2.1	Conservation des dossiers d'analyses	34
III.3.2.2	La problématique des limites de détection	35
III.3.3	<i>Exploitation des données informatiques de l'OPRI</i>	37
III.3.3.1	Nature et traitement des données	37
III.3.3.2	Résultats et analyse de l'exploitation des données	37
III.3.4	<i>Gestion et accessibilité des données sur les eaux d'adduction publique</i>	38
III.3.4.1	Présentation du système d'information SISE-EAUX	38
III.3.4.2	SISE-EAUX et les données sur la radioactivité	39
III.4	ENQUÊTE SUR LA GESTION DES DONNÉES PAR LES DDASS	39
IV	IMPACT DE LA RÉGLEMENTATION SUR LA GESTION DU RISQUE SANITAIRE	41
IV.1	LE DÉVELOPPEMENT DES ANALYSES DE LA RADIOACTIVITÉ	41
IV.1.1	<i>Des conséquences stratégiques et organisationnelles</i>	41
IV.1.1.1	La radioactivité : un nouveau paramètre d'analyse avec des contraintes spécifiques	41
IV.1.1.2	La recherche d'un laboratoire d'analyse : une préoccupation des DDASS	41
IV.1.1.3	... et une stratégie de développement à définir	42
IV.1.2	<i>Des conséquences financières à évaluer</i>	43
IV.1.2.1	Choix des lieux de prélèvement et définitions des fréquences d'analyses	43
IV.1.2.2	Evaluation du coût des analyses de la radioactivité dans les eaux de consommation	44
IV.2	LA GESTION DES DÉPASSEMENTS	45
IV.2.1	<i>Des zones à risques...et le cas particulier du naturel renforcé</i>	45
IV.2.1.1	Une hétérogénéité nationale	45
IV.2.1.2	Cas de la radioactivité naturelle renforcée : exemple de la Haute-Vienne	46
IV.2.2	<i>La gestion des dépassements : prévisions et contraintes particulières pour les DDASS</i>	47
IV.2.2.1	Des difficultés dans la gestion des prélèvements et des analyses	47
IV.2.2.2	Des difficultés dans la gestion du personnel	47
IV.2.2.3	Des difficultés de communication	47
IV.2.3	<i>Une doctrine sanitaire à mettre en place</i>	47
IV.3	ACCESSIBILITÉ AUX DONNÉES POUR LE CONSOMMATEUR ET INFORMATION DU PUBLIC	49
IV.3.1	<i>Information du consommateur : une obligation et un besoin</i>	49
IV.3.1.1	Le consommateur doit être informé	49
IV.3.1.2	Perception du public sur la radioactivité naturelle : un risque mal connu	49
IV.3.2	<i>Quelle communication envisager ?</i>	50
IV.3.2.1	Sondage auprès de consommateurs	50
IV.3.2.2	La position des DDASS	51
IV.3.2.3	Les outils de communication à utiliser	51
CONCLUSION		52
ANNEXES		
DÉFINITIONS		
BIBLIOGRAPHIE		

ABSTRACT

NATURAL RADIOACTIVITY IN DRINKING WATER

Water is enriched with **natural radionuclides** when it passes through old massive rock formations. The exposition to ionising radiation at low doses can lead to cancer or genetically transmitted illnesses. However, no conclusive health impact has manifested itself at these doses and the use of a linear dose-effect model without threshold is the consequence of a prudent decision.

Regulation distinguishes natural mineral waters from waters supplied for human consumption, which depend on the **Council Directive 98/83 EC** of the 3rd November 1998. This directive introduces two parameters for radioactivity: **tritium** and **Total Indicative Dose (TID)** with 100 Bq/l and 0.1mSv as screening values.

This report aims to evaluate the **impact** of these new norms. To this end the analysis results of radioactivity in water kept by OPRI have been studied. Ancient data can not easily be exploited because of the evolution of the **detection limits**. However, most recent computer data have been exploited and put on display in departments that present sensitive zones to estimate **norms overstepping**. Studies on bottled mineral waters have shown that some of them could overstep the screening values of the directive if they had to conform to the same regulation as waters supplied for human consumption. About sixty **DDASS** answered the questionnaire that had been sent to each department. Their responses revealed **difficulties** that might be envisaged after the introduction of these new parameters (organisation of the analysis, search of a laboratory, consumer's information...).

The elaboration of a "**health doctrine**" should help to maintain compliance with the 98/83 EC directive screening values, and the member states shall define the strategy to take in case of norms overstepping, but **communication** to the **DDASS staff** and the **public** is indispensable too.

INTRODUCTION

Au cours des quinze dernières années beaucoup de nouvelles connaissances ont été acquises concernant la radioactivité naturelle, ses différentes voies et conditions d'exposition pour l'homme, sa variabilité, la relation entre exposition et dose, son impact potentiel pour la santé.

Un sondage réalisé en octobre 1999 par l'institut BVA pour l'IPSN indique que la radioactivité est une préoccupation importante des français mais qu'elle reste mal connue du public. Les *rayonnements naturels* sont, par exemple, rarement cités spontanément comme constituant la *principale cause d'irradiation* de l'homme.

Ainsi, même s'il est indéniable que l'homme a toujours été exposé à des rayonnements sans que sa survie n'ait été mise en péril, la réduction de ce risque constitue un *enjeu sanitaire important*. C'est donc bien dans l'esprit de mise en œuvre du principe de précaution, que les instances internationales d'expertise ont émis des recommandations en matière de gestion du risque radiologique potentiel d'origine naturelle, recommandations qui ont été en partie ou seront, adaptées et transcrites dans les *réglementations communautaires et nationales*.

L'introduction de deux paramètres de radioactivité – le *tritium* et la *Dose Totale Indicative* - dans la *directive du Conseil de l'Union Européenne n°98/83* du 3 novembre 1998 relative aux eaux destinées à la consommation humaine permet ainsi à la France de faire entrer la surveillance de la radioactivité des eaux dans le cadre réglementaire existant.

Mais cette nouvelle réglementation implique des différents enjeux, aussi bien au niveau central pour la *Direction Générale de la Santé* qu'au niveau des départements pour les *DDASS* chargées du contrôle sanitaire des eaux de consommation.

Se pose notamment la question d'une *exploitation des résultats d'analyses* conservés au plan national en vue de déterminer les *dépassements* éventuels et les *zones à risques* mais aussi celle de la *gestion* par les *DDASS* de ces nouveaux paramètres sensibles dans un contexte de transparence et de pédagogie *vis à vis du public*.

LA RADIOACTIVITE NATURELLE DANS LES EAUX DE CONSOMMATION

I RADIOACTIVITE NATURELLE ET EAUX DE CONSOMMATION

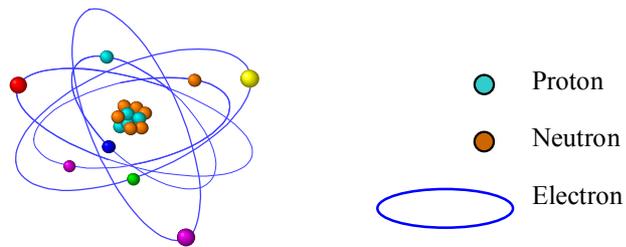
I.1 La radioactivité

I.1.1 Les rayonnements ionisants

I.1.1.1 Définitions

La *radioactivité* est la propriété qu'ont certains noyaux atomiques de se transformer spontanément en noyaux ayant d'autres propriétés, transformation qui est accompagnée par l'émission de rayonnements. Pour un noyau radioactif, la radioactivité est caractérisée par la nature des rayonnements émis, l'énergie transportée par ces rayonnements, la période de la transformation radioactive [1].

Un *atome* est constitué d'un noyau autour duquel gravitent des électrons. Le *noyau* est formé de deux types de particules : les protons et les neutrons.



Certains noyaux sont instables : ils se transforment spontanément (ils se désintègrent) en émettant différents types de rayonnements. On dit que les éléments constitués d'atomes ayant des noyaux instables sont des éléments radioactifs ou radioéléments ou radionucléides [2].

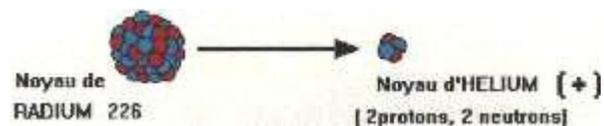
Certains éléments existent dans la nature (potassium, uranium naturel), d'autres sont produits artificiellement, par exemple dans les centrales électronucléaires (iode 131, césium 137, plutonium 239).

En se désintégrant, un noyau radioactif peut émettre divers types de rayonnements.

Il s'agit essentiellement des rayons α , β ou γ [3].

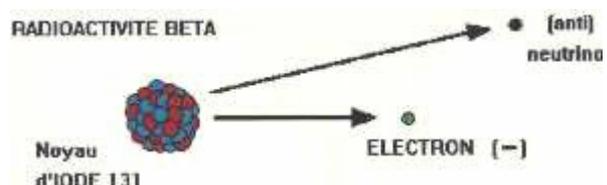
- *Rayonnement alpha α* (ce sont des noyaux d'hélium : 2 protons, 2 neutrons) très peu pénétrants.

Une feuille de papier suffit à les arrêter.



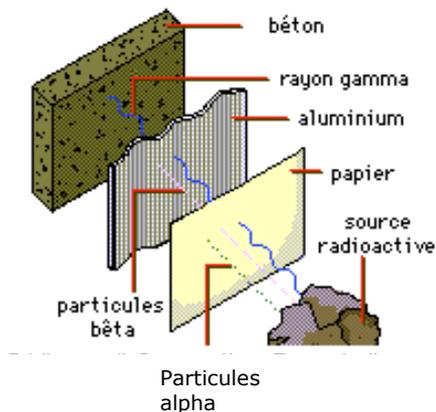
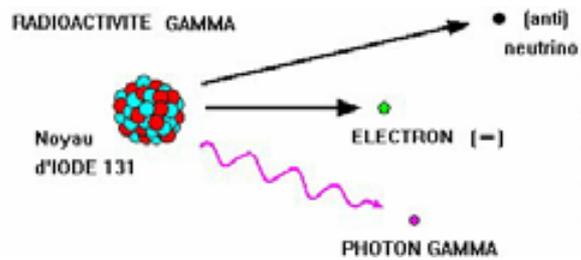
- *Rayonnement bêta β* (ce sont des électrons) peu pénétrants.

Ils ont un parcours de quelques mètres dans l'air et sont arrêtés par quelques millimètres de métal.



- *Rayonnement gamma* γ (rayonnements de même nature que la lumière ou les ondes radio).

Très pénétrants, ils nécessitent plusieurs dizaines de centimètres de plomb ou de mètres de béton pour être arrêtés, suivant leur énergie.



Ces rayonnements sont dits *ionisants* parce que leur énergie est suffisante pour arracher un électron à un des atomes d'une structure moléculaire.

L'énergie des rayonnements ionisants émis caractérise aussi les *radioéléments* ; c'est en transférant une partie de cette énergie qu'ils agissent sur les organismes vivants.

La *période radioactive* est le temps nécessaire pour que la moitié des atomes présents initialement se soit désintégrée spontanément ; elle est appelée demi-vie. Au bout d'une période l'activité d'un radioélément aura donc de diminué de moitié.

Dans un organisme vivant, une substance quelconque a un métabolisme propre et suit un cheminement variable suivant la voie d'introduction ; une partie peut se fixer dans l'organisme en des endroits divers et une autre peut être éliminée.

La *période biologique* est le temps nécessaire pour que soit éliminé naturellement la moitié de la quantité d'un radioélément absorbé par une voie quelconque. En l'absence d'apport, l'activité présente dans un organe décroît pour deux raisons : physique (désintégration) et biologique (élimination) ; on admet, pour simplifier et parce que l'erreur qui en résulte est peu importante, que le temps nécessaire pour que cette activité diminue de moitié est indépendant de la valeur initiale de celle-ci et est une constante, caractéristique du radioélément dans l'organe considéré ; on l'appelle *période effective* et sa valeur résulte de celles des périodes physique et biologique.

Ces deux processus agissant dans le même sens, la période effective est toujours plus courte que la période physique [3].

I.1.1.2 Les unités en radioprotection

L'unité qui mesure la radioactivité d'une substance radioactive est le **Becquerel (Bq)**. On dit qu'une substance radioactive présente une radioactivité de 1 becquerel lorsque dans cette source un noyau se désintègre en 1 seconde.^a Les rayonnements ionisants cèdent de l'énergie à la matière qu'ils traversent. Ce transfert d'énergie ou dose absorbée s'exprime en **gray (1 Gy = 1 joule/kg de matière)**.

Lorsque la matière traversée est un organisme vivant, on évalue la nocivité potentielle de la dose absorbée ou équivalent de dose en **sievert (Sv)**. Le dégât biologique subi par un tissu vivant irradié par unité de temps ou débit d'équivalent de dose, est exprimé en sievert par heure (**Sv/h**).

Tableaux 1 : Unités utilisées en radioprotection [4]

GRANDEUR	ANCIENNES UNITES ^b	UNITES SI	CORRESPONDANCES	DEFINITIONS
Activité	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	1 Bq = 27 picocuries (1 Ci = 3,7.10 ¹⁰ Bq)	Mesure du nombre de désintégrations par seconde au sein d'une matière radioactive.
Dose absorbée	Rad (Rd)	Gray (Gy)	1 Gy = 100 rads (1 rad = 1.10 ⁻² Gy)	Mesure de l'énergie reçue par la matière irradiée par unité de masse.
Débit de dose absorbée	Rad par heure (Rd/h)	Gray par heure (Gy/h)		Quantité d'énergie reçue par la matière irradiée par unité de masse et par unité de temps.
Equivalent de dose	Rem (Rem)	Sievert (Sv)	1 Sv = 100 rems (1 rem = 1.10 ⁻² Sv)	Mesure du dégât biologique sur les tissus vivants irradiés.
Débit d'équivalent de dose	Rem par heure (Rem/h)	Sievert par heure (Sv/h)		Dégât biologique subi par un tissu vivant irradié par unité de temps.

I.1.2 Effets biologiques des rayonnements ionisants

I.1.2.1 L'irradiation par les rayonnements ionisants

• Origine

Les rayonnements ionisants sont émis par des sources qui peuvent être extérieures à l'organisme, placées sur la peau ou situées à l'intérieur de l'organisme. Suivant le cas, il s'agira d'irradiation externe ou interne.

↳ L'irradiation externe : Elle résulte de l'exposition à un champ de rayonnement. Celui-ci est dû essentiellement aux radionucléides primordiaux et aux rayons cosmiques pour l'exposition naturelle^a. En irradiation externe, il suffit de s'éloigner ou de se protéger de la source pour que l'irradiation cesse.

↳ L'irradiation interne : Elle est due à la pénétration dans l'organisme de radioéléments par inhalation (gaz, poussière, aérosol), blessure, ingestion d'eau ou d'aliments contenant des corps radioactifs ou par voie transcutanée. Elle provient pour l'essentiel de l'inhalation du radium et de ses descendants et de l'ingestion de radium et de potassium [5].

^a L'activité A d'une quantité d'un radionucléide à un état énergétique déterminé et à un moment donné est le quotient de dN par dT, où dN est le nombre probable de transitions nucléaires spontanées à partir de cet état énergétique dans l'intervalle de temps dT : $A = dN / dT$

^b Jusqu'en décembre 1975

• **Caractéristique**

Quel que soit le motif d'irradiation, trois données sont nécessaires pour caractériser une irradiation individuelle. Elles suffisent en principe pour en prévoir les effets. Ce sont : la partie du corps irradiée, la dose et le débit de dose.

↳ La partie du corps irradiée : L'irradiation est globale lorsqu'elle s'étend à tout l'organisme, partielle dans le cas contraire. Lors d'une contamination interne l'irradiation peut être partielle ou globale ; elle est partielle lorsqu'elle est limitée aux organes dans lesquels se fixe sélectivement le radioélément contaminant ; elle est globale quand des métaux alcalins, comme le potassium ou le césium, se distribuent dans tout l'organisme.

↳ La dose : on évalue l'effet d'une irradiation par l'énergie communiquée par les rayonnements ionisants à l'unité de masse de matière.

▪ **Dose absorbée** : L'énergie communiquée à la matière par unité de masse est appelée dose absorbée.

▪ **Equivalent de dose** : A dose absorbée égale, les effets biologiques varient en fonction d'un certain nombre de facteurs. Pour en tenir compte et afin de pouvoir comparer les effets biologiques obtenus, on a introduit une nouvelle notion, celle d'équivalent de dose, définie par les besoins de la radioprotection dans une certaine plage de dose. L'unité correspondante, est le sievert (Sv). L'équivalent de dose (H), exprimé en sievert est numériquement égal à la dose absorbée (D), exprimée en gray multipliée par deux facteurs :

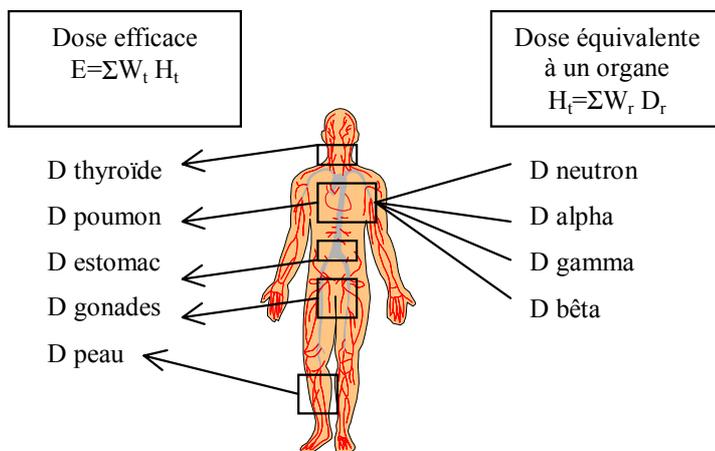
- *Le facteur de qualité (Q)*, qui tient compte du fait qu'à énergie communiquée égale, les effets biologiques varient suivant la nature du rayonnement : par exemple pour une même dose absorbée, les rayons α sont beaucoup plus destructeurs que les rayons γ et par rapport à ces rayons γ qui sont pris comme référence (Q=1), on a estimé que, pour les rayons α, Q était égal à 20 (annexe 1).

- *Le facteur (N)* qui a été introduit pour tenir compte des différences d'effet biologique, selon le fractionnement de la dose, le débit de dose et la façon dont un radioélément est distribué à l'intérieur d'un squelette ou, de façon plus générale, de l'organisme. Actuellement, N est considéré comme étant égal à 1 [3].

En résumé :
$$H_{(en\ Sv)} = D_{(en\ Gy)} \times Q \times N$$

La distinction entre équivalent de dose efficace et équivalent de dose engagée est faite en annexe 2.

Figure 1 : Construction de la dose efficace.[7]



La dose efficace engagée est la dose efficace totale reçue tout au long d'une vie par suite de l'absorption d'un radionucléide. Le terme de "dose" désigne la dose efficace engagée exprimée en Sv [6].

^a L'irradiation externe, pour l'exposition artificielle, est essentiellement due à des générateurs de rayonnements électromagnétiques tels que les générateurs de rayons X, utilisés en médecine, dans l'industrie ou dans la recherche ou à des générateurs d'électrons ou de particules chargées.

I.1.2.2 Les effets biologiques

L'exposition aux rayonnements ionisants peut avoir deux sortes d'effet sur la santé :

- Les effets "déterministes"

Ce sont les effets pour lesquels la gravité des dommages est proportionnelle à la dose et pour lesquels il existe un seuil au-dessous duquel ils ne se produisent pas. Ces effets non aléatoires apparaissent à de fortes doses d'irradiation et de façon précoce (quelques heures à quelques semaines) [4]. Dans les conditions normales, la dose reçue du fait de la radioactivité naturelle et d'une exposition normale à des activités réglementées est bien inférieure à ce seuil.

- Les effets "stochastiques"

Les effets dont la probabilité d'apparition est proportionnelle à la dose sont appelés effets "*stochastiques*" ou aléatoires et on considère qu'il n'existe pas de seuil au-dessous duquel ces effets n'apparaîtraient pas. La gravité est indépendante de l'irradiation, celle-ci n'est qu'un facteur qui déclenche l'effet [6].

Les effets aléatoires engendrés par les faibles doses sont donc de deux types :

- *Induction de cancers* : l'induction de cancers parmi une population irradiée est difficile à mettre en évidence car le taux normal d'apparition de cancers dans la population de nos pays est important (25%) et les cancers éventuellement induits par une irradiation n'apparaîtront que longtemps après celle-ci (de 5 à 30 ans). On considère que la relation dose-effet est linéaire c'est à dire que la probabilité d'apparition d'un cancer croît proportionnellement à la dose d'irradiation.
- *Effets génétiques* : l'apparition sous l'effet de l'irradiation d'effets génétiques est, elle aussi, difficile à mettre en évidence car elle se superpose à une fréquence naturelle d'anomalies génétiques très importante (10% des enfants à la naissance en sont porteurs à la naissance). Les observations expérimentales tendent à montrer que la courbe de l'effet de l'irradiation en fonction de la dose est en dessous de la courbe linéaire et qu'une bonne partie des atteintes sont réparées par les mécanismes biologiques de réparation des lésions. Aucune des études effectuées sur des populations irradiées n'a permis de mettre en évidence de façon indiscutable un effet génétique [4].

I.1.2.3 Evaluation des risques et limites de doses

Les recommandations qui apparaissent dans la publication 60 de la CIPR^a visent à éviter les effets déterministes et limiter l'incidence des effets stochastiques à des niveaux jugés acceptables. Pour cela, elle prend en compte toutes les sources (y compris naturelles), tous les types d'exposition, tous les dommages (y compris les cancers non mortels et les effets génétiques sur toutes les générations) [8].

La CIPR s'en tient à la position qui postule l'existence d'une relation *dose-effet linéaire et sans seuil*. Jusqu'à présent il a été impossible à l'épidémiologie de démontrer qu'à des niveaux d'exposition inférieure à 0.2Sv il existait des effets stochastiques et l'Académie de Sciences suggérait, en 1989, l'existence d'un seuil pratique pour des doses inférieures à ce seuil [9]. Le postulat adopté par la CIPR selon lequel les rayonnements sont dangereux, quel que soit le niveau d'exposition, repose donc sur « un principe éthique de précaution » qui ne renvoie pas directement à la connaissance mais à un choix raisonné en vue de l'action [10].

La gestion prudente et pragmatique du risque naturel d'exposition aux faibles doses de rayonnements, repose donc sur l'utilisation d'un modèle linéaire et sans seuil de la relation dose-effet.

^a CIPR : Commission Internationale de Protection Radiologique

Une fois ce principe de gestion du risque radiologique admis, la notion de dose efficace collective constitue un indicateur pertinent du détriment subi par une population, et ce, indépendamment des niveaux de doses individuelles. Sur la base de ce postulat, la radioexposition d'origine naturelle, qui est la plus importante des expositions humaines aux rayonnements ionisants, représente aussi la plus grande part du détriment collectif induit par ce type de risque. Les doses reçues à partir des différents phénomènes et processus naturels sont à la fois externes (effets des rayonnements cosmiques et telluriques) et internes (émanations de gaz radon, exposition aux radionucléides présents dans tout organisme vivant ou dans les aliments).

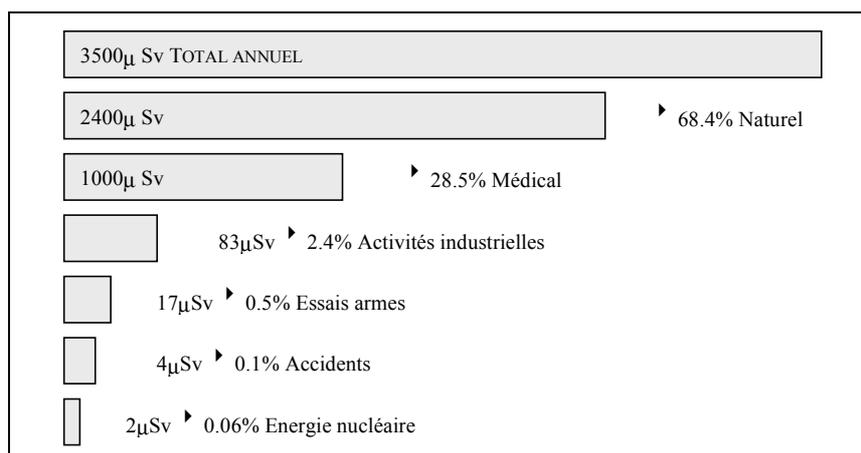
La dose par exposition interne est d'environ 1.3mSv par inhalation radioisotopes du radon et de leurs descendants (émetteurs alpha), autoexposition (radioéléments présents dans les organes et tissus humains) et ingestion des aliments. Des radionucléides naturels sont également présents dans les eaux de source ; on les retrouve à des niveaux d'activités de quelques dizaines à quelques centaines de mBq/l dans les eaux minérales [11].

1.2 ...naturelle

Les radioéléments présents dans l'environnement ont une activité naturelle ou artificielle, mais d'une façon générale la radioactivité naturelle prédomine très largement.

Parmi les principaux radionucléides naturels rencontrés, on peut citer le *potassium 40* (isotope radioactif présent en proportion constante dans le potassium naturel), *l'uranium* et ses descendants (*radium 226*, *radon 222*). Leurs activités dans l'environnement peuvent être très variables suivant par exemple, les conditions météorologiques (cas du radon 222 dans l'air) et la nature du sous-sol (cas de l'uranium et du radium 226 dans les eaux souterraines). En examinant les niveaux d'exposition moyens dus aux activités humaines présentés dans le schéma ci-dessous, on constate que les niveaux d'exposition moyens dus aux activités humaines sont très bas par rapport à ceux provenant de la radioactivité naturelle^a [12].

Figure 2 : L'environnement radioactif moyen [5]



Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) a estimé que les **sources naturelles** contribuent pour plus de **98%** à la dose de rayonnement reçue par la population, à l'exclusion des irradiations médicales [6].

^a Les *radioéléments artificiels* proviennent des tests nucléaires atmosphériques et des rejets d'effluents liés au fonctionnement des centres nucléaires et aux utilisations diverses des radioéléments (hôpitaux, centre de recherche, ...).

I.2.1 Origines de la radioactivité naturelle

I.2.1.1 L'irradiation naturelle a trois origines

De nombreux radionucléides sont présents sur notre planète, notamment dans la croûte terrestre, dans l'atmosphère et dans les matériaux et aliments divers. De manière générale la radioactivité naturelle provient de trois origines :

➤ Certains sont créés en permanence sous l'action du rayonnement cosmique, ce sont les rayonnements cosmiques dont l'importance varie avec la latitude et l'altitude ;

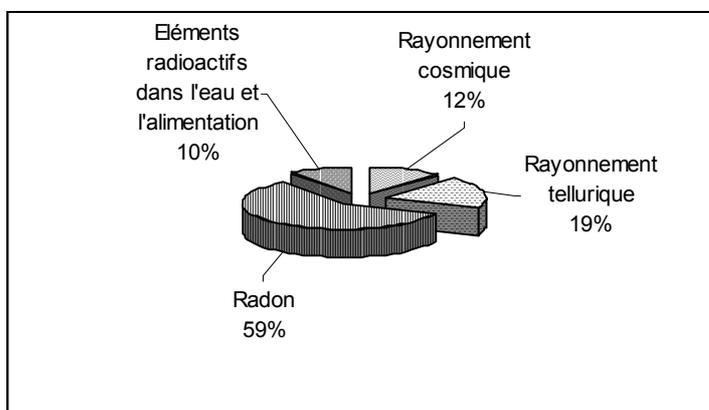
➤ D'autres ont été formés spontanément lors de la formation de la terre il y a 4,5 milliards d'années, ce sont les radionucléides primordiaux existant dans le sol. Il s'agit soit d'isotopes ayant des périodes très longues (potassium 40, uranium 238, thorium 232) ou de leurs descendants dont certains sont des gaz (radon, thoron), soit des radioéléments produits par l'action des rayons cosmiques sur les éléments constitutifs de l'air (carbone 14, tritium, ...).

➤ Des radioéléments sont également présents normalement dans le corps humain qu'il s'agisse :

- de constituants normaux de l'organisme (potassium 40, carbone 14, tritium). Le plus important est le potassium 40 dont la quantité présente varie en fonction de l'âge, du sexe, de la taille et des conditions de travail de l'individu.

- de radio-isotopes, provenant du milieu ambiant, inhalés (radon 222) ou absorbés avec l'alimentation ou l'eau de boisson (radium 226, thorium 232 et tritium) [13].

Figure 3 : Répartition des différents types de rayonnement naturel (en proportion) [14]



En annexe 3, le tableau A donne l'ordre de grandeur de l'équivalent de dose moyen annuel reçu du fait de ces irradiations par la population vivant au niveau de la mer et le tableau B indique la dose efficace moyenne annuelle ; on y constate l'importance de l'irradiation interne.

I.2.1.2 L'irradiation naturelle est variable

➤ Elle varie en fonction de la richesse du sol en thorium ou en uranium ; les experts de l'article 31 du traité d'EURATOM citent les chiffres suivant :

Tableau 2 : Radioéléments et activités rencontrées selon la composition du sol [15]

Granites	Thorium et Uranium jusqu'à 1kBq.kg^{-1}
Schistes noirs	Uranium jusqu'à 5kBq.kg^{-1}
Calcaires	Uranium jusqu'à 2kBq.kg^{-1}
Cendres de tourbes	Uranium jusqu'à 100Bq.kg^{-1}

➤ L'UNSCEAR fournit dans son rapport de 1993 une valeur moyenne d'exposition provenant du rayonnement tellurique de 0.46mSv/an. On peut appliquer cette valeur en France même si les rayonnements telluriques exposent chaque année le public à des doses très variables : de 0.2mSV (Bouches du Rhône) à 1mSv dans les régions granitiques (Corse, Massif central, Bretagne, Vosges) [11].

1.2.2 L'environnement radioactif naturel

Tous les radionucléides ainsi formés se retrouvent partout en quantité plus ou moins importante. Le tableau 3 ci-dessous donne des exemples de concentration dans la croûte terrestre.

	Série de l'Uranium 238		Série du thorium 232		Potassium	Total
	U ²³⁸	descendants	Th ²³²	Descendants		
Bq/kg	40	520	40	360	370	1330

Il a précédemment été rappelé la part importante de la radioactivité naturelle dans l'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants. L'exposition totale annuelle moyenne est d'environ 3.5 millisieverts dont l'essentiel est dû à l'exposition naturelle, environ 2.4mSv (tableau 4), et à la radiologie médicale, environ 1mSv [16].

Tableau 4 : Exposition naturelle de l'homme aux rayonnements [17]

Origine de l'exposition naturelle	Equivalent de dose annuelle moyenne
• <i>Externe</i>	
Rayonnement cosmique	0.4mSv
Rayonnement tellurique	0.4mSv
• <i>Interne</i>	
Radioéléments primordiaux (Uranium, Thorium, Radium, Potassium 40, etc.)	0.5mSv
Exposition au radon dans les maisons	1.1mSv
TOTAL	2.4mSv

Cette exposition moyenne à l'échelle mondiale de l'homme aux rayonnements de source naturelle de **2.4mSv/année** varie beaucoup d'un lieu à l'autre, car elle dépend de nombreux facteurs, comme l'altitude, la quantité et le type de radionucléides présents dans le sol et la quantité reçue de l'air, des aliments et ... de l'eau.

1.3 ...dans les eaux de consommation

1.3.1 Les différents types d'eau

1.3.1.1 Les eaux minérales naturelles conditionnées

• Définition et caractéristiques

Une eau minérale naturelle est "une eau possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter des propriétés favorables à la santé."

Elle se distingue des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature, caractérisée par sa teneur en minéraux, oligo-éléments ou autres constituants et certains effets et par sa pureté originelle. L'une et l'autre caractéristiques ayant été conservées intactes en raison de l'origine souterraine de cette eau qui a été tenue à l'abri de tout risque de pollution. Elle témoigne d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles (températures, composition) qui ne doivent pas être affectées par le débit de l'eau prélevée.

Sont commercialisées comme "eaux minérales naturelles", toutes les eaux dont l'exploitation (émergence, transport et le cas échéant traitement et mélange) a été autorisée par le ministre chargé de la santé et dont le conditionnement a été autorisé par le préfet du département où est située la source.

Une eau minérale ne doit pas être soumise à des opérations qui auraient pour but ou pour effet de modifier ses caractéristiques microbiologiques ou sa composition dans ses constituants essentiels.

• Réglementation

La *directive n°96-70 du 28 octobre 1996* concernant l'exploitation et la mise dans le commerce des eaux minérales naturelles modifie la *directive n°80-777 du 15 juillet 1980*. Cette directive de 1996 a été traduite en droit interne par le *décret n°98-1090 du 4 décembre 1998* relatif aux eaux minérales naturelles et aux potables préemballées. Ce décret modifie le décret n° 89-369 du 6 juin 1989 qui transpose la directive de 1980.

Le décret 57-404 du 28 mars 1957, qui fixe les analyses à effectuer dans le cadre des procédures de demande d'autorisations aux minérales précise qu'un laboratoire agréé doit procéder après achèvement des travaux d'aménagement du captage, à des prises d'échantillons destinés aux analyses, s'il y a lieu, de la radioactivité.

Pour les eaux préemballées, le décret 89-369 précise que la radio-actinologie à l'émergence doit faire l'objet d'une détermination analytique. Le projet de nouvelle réglementation sur les eaux minérales prévoit la nécessité de réaliser une analyse de la radioactivité de l'eau d'une source et de chacune de ses émergences constituant la source lors des demandes d'autorisation. [18]

Les directives européennes et la réglementation française spécifiques aux eaux minérales naturelles ne fixent actuellement aucun paramètre de qualité concernant la radioactivité [19].

I.3.1.2 Les eaux de consommation

• Définition et caractéristiques

☞ *Les eaux de source préemballées*

Les eaux de source sont naturellement potables et d'origine déterminée : "Une eau de source est une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. Elle respecte dans son état naturel, les caractéristiques microbiologiques et chimiques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine".

L'eau de source se distingue de l'eau minérale par le fait qu'elle doit être conforme aux normes de l'eau potable, qu'elle n'a pas d'obligation d'avoir une composition minérale constante et caractéristique et qu'elle ne peut prétendre avoir des effets sur la santé. Elle ne doit avoir subi aucun traitement ni adjonctions autres que ceux autorisés, à savoir :

- La séparation des éléments instables et la sédimentation des matières en suspension, par décantation ou filtration, ce traitement qui accélère les processus d'évolution naturelle ne devant pas avoir pour but ou effet de modifier la composition de l'eau ;
- L'incorporation de gaz carbonique.

Ces traitements ou adjonctions sont réalisés à l'aide de procédés physiques, mettant en œuvre des matériaux inertes précédés, le cas échéant, d'une aération. Ils ne doivent pas avoir pour but ou effet de modifier les caractéristiques microbiologiques de l'eau de source.

☞ *Les eaux rendues potables par traitement préemballées*

C'est sous la dénomination "eau rendue potable par traitement" que les eaux antérieurement appelées "eaux de table" sont mises en circulation. Elles doivent répondre aux critères de potabilité des eaux de boisson et peuvent être traitées chimiquement (ex : chloration). L'indication des traitements mis en œuvre est obligatoire. La gazéification par adjonction de CO₂ est, ici aussi, autorisée. Leur composition peut varier selon la saison et selon la provenance variable de l'eau d'adduction ayant servie à remplir les bouteilles (aucune précision de composition).

☞ *Les eaux d'adduction publique*

L'eau d'adduction publique répond aux critères de l'eau potable définis par le Ministère de la Santé après avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Ces critères d'eau potable ne concernent que les eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles qui sont soumises à une réglementation spécifique, comme cela a été exposé précédemment.

• Réglementation

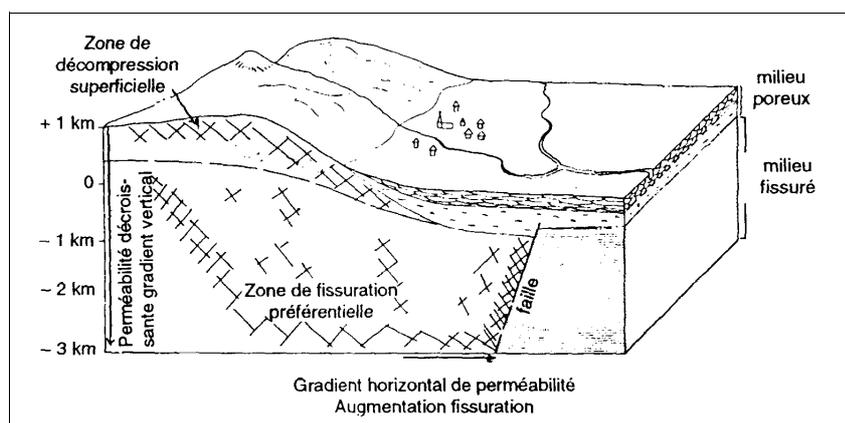
La directive 98/83 du 3 novembre 1998 concernant la qualité des eaux destinées à la consommation humaine abroge et remplace la directive 80/778 concernant le même objet. Cette directive est en cours de transposition en droit national et entraînera une modification du décret 89.3 du 3 janvier 1989 modifié. Cette nouvelle directive, comme la précédente, concerne les eaux d'adduction publique et les eaux embouteillées, à l'exception des eaux minérales naturelles. Cette directive introduit, pour la première fois, deux paramètres de la qualité concernant la radioactivité - tritium et Dose Totale Indicative - et prévoit leur contrôle périodique (voir chapitre sur l'évolution de la réglementation européenne).

I.3.2 La radioactivité naturelle dans les eaux

I.3.2.1 Origine de la radioactivité naturelle dans les eaux

Elle est en relation directe avec la nature géologique des terrains que les eaux traversent, les sources les plus radioactives émergent généralement des terrains anciens. Cette radioactivité est essentiellement due au **radium**, à l'**uranium**, et au **thorium** ainsi qu'à leurs **descendants**, dont l'eau s'est chargée lors de son passage au travers des roches plutoniques ou métamorphiques profondes, ce qui explique que leur teneur reste remarquablement constante dans le temps [18]. Le potassium 40 contribue lui aussi à la radioactivité des eaux, mais son absorption est régulée naturellement par les mécanismes d'homéostasie [6].

Figure 4 : Représentation schématique de la circulation minérale [20]



Cependant les eaux profondes ne sont pas les seules à être radioactives. Des eaux superficielles ayant pour réservoir des roches anciennes affleurant ou beaucoup plus récentes, couverture sédimentaire du tertiaire, peuvent aussi présenter une radioactivité importante. D'une façon générale, on sait que l'émergence naturelle de sources hydrominérales est favorisée par l'existence, dans le relief, de zones de fracture [16].

L'eau douce contient en moyenne 0,37 Bq par litre (l'eau de mer en contient beaucoup plus : 14 Bq par litre). Les eaux minérales ont souvent une radioactivité bien plus élevée que l'eau naturelle potable : c'est le cas des eaux de Vichy, Saint-Galmier, Badoit, Le Mont-Dore, Royat, etc., situées dans des régions où les sols, dans lesquels l'eau a cheminé, ont une radioactivité élevée (voir tableau 5).

Tableau 5 : radioactivité naturelle de différents types d'eaux [21]

Eau de pluie	0.3 à 1 Bq/l
Eau de rivière	0.07 Bq/l (radium 226 et descendants) 0.07 Bq/l (potassium 40) 11 Bq/l (Tritium)
Eau de mer	14 Bq/l (potassium 40)
Eau minérale	1 à 2 Bq/l (radium 226, radon 222)

Les sources les plus radioactives sont fréquemment les sources carbo-gazeuses ou chlorurées. Ces caractéristiques chimiques favorisent la solubilisation des éléments lourds comme l'uranium et le radium [3].

1.3.2.2 Radionucléides présents dans les eaux

Il importe de distinguer la radioactivité du radon, gaz radioactif naturel dissous mais qui comme les autres gaz, se libère en majeure partie à l'émergence, de la radioactivité due aux éléments radioactifs dissous qui eux, persistent dans l'eau émergée.

Les radionucléides dissous

La majorité des éléments radioactifs dissous dans les eaux appartiennent aux trois familles naturelles de l'uranium, du thorium et de l'actinium ^a [18]. Elles aboutissent finalement aux plombs stables 206, 207 et 208.

A côté de ces trois familles, on trouve également le potassium dont la période est de 1,27 milliards d'années. L'abondance naturelle de l'isotope radioactif est de 1 atome sur 10 000 de potassium stable.

Il existe enfin mais seulement à l'état de trace, quelques autres radionucléides naturels isolés, tels que le tellure 130, le rubidium 87, l'indium 115 dont les périodes sont beaucoup plus élevées (Cf. en annexe 4).

Le radon

A la différence des éléments minéraux dissous, le gaz radon n'a pas en général, une origine très profonde. Il provient des roches encaissant les émergences et non des aquifères profonds. Il peut en particulier provenir des granites environnant la zone des émergences, ce qui explique les activités en radon trouvées dans de nombreuses eaux superficielles.

La radioactivité du radon au moment du prélèvement est souvent très importante. Des centaines (voire des milliers) de becquerels de radon par litre d'eau peuvent ainsi être transitoirement décelés à l'émergence.

Dans les eaux qui ne comportent pas de radium dissous, la teneur en radon 222, dont la période est très courte (3.8 jours), devient négligeable après une vingtaine de jours [16].

^a Les périodes des ancêtres sont considérables : Uranium 238 : 4.5 milliards d'années ; Thorium 232 : 1,4 milliards d'années ; Uranium 235 : 700 millions d'années.

I.3.2.3 Impacts sanitaires de la radioactivité naturelle

De manière générale, le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des radiations ionisantes souligne que "les effets nocifs des radiations naturelles ne sont pas connus avec certitude, mais il semble qu'il faille leur attribuer certains dommages génétiques et peut-être somatiques" [22].

La radioexposition individuelle annuelle d'origine naturelle est, sur le territoire français, de l'ordre de 2.4mSv. En extrapolant ce chiffre à l'ensemble de la population française dans son ensemble (effets d'âge et de sexe intégrés), la dose collective annuelle est d'environ 150 000 hommes-sieverts. Si on applique le coefficient de probabilité nominal pour les effets stochastiques proposé par la CIPR en 1990, on peut évaluer le détriment collectif annuel dû à la radioexposition d'origine naturelle en France à 7 500 cancers mortels.^a Il ne s'agit que d'une exposition probabiliste, qu'il convient de comparer avec les 140 000 décès par cancer qui surviennent effectivement chaque année en France. Cette estimation du risque repose sur l'hypothèse prudente résultant de l'application du modèle mathématique de la CIPR d'extrapolation linéaire et sans seuil de la relation dose-effet observée aux fortes doses et forts débits de dose. Ceci ne préjuge bien évidemment pas de l'évolution des connaissances scientifiques qui pourrait remettre en cause ces estimations [11].

D'autre part, la radioactivité n'intervient probablement pas seule dans l'apparition d'une tumeur, la fragilité préexistante et les agressions diverses auxquelles sont soumis les organes conditionnent le déclenchement de la maladie. Ainsi l'alcool et le tabac, mais également divers produits chimiques présents dans l'alimentation, diminuent les défenses naturelles de notre organisme.

En ce qui concerne plus précisément l'étude de la radioactivité dans les eaux d'alimentation, les publications sont très rares. Les auteurs qui ont cherché les éléments radioactifs dans l'eau se sont le plus souvent orientés vers les eaux minérales ou les eaux de surface. Il est à noter cependant une contamination notable des sources et surtout des puits dans les régions granitiques relevées. L'activité β totale dépasse les normes de santé publique dans 10% des puits et l'activité α totale dans 23% des sources et près de 40% des puits. Les conséquences sur la santé humaine de ces teneurs non négligeables en éléments radioactifs n'ont pu être clairement établies, seules des hypothèses peuvent être avancées sur les risques au niveau de l'œsophage et de l'estomac. Louis MASSE et ses collaborateurs, dans leur rapport sur l'irradiation naturelle en Bretagne ont trouvé, par ailleurs, une liaison entre les cancers de l'estomac et la radioactivité naturelle en Bretagne pour les départements des Côtes d'Armor [23].

^a A partir de l'évaluation des niveaux de risque de cancer mortel et de la variation du fond naturel de rayonnements, la CIPR a recommandé une limite de dose de 1 mSv par an, une valeur plus élevée étant autorisée dans des circonstances spéciales à condition que la moyenne sur 5 années ne dépasse pas 1mSv par an. Le risque moyen associé de décès est d'environ 3 pour 100 000 par an sur la base des facteurs de risques dérivés par la CIPR et le risque de décès dû au cancer pour toute la vie à ce niveau d'exposition est de 0,4%, ce qui représente un accroissement d'environ 2% de la probabilité naturelle de décès dû au cancer. Le chiffre pondéré du détriment tenant compte des cancers non mortels et de défauts héréditaires est de 0,59%. [24].

II EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION EUROPEENNE

II.1 La mise en place d'une nouvelle réglementation

II.1.1 La directive 98/83

II.1.1.1 Présentation de la Directive du conseil 98/83/CE du 3 novembre 1998.

La directive CE 98/83 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine place, pour la première fois, la radioactivité au nombre des indicateurs à prendre en compte dans l'analyse de la potabilité.

En effet, en ce qui concerne le contrôle de la radioactivité dans l'eau de consommation, il n'existe plus, actuellement, de norme de potabilité au sens strict.^a

La directive 98/83, comme la précédente concerne également les eaux embouteillées, à l'exclusion des eaux minérales. Elle abroge et remplace la directive 80/778 concernant le même objet et transposée en droit national par le décret 89.3 du 3 janvier 1989 modifié. Ce décret relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles, qui fixe les exigences de qualité des eaux sur la base de paramètres microbiologiques et chimiques, sera donc modifié afin de prendre en compte les exigences de la directive 98/83CE et d'introduire, notamment, les paramètres indicateurs de la radioactivité des eaux.

Les Etats membres doivent transcrire la directive en droit national dans un délai de deux ans à compter de la date de son entrée en vigueur, soit avant le 3 novembre 2000 et la qualité des eaux doit être conforme dans un délai de cinq ans (fin 2003). La DGS est pilote pour la transposition de la directive. Dans les 18 mois suivant l'entrée en vigueur de celle ci, la Commission doit faire des propositions au sujet des fréquences, des méthodes et des points de contrôle (annexe II de la directive). A cette fin, elle s'appuie sur le groupe d'experts pour la mise en œuvre des articles 35 et 36 du traité EURATOM. De leur côté, les experts de l'article 31 sont chargés de réfléchir à des niveaux d'activité correspondant aux autres radionucléides et à la prise en compte du radon.

II.1.1.2 Processus d'élaboration d'une "directive eau" qui traite de la radioprotection

La mise en place de normes de qualité concernant la radioactivité dans les eaux de boisson a longtemps été refusée par les Etats membres, dont la France, considérant que les questions de radioprotection sont totalement couvertes par le traité EURATOM. La protection de l'environnement relève quant à elle du traité instituant la Communauté Européenne (CE) en application duquel la directive « eau potable » a été adoptée (Voir annexe 5 Procédure d'élaboration d'une directive européenne).

Au cours de ces dernières années, le Parlement européen et la Commission ont considéré qu'il n'était pas cohérent, pour un vecteur sensible comme l'eau, de ne faire référence qu'aux pollutions biologiques et chimiques. Les dispositions retenues dans la nouvelle directive, approuvées par le Conseil de l'Union, se présentent sous la forme suivante : des valeurs paramétriques sont fixées pour la qualité des eaux de boisson, c'est à dire des eaux prêtes à la consommation (robinet, bouteille, etc.) et non des eaux d'origine (nappes phréatiques, cours d'eau). Ces valeurs paramétriques sont de deux types : contraignantes et indicatives. Les premières concernent certains paramètres biologiques et chimiques ; les secondes s'appliquent notamment à la radioactivité et sont mentionnées à des fins de contrôle.

En cas de dépassement des valeurs paramétriques indicatives, l'état membre doit établir si ce non-respect présente un risque et doit rétablir la qualité des eaux quand c'est nécessaire. En d'autres termes, un tel dépassement nécessite une enquête sanitaire (notamment vérifier l'éventuelle présence d'autres radionucléides) et une normalisation de la situation.

L'élaboration des textes communautaires obéit à une procédure spécifique (Annexe 6). Il est à noter que, dans le cadre du traité CE, le Parlement européen est associé plus étroitement à l'élaboration des textes au moyen des procédures de coopération et de co-décision. Le Groupe Environnement du Conseil a discuté du texte amendé de juillet à octobre 1998 et la directive « eau potable » a été adoptée à la majorité qualifiée le 3 novembre 1998 ; seule l'Italie a voté contre (Annexe 6) [25]. Un graphique en annexe 7 permet de résumer les étapes de l'élaboration de cette directive et l'intégration de l'amendement concernant la radioactivité.

II.1.1.3 Action des experts d'EURATOM dans le cadre de la Directive 98/83

Le groupe d'experts de l'article 31 est consultatif auprès de la Commission pour les questions relatives à la radioprotection, dans le cadre du traité EURATOM. Bien que la directive ait été élaborée dans le cadre du traité CE, le groupe d'experts a été consulté au sujet de la proposition d'amendement du Parlement européen relative à la radioactivité et non sur le projet de directive.

La proposition du Parlement européen consistait à fixer les valeurs paramétriques suivantes en termes de radioactivité dans l'eau de boisson : 0,1 Bq/l pour l'activité α totale, 1Bq/l pour l'activité β totale, ces valeurs s'entendant hors potassium 40 et tritium, 100Bq/l pour ce dernier radionucléide valeur devant être abaissée à 20Bq/L dans les 7 ans suivant l'adoption de la directive, et enfin 0.05mSv/an comme contrainte de dose totale.

Le groupe d'experts a créé un groupe de travail qui a formulé un « draft position paper », en 1998, qui expose le raisonnement des experts de l'article 31. Selon ces experts :

- "Il n'est pas anormal de prendre en compte la radioactivité pour la qualité de l'eau de boisson. La dose indicative de 0,1mSv/an proposée par l'OMS n'a pas de base rationnelle, mais il est difficile de l'écarter ;

- Pour ce qui concerne le tritium, le niveau de 100Bq/l est celui à partir duquel des informations sur la contamination de l'eau sont actuellement communiquées et publiées dans le cadre d'Euratom. L'expérience a montré que ce niveau était très rarement dépassé^b. Un éventuel dépassement révélerait donc la présence d'une nouvelle source. Il serait alors pertinent de mener une investigation. C'est le sens du terme « paramètre indicateur » attribué à cette valeur de 100Bq/l pour le tritium ;

- Le niveau de 0.1mSv/an sera dépassé exceptionnellement du fait des radionucléides artificiels mais plus fréquemment du fait des radionucléides naturels ;

- Pour ce qui concerne le radon, même en cas de forte présence de ce gaz, l'eau de boisson constitue généralement une source mineure comparée au sol et aux matériaux de construction ; l'exposition par inhalation dépasse largement celle par ingestion. Il est donc préférable de traiter la question de façon globale et d'exclure le radon du champ de la directive sur l'eau. Il en va de même du potassium 40 à l'équilibre dans le corps humain indépendamment des apports extérieurs" [25].

^a Le décret n°88521 du 18 avril 1988 fixe, toutefois, des Limites Annuelles d'Incorporation (LAI) des différents radionucléides par inhalation ou par ingestion.

^b A cet égard, selon le rapport d'activité de l'OPRI pour l'année 1997, le niveau de tritium est de 10 à 30Bq/L dans les fleuves, <10Bq/L dans les eaux de consommation et de l'ordre de 70Bq/L dans les eaux potables autour de certaines installations nucléaires ; dans ce rapport, l'OPRI indique être favorable à ce qu'aucun radionucléide ne contribue pour plus de 10 μ Sv/an s'il est artificiel et 50 μ Sv/an s'il est naturel.

II.1.1.4 Elaboration des normes et choix des paramètres

○ L'OMS comme référence internationale

Dans la nouvelle édition de 1994 des directives de qualité pour l'eau de boisson, l'OMS a réexaminé et actualisé les valeurs indicatives recommandées, désormais appelée valeurs guides. Ces valeurs guides ne constituent pas des limites impératives. Elles doivent être établies par les autorités nationales, après une analyse du rapport risques/avantages, tenant compte des conditions environnementales, sociales, économiques et culturelles.

Considérant la valeur d'exposition moyenne annuelle de l'homme aux rayonnements de source naturelle de 2.4mSv/année, l'OMS recommande de considérer une dose effective engagée (dose absorbée attribuable à la consommation de l'eau de boisson pendant un an) égale à moins de 5% de la dose majeure annuelle soit :

$$2.4 \times 0.05 = \mathbf{0.1 \text{ mSv/an}}$$

En pratique, appliquer le principe énoncé ci dessus de la dose de référence revient à déterminer la concentration de chaque radionucléide présent dans l'eau. Or cette détermination est complexe et coûteuse, c'est pourquoi l'OMS définit en premier lieu une approche plus globale basée sur les activités volumiques globales alpha et bêta. Les valeurs guides recommandées pour les activités globales alpha et bêta sont les suivantes :

Activité Volumique :

$$\alpha \leq \mathbf{0.1 \text{ Bq/l}} \text{ et } \beta \leq \mathbf{1.0 \text{ Bq/l}}$$

Les valeurs guides pour la concentration volumique ont été établies en admettant que la quantité totale de substances radioactives ingérées provient de la consommation de *deux litres d'eau par jour* pendant *un an* et elles ont été calculées sur la base du métabolisme d'un adulte.^a

Si ces deux critères sont vérifiés, l'eau peut être considérée comme propre à la consommation. Dans le cas contraire, il y a lieu de déterminer la concentration volumique de chaque radionucléide. A partir de ces données, il faut ensuite estimer une dose pour chaque radionucléide et déterminer la somme des doses à l'aide de la formule suivante :

$$S = \sum C_i / C_{ri} \leq 1$$

C_i : activité volumique mesurée pour un radioélément donné

C_{ri} : limite d'activité volumique décidée pour ce radioélément (correspondant à une dose effective engagée de 0.1mSv pour une consommation de 2 litres d'eau par jour pendant 1 an). [6]

En cas de dépassement de ce facteur, l'avis sur l'utilisation de l'eau devra tenir compte du ou des radioéléments en cause.

○ DTI et tritium : introduction de nouveaux paramètres de qualité des eaux de consommation

La nouvelle directive européenne propose deux indicateurs pour évaluer la radioactivité (Dose Totale Indicative et tritium). Bien qu'ils soient assortis de valeurs numériques, ces deux paramètres sont avant tout des seuils d'action ou d'investigation entraînant des expertises complémentaires ou des restrictions ou des recommandations de consommation.

Ils ne sont pas stricto sensu des seuils de potabilité.^b [26]

^a L'OMS estime que ces valeurs guides n'ont pas à être modifiées pour tenir compte de l'influence de l'âge sur le métabolisme et des différences de consommation d'eau, car elles sont fondées sur l'exposition pendant toute la vie et offre une marge de sécurité suffisante.

^b Les indicateurs constituent des valeurs d'enquête qui entraînent des mesures correctrices si cela s'avère nécessaire, contrairement aux paramètres microbiologiques qui sont des normes de qualité strictes, sans dérogation possible et aux substances chimiques qui doivent respecter des normes de qualité mais dont des dépassements peuvent être tolérés pour une durée limitée.

Tableau 6 : Indicateurs de dose proposés par la directive 98/83

PARAMETRES	VALEUR PARAMETRIQUE	UNITE
Tritium	100	Bq/litre
Dose Totale Indicative ^(*)	0,10	mSv/an

^(*) A l'exclusion du tritium, du potassium 40, du radon et de ses produits de désintégration

- *La Dose Totale Indicative* : En cohérence avec les recommandations de l'OMS de 1994, la directive 98/83 limite la contribution possible de l'eau à l'exposition humaine à 0.1mSv /an soit 10% de la dose fixée par la directive 96/29. Ce paramètre intègre la radioactivité naturelle des eaux. Il est considéré comme un "indicateur" (tableau C de l'annexe I de la directive) et, à ce titre pour tout dépassement de la valeur paramétrique le concernant (0.1mSv), « les Etats membres examinent si le non-respect présente un risque pour la santé des personnes. Ils prennent des mesures correctives pour rétablir la qualité des eaux lorsque cela est nécessaire pour protéger la santé des personnes » (art.8) [19].

- *Le Tritium* : Même largement d'origine naturelle, le tritium est utilisé en tant que "traceur" permettant de suspecter la présence de radionucléides artificiels dans de l'eau destinée à la consommation humaine, lorsque la valeur de 100Bq/L est dépassée [28]. La règle des 20% retenue pour les autres radionucléides ne doit pas s'appliquer à cet élément [29]. La valeur de 100Bq/L retenue pour cet indicateur qui doit être comparée à la valeur sanitaire de 7 800 Bq/L retenue par l'OMS, apporte une contribution très faible à l'exposition des personnes aux rayonnement ionisants : pour une consommation quotidienne de 2 litres (730 litres par an), une activité en tritium de 100 Bq/L de l'eau de boisson conduit à une exposition annuelle de 1.3µSv.

○ Stratégie analytique

Cette directive devrait être prochainement (fin 2000) complétée par une annexe qui définit la stratégie analytique des paramètres de l'eau de consommation, et notamment la radioactivité.

Pour calculer la dose seuil de 0.1mSv, plusieurs stratégies analytiques sont envisageables, en particulier celle qui consisterait à identifier systématiquement tous les composants radioactifs potentiels de l'eau.

✓ Préconisation de la directive 98/83 : deux stratégies envisageables

La directive 98/83 propose une stratégie analytique "ouverte" afin de laisser aux états membres le choix de celle qui leur convient le mieux.

① Utilisation des indicateurs α et β globaux et des concentrations de référence

Cette première stratégie analytique se déroule par étapes de la façon suivante :

↳ *Mesure des indicateurs globaux d'activités α et β et comparaison aux valeurs de "criblage"*. Si les activités α globale et β globale ainsi que le tritium sont inférieures respectivement à 0.1Bq/L, 1Bq/L et 100Bq/L, l'eau est considérée comme potable sans restriction.

↳ *Si ces seuils sont dépassés, recherche des radionucléides spécifiques incriminés.*

↳ *Calcul de la dose* lorsque, pour l'un des radionucléides détectés, la valeur mesurée dépasse 20% des valeurs de référence suivantes :

Uranium	100µg/L	Strontium 90	5 Bq/L	Cobalt 60	40Bq/L
Radium 226	0.5Bq/L	Plutonium 239	0.6Bq/L	Césium 134	7 Bq/L
Carbone 14	240Bq/L	Américium 241	0.7Bq/L	Iode 131	6Bq/L

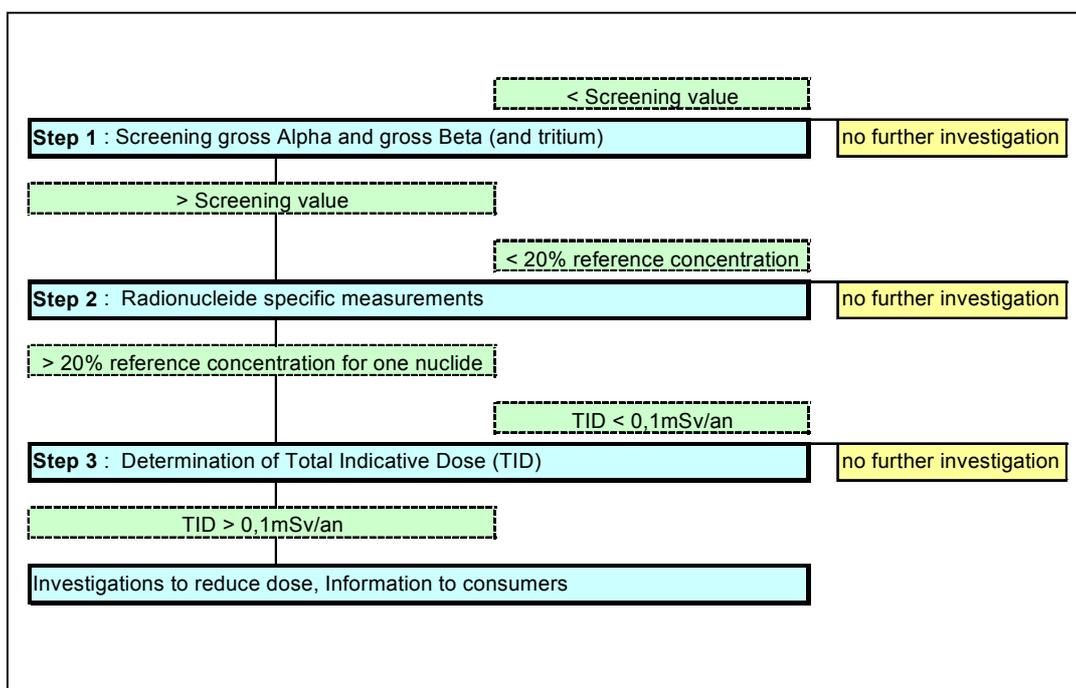
A l'issue de cette expertise, l'eau peut néanmoins être qualifiée de potable si la dose annuelle est inférieure à 0.1mSv. En cas de dépassement, l'eau peut être distribuée avec certaines restrictions ou être déclarée impropre à la consommation [27].

② Calcul direct des doses par spectrométrie

Cette stratégie adoptée par certains états membres ne fait pas appel aux paramètres globaux. Elle procède directement à l'évaluation des concentrations des radionucléides présents dans l'eau. La dose est calculée lorsque, pour l'un des radionucléides détectés, la valeur mesurée dépasse 20% des valeurs de référence précédemment citées.

Le logigramme ci-dessous résume la stratégie analytique envisagée par la directive 98/83.

Figure 5 : Stratégie analytique



✓ Orientation de la France : une variante de la stratégie ①

La stratégie qui a la faveur de la France est celle recommandée par l'OMS. Elle consiste à calculer les activités globales α et β et celle du tritium, puis en fonction du résultat de l'analyse, quatre solutions peuvent être envisagées en pratique (la description est détaillée en annexe 8). Le dépassement d'une des valeurs seuil (αT et/ou βT et/ou tritium) conduit au calcul de la dose (à comparer avec la DTI de 0.1mSv). Cette stratégie est plus sévère que la stratégie ① préconisée par la directive dans la mesure où elle conduit directement au calcul de la dose sans passer par l'étape intermédiaire des 20% des valeurs de référence.

Le tableau 7 résume les étapes vers lesquelles s'oriente la stratégie française.

Tableau 7 : stratégie de calcul de la Dose Totale Indicative (DTI)

Approche	mesure	Poursuite des mesures
Approche globale	α et β Totales $\alpha < 0.1\text{Bq/L}$ et $\beta < 1\text{Bq/L}$	Calcul de la dose si les valeurs limites αT et βT sont dépassées
Calcul de la DTI	Analyse des radionucléides spécifiques	Mise en place d'actions selon le résultat de la dose calculée

II.1.2 La directive 96/29 EURATOM

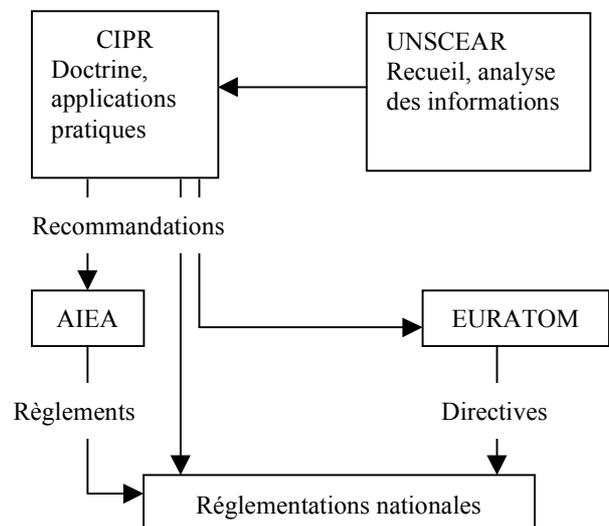
II.1.2.1 La réglementation en matière de radioprotection

La radioprotection a un champ d'action très vaste :

- Elle s'applique à tous les rayonnements ionisants aussi bien à ceux qui, provenant du noyau des atomes, sont émis par les substances naturelles ou artificielles, qu'à ceux qui, prenant naissance dans les couches électroniques des atomes, sont produits par les générateurs électriques de rayons X.
- Elle concerne des activités humaines très variées, médicales, scientifiques, industrielles ;
- Elle intéresse non seulement les travailleurs de ces différents secteurs, mais aussi le public ;
- L'étendue de ce domaine explique le nombre et la diversité des textes législatifs et réglementaires français qui forment un ensemble visant à protéger l'homme et son environnement.

La législation communautaire dépend de la Communauté Européenne qui est investie de compétences réglementaires supranationales. Elle a le pouvoir de fixer des mesures légales communes uniformes qui se concrétisent par l'adoption de dispositions administratives et réglementaires spécifiques dans chacun des Etats membres. Elle a recours soit au règlement applicable tel quel par les Etats membres, soit à la directive instrument juridique qui impose les résultats à atteindre. La directive nécessite une transposition dans la législation des Etats membres. Ceux ci ont la liberté de choisir les modalités d'application qui leur conviennent pour parvenir à l'objectif fixé [21].

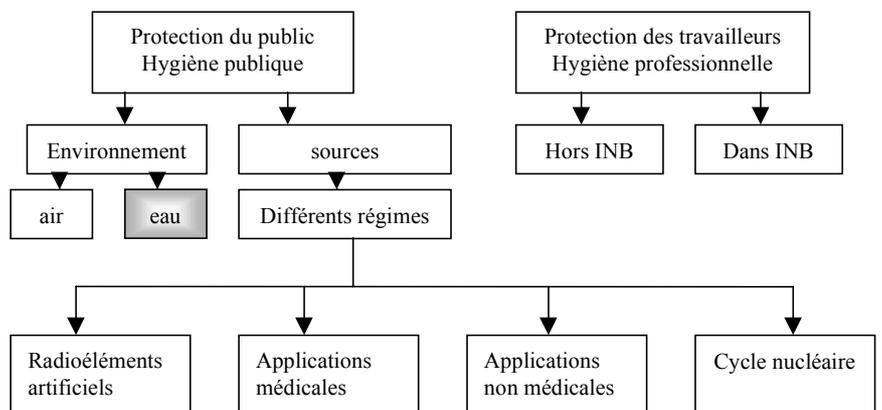
Figure 6 : La réglementation internationale



La réglementation française est révisée pour transposer en droit français les directives du conseil des communautés européennes qui prennent elles-mêmes en compte les recommandations de la CIPR.

La réglementation sanitaire française en vigueur (décret 66-450 modifié par le décret 88-251 qui transcrit en droit national la directive EURATOM de 1980) fixe la dose maximale pour le public à 5mSv/an pour la radioactivité d'origine artificielle. Elle devra s'aligner sur la nouvelle directive 96/29 EURATOM de 1996, qui impose une limite de dose pour le public de 1mSv/an.

Figure 7 : Structure d'ensemble schématique de la réglementation française.[21]



La Directive EURATOM a pour base scientifique les recommandations de la CIPR 60 de 1990 formulées par un collège international d'experts en protection radiologique. Sur la base de cette réglementation, des valeurs guides de concentration des radioéléments dans l'eau de consommation, le lait, les légumes à feuilles, les aérosols de l'air ont été calculées à partir des limites maximales admissibles d'incorporation dans l'organisme des radioéléments [14].

II.1.2.2 Présentation de la Directive 96/29 EURATOM du 13 mai 1996

La directive 96/29 EURATOM fixe les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultants de rayonnements ionisants. Normalement applicable à partir du 13 mai 2000 dans tous les pays de l'Union, elle contient une mesure capitale : l'abaissement du seuil limite d'exposition aux rayonnements ionisants. Pour les populations notamment, il passe de 5 mSv (directive précédente de 1980) à **1 mSv** par an (limite qui peut être moyennée sur cinq ans). Cette directive reprend les recommandations de la CIPR de 1990, publication 60, parue en 1991.

Elle renforce notamment les trois principes fondamentaux de la radioprotection qui sont la *justification* (qui s'applique à toute nouvelle pratique en tenant compte du rapport avantage / détriment), *optimisation* (qui tient compte des facteurs économiques et sociaux et introduit notamment la notion de contrainte de dose) et *limitation* (les limites de doses préconisées ont été diminuées). Le tableau 8 ci-dessous permet de comparer les structures des directives de 1980 et 1996 [30].

Tableau 8 : Structure de la Directive [30]

Titre	Rappel de la Directive de 1980	La nouvelle Directive de 1996
Titre I	Définitions	Définitions
Titre II	Champs d'application, déclaration et autorisation	Champs d'application
Titre III	Limitation des doses dans le cas des expositions contrôlables	Déclaration et autorisation des pratiques
Titre IV	Limites dérivées	Justification, optimisation et limitation de dose pour les pratiques
Titre V	Expositions accidentelles et expositions d'urgence des travailleurs	Estimation de la dose efficace
Titre VI	Principes fondamentaux de protection opérationnelle des travailleurs exposés	Principes fondamentaux de protection opérationnelle des travailleurs exposés, des apprentis et des étudiants applicables aux pratiques
Titre VII	Principes fondamentaux de protection opérationnelle de la population	Augmentation notable de l'exposition due aux sources naturelles de rayonnements
Titre VIII	/	Mise en œuvre de la radioprotection pour la population en situation normale
Titre IX	/	Intervention
Titre X	/	Dispositions finales

Cette directive ne s'applique pas "au niveau naturel de rayonnement, c'est à dire aux radionucléides contenus dans l'organisme humain, au rayonnement cosmique régnant au niveau du sol ou à l'exposition en surface aux radionucléides présents dans la croûte terrestre non perturbée" (Article 2 -§ 4).

Cependant la directive 98/83 préconise dans son annexe IIA d'utiliser des facteurs de conversion de dose et activité volumique pour l'exposition du public présentés en annexe III, table A de la Directive 96/29 EURATOM. Ces facteurs de conversion sont présentés en annexe 9.

Une des nouveautés de la directive de 1996 réside, en effet, dans l'utilisation des définitions des grandeurs et unités (notamment dose efficace à l'ensemble de l'organisme et dose équivalente aux tissus et aux organes) ainsi que des facteurs de pondération radiologiques et tissulaires qui figurent dans les recommandations de la CIPR. On notera que les notions de limites annuelles d'incorporation (LAI) et limites dérivées de concentration des radionucléides dans l'air (LDCA) permettant de s'assurer du respect des limites de dose en cas d'incorporation de radionucléides et qui figuraient dans les annexes du décret du 20 juin 1966, disparaissent de la directive. Les éléments intermédiaires du calcul des doses résultant de l'incorporation de radionucléides correspondent à des coefficients de dose incorporée par inhalation et par ingestion ($Sv.Bq^{-1}$) pour le public (comprenant différentes tranches d'âge) et les travailleurs, avec différents paramètres correspondant aux conditions spécifiques d'exposition considérées [31].

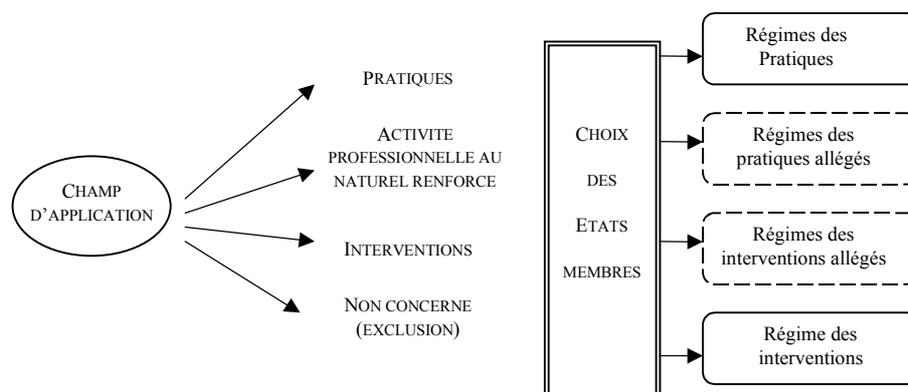
II.1.2.3 La radioactivité naturelle renforcée : une nouveauté dans la directive EURATOM

Si la directive 96/29 ne s'applique pas au niveau naturel de rayonnement, elle s'applique en revanche – et c'est une clause introduite pour la première fois dans une directive EURATOM- "à toutes les pratiques comportant un risque dû aux rayonnements ionisants émanant soit [...], soit d'une *source naturelle* de rayonnement lorsque les radionucléides naturels sont *traités* ou l'ont été, en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles [...]" (Article 2 -§ 4).

On utilise alors le terme de *radioactivité naturelle renforcée*.

L'exposition naturelle renforcée est donc une notion associée à la directive. Celle ci distingue, parmi les expositions naturelles celles qui ne sont pas contrôlables (^{40}K dans le corps humain, rayonnement cosmique au niveau du sol, rayonnement à partir d'une source terrestre non perturbée) et celles qui sont contrôlables (exposition au radon à cause de travaux souterrains, vols en altitude), en ce sens que l'on peut les réduire. Les expositions élevées et contrôlables doivent être prises en compte par les autorités selon des procédures à définir (Article 40 de la directive). On parle alors d'exposition à l'irradiation naturelle renforcée. Les expositions qui ne sont pas contrôlables sont exclues (Article 4) [15].

Figure 8 : Les cas de figures traités par la directive [15]



La directive prévoit un régime pour les pratiques et un régime pour les interventions. Les situations d'exposition naturelle renforcée ne relèvent a priori ni de l'un ni de l'autre. Les pays membres ont la possibilité d'établir tout régime souhaitable, y compris un régime intermédiaire.

Le titre VII "Augmentation notable de l'exposition due aux sources naturelles de rayonnement" laisse beaucoup de souplesse aux états membres mais il est précis dans la démarche qu'il propose à savoir : Identification des activités professionnelles concernées ; Estimation des expositions ; Mise en œuvre, si besoin, des mesures correctives ; Possibilité en cas de besoin d'appliquer le régime des pratiques éventuellement assoupli [15].

On pourra noter que l'originalité de la directive qui a consisté à ajouter aux deux grandes catégories d'activités identifiées par la CIPR que sont les pratiques et les interventions, le cas particulier des activités conduisant à un surcroît notable de l'exposition due aux rayonnements naturels permet aux Etats membres, en fonction des conditions nationales, de choisir le système réglementaire qu'il conviendra d'appliquer à ces situations.

Cependant la contrepartie est une certaine complexité dans la lecture de la directive s'agissant de la radioactivité naturelle qui peut être selon les cas classée soit parmi les pratiques (c'est le cas par exemple de l'extraction de l'uranium : les radionucléides sont en effet alors traités en raison de leur propriétés radioactives), soit parmi les activités professionnelles conduisant à un surcroît notable de l'exposition due aux rayonnements naturels (par exemple : exposition du personnel navigant des compagnies d'aviation) soit encore parmi les interventions (par exemple : résidus de production de sources à base de radioéléments naturels abandonnés par les anciens fabricants) [31].

On rappellera enfin que la directive ne s'applique, ni au radon dans les habitations, qui font l'objet d'une recommandation de la commission, ni au fond de rayonnement naturel (exclu du champ réglementaire).

II.1.3 Le projet de recommandation radon et eau potable

II.1.3.1 Le cas particulier de la problématique radon

Le radon est un gaz naturel qui peut exister en quantités bien supérieures à celles que laissent voir les équilibres radioactifs, dans les eaux profondes ayant circulé rapidement dans les eaux actives. Par rapport à la teneur en équilibre en radium, la concentration en radon peut être multipliée par 100 dans les cours d'eau et les puits et par 10 000 ou davantage dans certaines nappes artésiennes. Ces chiffres peuvent s'expliquer par la solubilité relative du radon ; mais dès que les eaux ainsi chargées sont exposées à l'atmosphère l'aération réduit rapidement leur teneur [23].

Le calcul de l'activité volumique du ^{222}Rn dans l'eau de boisson par la méthode de la dose de référence présente donc des difficultés en raison de la facilité avec laquelle le radon s'échappe de l'eau au cours des manipulations et de l'importance de l'inhalation comme voie d'absorption. L'agitation et le transvasement de l'eau d'un récipient dans un autre libèrent le radon dissous. Si l'eau est laissée au repos un certain temps, l'activité du radon diminue et l'ébullition l'élimine complètement. D'autre part, à l'échelle mondiale, la dose moyenne absorbée par inhalation du radon de toutes origines est d'environ 1mSv/an ce qui est à peu près la moitié de l'exposition totale au rayonnement naturel. Par comparaison, la dose provenant de l'ingestion du radon présent dans l'eau de boisson est relativement faible. Dans le cas du radon, l'OMS précise qu'il faut envisager une approche intégrée et évaluer les doses apportées par toutes les sources de radon, en vue notamment de déterminer les mesures optimales à appliquer si cela s'avère indispensable [6].

Cependant, si le radon ainsi que ses descendants sont exclus du calcul de la dose telle qu'elle est préconisée par la directive 98/83, sa contribution aux niveaux de radioactivité de l'eau est loin d'être négligeable pour certaines eaux.

La circulaire des secrétaires d'Etat à la Santé et au Logement n° 99-46 du 27 janvier 1999 relative à l'organisation de la gestion du risque lié au radon a déjà défini des axes d'action en ce qui concerne la présence de radon dans l'habitat. En revanche, la présence de radon dans l'eau de consommation n'est actuellement pas réglementée et son exclusion du calcul de la DTI, implique une réflexion particulière sur ce gaz radioactif et ses descendants.

La France pourrait, par exemple, envisager lors de la modification du décret 89.3 pour transposer la directive 98/83 d'aller au-delà des stratégies analytiques préconisées en réintroduisant le calcul du radon et de ses descendants dans le calcul de la dose.

Cependant, comme il l'a été souligné lors de la réunion du groupe de travail du CSHPF du 5 juillet 2000, ceci implique de mener auparavant des recherches complémentaires sur le risque sanitaire du à la présence de radon dans les eaux de consommation, notamment sur :

- *La problématique du point de prélèvement du radon* : ce gaz dégaze très facilement au niveau du point de sortie d'une source, d'un puits, etc. mais son évolution à l'intérieur du réseau de distribution jusqu'au robinet du consommateur reste encore mal connue.
- *L'impact du dégazage du radon chez le particulier* (salle de bain, robinet, machine à laver le linge, etc.). Cet aspect a fait l'objet d'études, notamment par l'IPSN, qui devraient être communiquées prochainement.
- *La connaissance des zones à risques* en ce qui concerne la présence du radon et de ses descendants dans les eaux de consommation se limite pour l'instant à de grandes zones. Une carte des zones à risque concernant le radon dans l'habitat a cependant été établie de manière fiable.

Remarque : cas particulier de l'exposition professionnelle

L'exposition des professionnels au radon n'est pas soumise à la même réglementation, mais il paraît important de souligner ici qu'elle peut conduire à des expositions importantes.

Des exemples existent notamment d'actions qui ont été menées pour réduire le niveau d'exposition au radon sur le lieu de travail. En effet, le brassage de grandes quantités d'eau de source entraîne un dégazage du radon dissous dans les locaux professionnels. Des activités allant de 15 à 28 Bq/L ont été mentionnées qui entraîneraient des concentrations de radon dans l'air de 4 à 10 kBq.m⁻³. Les interventions effectuées portent sur la mise en place d'aérateurs sur l'arrivée d'eau afin d'augmenter l'oxygénation, ce qui permet une réduction de 60% de l'activité du radon dans l'eau [15]. Jusqu'à présent ces interventions ont essentiellement concerné des activités professionnelles telles que la pisciculture. Cependant il semble important de considérer également d'autres expositions au radon qui pourrait s'avérer non négligeables du point de vue de la radioprotection. On pourra notamment évoquer celle des professionnels exposés au dégazage du radon lors de l'embouteillage des eaux minérales et de source.

II.1.3.2 Une exposition à réglementer ... : le projet de recommandation « Radon et eau potable »

Ce projet de recommandation de la commission européenne est actuellement en cours de rédaction. Il propose d'ajouter un niveau de contraintes supplémentaires aux dispositions de la directive CEE n°98-83 du 3 novembre 1998 et de la directive EURATOM n°96-29 du 13 mai 1996, en précisant les actions à entreprendre en cas de présence de radon dans les eaux destinées à la consommation. Deux niveaux de concentrations en radon sont présentés dans ce projet.

- Un premier niveau de **100 Becquerels par litre** en deçà duquel aucune action corrective n'est envisagée.
- Un second niveau de **1000 Becquerels par litre** au-dessus duquel il est urgent de mettre en place des actions correctives [19].

A titre de comparaison, on pourra noter qu'en 1997, le gouvernement suédois a introduit des limites de concentration en radon dans les eaux potables (1000 Bq/L est le niveau impropre à la consommation) en finançant partiellement les équipements permettant d'atteindre la valeur guide de 100Bq/L [11].

II.1.4 Le projet de directive cadre ressources en eau

Le projet de directive-cadre sur l'eau est un texte d'orientation qui vise à harmoniser les modalités de gestion des ressources en eau dans les Etats membres (eaux souterraines, eaux douces superficielles et eaux littorales) et de lutte contre leur pollution. Pour les aspects relatifs à la gestion des ressources, ce projet reprend bon nombre de dispositions en vigueur en France depuis 1964 (la gestion par bassin hydrographique et la politique d'objectifs de qualité sur les cours d'eau en sont quelques exemples).

Ce texte est actuellement dans sa phrase finale d'approbation (co-décision), à la suite d'une concertation entre la Présidence du Conseil et le Parlement européen, engagée depuis janvier 2000. *L'inclusion des substances radioactives dans le champ de cette directive*, voulue par le Parlement, reste un des points difficiles de la négociation, la France refusant toute immixtion du Parlement sur des questions qui, selon elle, relèvent uniquement du traité EURATOM (Position majoritaire défendue par le Haut Commissaire et par les services de l'industrie). On pourra cependant souligner que l'introduction d'un volet radiologique, à l'image de ce qui a été fait dans la directive CE 98/83 relative aux eaux destinées à la consommation humaine, permet de faire entrer dans le droit commun le contrôle sanitaire de la radioactivité des eaux de consommation.

II.2 La nouvelle réglementation : un sujet de discussions...

II.2.1 Un manque de cohérence entre les différentes réglementations et recommandations

II.2.1.1 Sur les valeurs indicatives

Si la Dose Totale Indicative est identique entre la CE et l'OMS (0.1mSv/an), en revanche, la valeur indicative retenue pour le tritium par la CE est très inférieure à celle définie par l'OMS (100Bq/L pour 7800Bq/L).

En fait le tritium n'est pas considéré à ce niveau comme radiotoxique mais comme indicateur d'une contamination d'origine artificielle. La très basse valeur retenue n'a ainsi pour objet que de détecter une éventuelle contamination artificielle.

II.2.1.2 Sur les radionucléides à prendre en compte

Le potassium, le radon et ses descendants sont exclus du tableau des valeurs de référence de la directive CEE, leur contribution étant soustraite des valeurs seuils. En revanche, le carbone 14 est pris en compte par la directive CE 98/83 alors que la directive OMS l'exclue.

II.2.1.3 Sur les méthodes de calcul des doses

Pour aboutir au 0.1mSv qui est la valeur limite de la Dose Totale Indicative dans la directive 98/83, l'OMS a adopté des stratégies de calcul qui, si elles aboutissent au même résultat, ne s'appuient pas pour autant sur les mêmes bases. En effet, soit l'OMS considère que les 0.1mSv correspondent à **10%** de la limite d'exposition pour le public, **1mSv**, préconisée par la directive 96/29 Euratom, soit l'OMS calcule les 0.1mSv en prenant **5%** des **2.4mSv** qui correspondent à l'exposition moyenne au rayonnement naturel en France.

II.2.2 De nouvelles normes excessives et sans fondements scientifiques ?

II.2.2.1 Les nouvelles normes sont-elles trop sévères ?

En 1996, lors de la Conférence Permanente sur la Santé et la Sécurité à l'ère Nucléaire, il a été rappelé que les limites fixées se basent sur des estimations du risque lié aux rayonnements et de son évolution dans le temps.

En vertu du principe éthique de précaution les estimations quant aux risques liés aux rayonnements ménagent probablement, dans le domaine des faibles doses, une large marge de sécurité. On ne peut donc pas affirmer que les limites actuelles sont correctes. Elles correspondent seulement à l'état actuel des connaissances, à des estimations prudentes des risques dans un domaine de recherche pas encore évalué statistiquement et à des évaluations sociologiques bien précises. Une autre modification des limites dans le futur n'est pas à exclure, éventuellement aussi en direction de valeurs plus élevées [32].

Dans cette optique, Alain AUGIER, ancien membre de la commission internationale de radioprotection, rappelle que dès 1955 des comités d'experts internationaux ont élaboré des doses maximales à ne pas dépasser, prenant en compte la variété des rayonnements et des expositions dans le temps et dans l'espace. Il estime que "ces doses n'entraînent aucun risque sanitaire ni à court ni à long terme. L'expérience d'un demi-siècle l'a confirmé sans exception, notamment pour le risque de cancer. Or en 1990, la CIPR a proposé qu'on abaisse ces normes. Bruxelles a fait passer ces nouvelles recommandations dans une directive de 1996^a qui se révèle aujourd'hui sans fondement scientifique, à la lumière des récentes études. Et pourtant elle doivent entrer en application avant le 13 mai 2000 [...]" [33].^b

^a Il s'agit de la Directive 96/29 EURATOM du 13 mai 1996.

^b A. AUGIER, constate notamment trois points faibles dans cette directive :

- "On propose de réduire les doses considérées comme « permmissibles » depuis 1966, par des facteurs très importants [...] or les derniers développements de la recherche épidémiologiques ont montré l'absence de justification de ces réductions ;
- On arrondit les chiffres. C'est ainsi qu'on admet qu'un individu peut sans danger absorber, en irradiation totale pénétrante, la dose d'un gray (1Gy) pendant son existence. En supposant qu'il travaille au contact direct du risque continuellement pendant cinquante ans, on lui permet 20 milligrays (mGy) par an (plus exactement 100 en cinq ans pour des raisons de gestion temporelles). Pour les populations à l'extérieur de la zone contrôlée, on admet un seul mGy par an, sans aucune justification de cet écart de 20 à 1 entre un travailleur de la zone réglementée et l'homme de la rue. Rappelons que le rayonnement naturel d'origine terrestre et cosmique dépasse très largement le milligray annuel, allant jusqu'à six fois plus dans certains endroits des Vosges, du Massif central et de la Bretagne qui deviendrait ainsi administrativement inhabitable !

II.2.2.2 La problématique des faibles doses

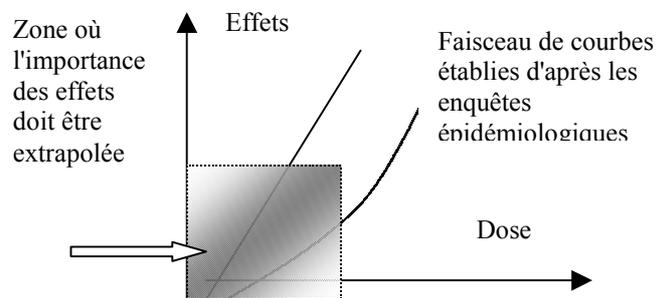
L'UNSCEAR a défini différentes gammes de doses :

0-0.2 Sv : faibles doses | 0.2-2 Sv : doses moyennes | 2-10Sv : fortes doses | >10 Sv : très fortes doses

En radioprotection, il importe de tenir compte des faibles doses qui correspondent au niveau d'exposition habituel de l'homme : l'équivalent de dose annuel moyen dû aux activités humaines est de 1.2mSv. On ne dispose donc de données fiables que pour des doses beaucoup plus élevées, supérieures à 1 Sv, correspondant à des irradiations accidentelles. Devant l'impossibilité d'affirmer l'existence d'un risque pour les faibles doses et la nécessité d'évaluer le risque pour les populations exposées à celles-ci, la CIPR a adopté des hypothèses comme l'absence de seuil, la linéarité de la relation dose- effet, la proportionnalité entre la somme des doses reçues par chacun des individus et le risque collectif encouru par cette population.

La prudence de la CIPR s'explique par la nécessité, dans l'évaluation des effets des faibles doses, d'extrapoler à partir d'effets observés pour des doses élevées, même si l'accumulation des résultats des études ne concorde pas avec l'hypothèse d'une relation linéaire sans seuil [34].

Figure 9 : Relation dose-effet : résultats expérimentaux [21]



L'Académie des sciences précise : « Il apparaît que la notion de seuil pratique, jusqu'ici exclue par dogmatisme, ne saurait être rejetée a priori. Il semble qu'au-dessous de faibles valeurs de la dose, l'effet puisse être pratiquement nul, ou du moins négligeable en regard de la longévité moyenne de l'homme et du bruit de fond des cancers "naturels". L'annexe 10 présente l'avis de plusieurs scientifiques qui considèrent que l'utilisation d'un modèle linéaire pour estimer le risque dans le domaine des faibles doses n'est pas justifiée.

Cependant, on pourra conclure cette partie en rappelant que le choix du modèle d'extrapolation, qui peut être jugée trop « sécuritaire », a été fait en vertu du principe de précaution en considérant les incertitudes régnant dans l'état actuel des connaissances en ce qui concerne le domaine des faibles doses [23].

II.2.2.3 Doit-on faire une distinction entre radioactivité naturelle et artificielle ?

L'assimilation entre irradiation naturelle et irradiation artificielle pour ce qui concerne l'impact biologique est discutée. Il a en particulier été avancé par certains scientifiques qu'aucune preuve n'a été apportée permettant de valider ce postulat. J. Piechowski soulignait notamment que la présence d'éléments radioactifs naturels, de nature séculaire, constitue un état stable dans l'échelle des temps. De l'équilibre hydrogéologique résulterait une eau présentant un spectre et un niveau bien définis de radioactivité que les organismes vivants ont d'une manière ou d'autre intégré dans leur perception de l'environnement.

Cependant, cette hypothèse semble loin de faire l'unanimité et il est généralement considéré que rien ne peut différencier les effets d'un rayonnement naturel ou artificiel dès lors qu'ils ont même nature, même énergie et même débit [28].

• On fonde cette doctrine sur une hypothèse précautionneuse que rien ne justifie : le modèle linéaire sans seuil ».

III EXPLOITATION ET GESTION DES DONNEES SUR LA RADIOACTIVITE

III.1 *Analyse de la radioactivité dans les eaux*

III.1.1 Rôle de l'origine de la ressource

L'origine du prélèvement apparaît comme très importante face à la concentration radioactive de l'eau. Les activités moyennes sont constamment faibles dans les rivières et les eaux d'adduction ; elles augmentent dans les sources pour devenir relativement fortes dans les puits. Dans la région Bretagne étudiée, les puits présentent un niveau de radioactivité plus élevé que les sources, elles-mêmes plus radioactives que les adductions d'eau potable et les rivières. Des observations semblables avaient été faites dans les rivières de divers massifs granitiques. Cette constatation peut être attribuée à l'adsorption dans les sédiments des substances radioactives. Les eaux d'adduction subissent généralement un traitement qui a pour effet d'éliminer les substances en suspension dans l'eau et de diminuer les substances dissoutes, et donc les radioéléments présents. D'autre part ces eaux proviennent souvent de rivières ou retenues dont la radioactivité est déjà très faible. Les eaux non traitées, éliminent ces éléments pratiquement insolubles, lors des séjours dans les canalisations ou les réservoirs.

Les eaux de source acquièrent leur radioactivité par passage dans des filons contenant des matières actives, mais elles en cèdent en traversant des minéraux absorbants. La longueur du parcours sous terre, et les matériaux traversés après contamination jouent un rôle important dans la décontamination avant la résurgence.

Les teneurs importantes dans les puits, peut trouver une explication dans le caractère stagnant de ces eaux. Certes les matières en suspension qui retiennent la majorité de la contamination, peuvent décanter compte tenu du temps déjà relativement long dans les réservoirs que constituent ces constructions, mais il faut bien remarquer qu'une certaine quantité de particules très fines flottent toujours.

Les éléments radioactifs s'adsorbent sur celles ci et seront prélevés avec l'eau. D'autre part, il n'y a pratiquement pas de circulation et donc d'occasion de disséminer et de diluer les radioéléments présents. Si un puits se trouve à proximité d'un filon ou sur le passage d'une source qui en sort, il peut donc constituer un piège pour les éléments radioactifs [22].

III.1.2 Méthodes analytiques

III.1.2.1 Mesure de la radioactivité

La mesure de la radioactivité naturelle dans les eaux de consommation porte généralement sur les paramètres suivants : activité volumique alpha totale et bêta totale, teneur en uranium et thorium et analyse isotopique ; teneur en potassium naturel, radioactivité volumique en radium 226 et radon 222 dissous.

Les techniques d'analyse de ces différents paramètres sont présentées en annexe 11.

Figure 10 : Compteur Geiger



Un bilan établi par l'AFNOR dresse l'état des travaux normatifs au mois de juin 2000. En ce qui concerne les mesures de la radioactivité contenue dans l'eau, 4 normes sont homologuées^a (alpha globale, bêta globale, tritium, carbone 14) et 2 sont des avants projets^b (tritium et carbone 14, radium 226). Il n'existe pas au niveau européen (CEN) de travaux sur la radioactivité dans les eaux, et au niveau international (ISO) les techniques normalisées sont équivalentes aux techniques françaises, mais moins récentes

III.1.2.2 Limites de détection des méthodes analytiques

La directive 98/83 dans son projet d'annexe III définit les limites de détection requises en fonction des paramètres mesurés. Le tableau présente ces valeurs pour αT et βT , l'uranium, le tritium et le radium.

Tableau 9 : Limites de détection

PARAMETRE MESURE	LIMITE DE DETECTION
Alpha total	0.04 Bq/L
Bêta total	0.4 Bq/L
Uranium	8 µg/L
Tritium	10 Bq/L
Ra 226	0.04 Bq/L

On pourra relever un certain manque de cohérence, dans la directive, entre les méthodes analytiques chimiques et radiologiques. Alors que les mesures chimiques sont caractérisées qualitativement par trois paramètres : limites de détection, justesse et fidélité, les mesures radiologiques ne prennent en compte que la limite de détection [35].

Les mesures de la radioactivité, les normes nationales et les recommandations de la CIPR comportent des incertitudes. Lorsqu'on se trouve autour des limites maximales admissibles, les recommandations internationales suggèrent d'accepter une précision de 30%. Au-dessus, la précision doit être meilleure [36].

III.2 Les eaux conditionnées : synthèse des travaux

III.2.1 Synthèse des données sur la radioactivité dans les eaux conditionnées

III.2.1.1 Caractéristiques des eaux conditionnées

Actuellement, la consommation annuelle par habitant, tant en eau de source qu'en eau minérale, est estimée à 112 litres [37]. Un bilan sur la qualité des eaux conditionnées (eaux minérales naturelles, eaux de source et rendues potables par traitement) a été réalisé en 1995 par la Direction Générale de la Santé [38].

L'activité de conditionnement produit 153 eaux conditionnées différentes dans 100 usines réparties dans 56 départements français. Elle est cependant géographiquement concentrée puisque 6 départements regroupent la production de 59% des eaux minérales naturelles conditionnées (Allier, Ardèche, Loire, Nord, Puy-de-Dôme, Vosges). Les différents types d'eaux sont représentés dans le tableau 10.

Tableau 10 : types d'eaux plates ou gazeuses [38]

	CATEGORIES D'EAUX CONDITIONNEES			TOTAL
	Eau minérale naturelle	Eau de source	Eau rendue potable par traitement	
Eau plate	32	55	2	89
Eau gazeuse	42	22	0	64
Total	74	77	2	153

^a NF M 60-800 décembre 1997, NF M 60-801 décembre 1997, NF M 60-802-1 juillet 2000 et NF M 60-802-2 juillet 2000.

^b Avant projet M 60-802-3 et Avant projet M 60-803.

III.2.1.2 Mesure de la radioactivité des eaux minérales naturelles

On estime le chiffre d'affaire du secteur des eaux minérales embouteillées à 13 milliards de francs en 1996 [39].

Les données utilisées pour l'examen de la radioactivité des eaux minérales naturelles proviennent du laboratoire de l'OPRI. Ces données regroupent les résultats de l'enquête de 1990 pour les eaux conditionnées, les analyses réalisées entre les deux enquêtes dans le cadre d'expertise de demande d'autorisation et les résultats obtenus lors de l'enquête de 1995 pour les eaux qui ne disposaient pas d'analyse significative de la radioactivité.

Figure 11 : Situation des sources d'eaux minérales embouteillées [20]



Lors des deux enquêtes, l'OPRI a effectué systématiquement sur les échantillons reçus les trois déterminations suivantes : activité α totale, activité β totale, concentration en potassium naturel.

Lorsque l'activité α totale dépassait les 0.1Bq/l, les teneurs en radium 226 et en uranium naturel ont été mesurées. Au total 36 eaux minérales naturelles conditionnées ont des activités α totale et/ou β totale dépassent les seuils recommandés par l'OMS dans ses directives de qualité pour l'eau de boisson.

Ce ne sont pas des limites de qualité mais des valeurs à partir desquelles il est nécessaire de mesurer la teneur en radionucléides majeurs en vue de calculer la dose totale.

- 31 eaux possèdent une activité α totale supérieure à 0.1Bq/l ;
- 26 eaux possèdent une activité β totale supérieure à 1Bq/l .

L'activité α totale des eaux est principalement due au *radium 226* et ses descendants. Parmi les eaux dont la teneur en radium 226 a été déterminée, 22 eaux présentent une activité volumique en radium 226 supérieure à 100mBq/l et pour 5 de ces eaux la valeur dépasse 1000mBq/l^a. La valeur maximale mesurée est de 2000mBq/l. La teneur en *uranium* naturel, également émetteur α , est le plus souvent inférieure ou proche du seuil de détection (1 μ g/l).

L'activité β totale proprement des eaux minérales provient de certains éléments des trois familles radioactives naturelles (famille de *l'uranium*, du *thorium* et de *l'actinium*) éventuellement présent ainsi que du rayonnement du *potassium 40*.

Selon l'OPRI, les résultats obtenus sur les eaux minérales naturelles analysées dans le cadre de l'enquête 1995 montrent une bonne stabilité dans le temps des teneurs en radionucléides présents par rapport aux résultats issus des expertises de la radioactivité des eaux.

^a On rappelle que la concentration de référence du ²²⁶Ra est de 500mBq/L et que la stratégie analytique de la directive 98/83 préconise de calculer la DTI quand un des radionucléides dépasse 20% de la concentration de référence ce qui correspond à 100mBq/L pour le ²²⁶Ra.

III.2.1.3 Mesure de la radioactivité des eaux de source et des eaux rendues potables par traitement

L'examen de la radioactivité de ces eaux a été réalisé selon les mêmes modalités que pour les eaux minérales naturelles. La comparaison des résultats d'activité α totale et β totale supérieurs aux seuils de détection des méthodes utilisées et aux seuils recommandés par l'OMS à partir desquels il est utile de déterminer les radionucléides présents montre que les eaux de source et les eaux rendues potables par traitement conditionnées présentent un niveau de radioactivité globalement moindre que celui des eaux minérales naturelles conditionnées (voir tableau 11 ci dessous).

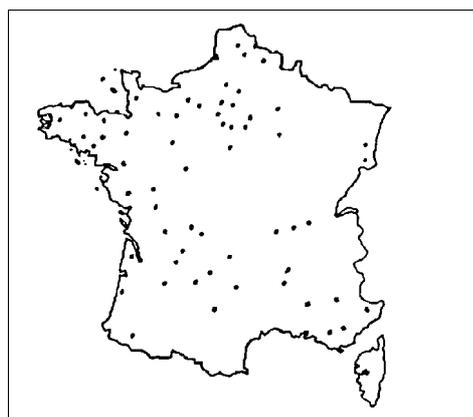
Selon les résultats obtenus, 15 eaux de source et 1 eau rendue potable par traitement, conditionnées, possèdent une activité α totale supérieure au seuil de 100mBq/l.

Tableau 11 : activités α totale et β totale des eaux de source et rendues potables par traitement [38]

Paramètres	Seuil de détection des méthodes	Eaux dépassant ces valeurs	Valeurs recommandées par l'OMS	Eaux dépassant ces valeurs	Valeur max. mesurée
Activité α T	75mBq/l	20	100mBq/l	15	660mBq/l
Activité β T	250mBq/l	10	1000mBq/l	0	770mBq/l

Figure 12 : Situation des eaux de sources [20]

Par rapport aux eaux minérales naturelles conditionnées, les gammes de valeurs sont moins étendues. Par contre, mis à part le département de la Dordogne où il n'existe pas de conditionnement d'eaux minérales naturelles, les régions concernées par les eaux à activités α totale et β totale significatives sont similaires.



Le tableau 12 présente la synthèse des résultats des mesures de radium 226, uranium et potassium naturel réalisées.

Tableau 12 : Radionucléides dans les eaux de source et rendues potables par traitement [38]

Paramètres	Seuil de détection	Eaux dépassant ces valeurs	Valeur maximale mesurée
Radium 226	100mBq/l	1	180mBq/l
Uranium naturel	1 μ g/l	7	2.4 μ g/l
Potassium naturel	1mg/l	51	21mg/l

Conclusion

Les résultats obtenus confirment les faibles teneurs en radionucléides des eaux de source et des eaux rendues potables par traitement. Ainsi, l'enquête "Bilan sur la qualité des eaux conditionnées" réalisée en 1995 montre donc que **47** eaux embouteillées sur les 137 étudiées dépassent la valeur retenue pour **l'activité α totale** et **26** pour **l'activité β totale**.

Certaines eaux minérales naturelles dépassent ces valeurs de façon notable puisque des niveaux d'activité globale α et β respectivement de 5 et 10 Bq/l ont été mesurés [37].

Ces dépassements sont essentiellement dus aux minérales naturelles qui présentent certaines particularités...

III.2.2 Spécificités des eaux minérales et calcul des doses engagées

III.2.2.1 Des spécificités physico-chimiques

La composition chimique est l'un des critères sur lesquels repose la notion d'eau minérale. La concentration des eaux minérales en sels minéraux est parfois supérieure à la limite de 1 500 mg/L admise pour les eaux de distribution publique [40] (Voir en annexe 12).

Parmi les substances minérales qui constituent la matrice d'une eau, certaines ont des propriétés particulières : elles sont radioactives. La radioactivité naturelle résulte des mêmes mécanismes d'acquisition que pour les autres composants chimiques. Les substances radioactives dissoutes (sels et gaz) dans les eaux au contact des roches encaissantes se rattachent à trois familles naturelles : uranium, thorium et actinium [20].

En matière de radioactivité, les eaux minérales présentent en effet la particularité de renfermer presque exclusivement des radio-isotopes naturels, en effet en raison de la lenteur de leur cheminement, les radioéléments artificiels d'apparition récente n'ont pas encore pu accomplir l'intégralité du circuit qui va de la filtration à l'émergence [40].

III.2.2.2 Une radioactivité plus élevée que pour les eaux potables

La présence de radionucléides en concentration plus élevée dans les eaux minérales naturelles (et en particulier gazeuses) que dans les autres eaux destinées à la consommation humaine, a longtemps été utilisé comme argument publicitaire pour vanter leurs vertus thérapeutiques, comme on pouvait le lire par exemple sur l'étiquette d'une eau minérale naturelle embouteillée au début du siècle (voir la figure 13 ci-après)...

The image shows a historical label for St-Pardoux mineral water. It is divided into three main sections. The left section, titled 'PROPRIÉTÉ DE L'ÉTAT', describes the 'Etablissement thermal' at 'BOURBON-L'ARCHAMBault' and lists ailments treated: 'Eaux chlorurées sodiques' (temperature 52 degrees), 'Rhumatismes', 'Arthritisme', 'Névralgies', and 'Paralysies - Neurosthénie'. The middle section, also 'PROPRIÉTÉ DE L'ÉTAT', features an illustration of the thermal establishment and the text 'EAU MINÉRALE NATURELLE DE ST-PARDOUX'. It lists mineral content: 'ACIDULÉE, GAZEUSE & FERRUGINEUSE, CHLORURÉE, BROMURÉE, IODURÉE, SILICATÉE & RADIOACTIVE' and mentions it is recognized by the 'Académie de Médecine'. It also includes a note about a woman's health and the address 'S'adresser à M. DÉRET, St-PARDOUX, par Theneuille (Allier)'. The right section contains a testimonial in French, an 'ANALYSE GÉNÉRALE' table, and a note about radium concentration. The analysis table lists various components and their amounts in grams per liter.

Densité de l'eau à 15°	1,0077
— de l'acide carbonique	0,0254
— de soufre	0,0010
Chlorure de sodium et de magnésium	0,0280
Sulfate de calcium et de magnésium	0,0270
Chlorure de fer associé à une matière organique	0,0020
— de potassium	0,0020
— de sodium	0,0020
— de magnésium	0,0020
— de calcium	0,0020
— de fer	0,0020
— de manganèse	0,0020
— de zinc	0,0020
— de cuivre	0,0020
— de cobalt	0,0020
— de nickel	0,0020
— de baryum	0,0020
— de strontium	0,0020
— de lithium	0,0020
— de sodium	0,0020
— de potassium	0,0020
— de calcium	0,0020
— de magnésium	0,0020
— de fer	0,0020
— de manganèse	0,0020
— de zinc	0,0020
— de cuivre	0,0020
— de cobalt	0,0020
— de nickel	0,0020
— de baryum	0,0020
— de strontium	0,0020
— de lithium	0,0020

En effet, le bilan réalisé en France par l'OPRI (Rémy et Pellerin, 1982 ; Rémy et Lemaître, 1990) met en évidence cette particularité des eaux minérales en matière de radioactivité.

Ainsi, les valeurs maximales pour l'uranium sont observées dans les eaux de Badoit St-Galmier (900mBq/l), celles de St-Yorre Royale pour le ²³⁸Th (28mBq/l) et le ²²⁶Ra (250mBq/l). Certaines eaux – notamment celles riches en cations (Na et K) – peuvent contenir plusieurs Bq par litre de ²²⁶Ra.

Cette constatation de la présence en concentration parfois importante de radionucléides a conduit de nombreux auteurs à considérer les doses engagées lors de la consommation régulière d'une eau minérale gazeuse pour évaluer l'impact sanitaire éventuel de ces eaux.

III.2.2.3 Calcul des doses engagées

La revue Hydrogéologie a publié en 1990 une étude intitulée « Eau Minérale et radioactivité » [16]. Les auteurs ^a ont cherché à répondre à la question : *la consommation d'eaux minérales naturelles peut-elle du fait de leur radioactivité constituer un éventuel risque pour l'hygiène publique ?* en se basant sur les Limites Annuelles d'Incorporation des radioéléments (LAI) recommandées par la Commission Internationale de protection radiologique (CIPR). Elles ont été reprises dans la directive CEE 80-836 du 15 juillet 1980 de la Communauté européenne, puis dans la réglementation française (décret du 18 avril 1988). Ces LAI sont présentées en annexe 13. ^b

La comparaison des LAI avec l'ingestion de radioactivité par les eaux minérales ont conduit à conclure que les eaux minérales françaises dans leur très grande majorité, en particulier les six eaux les plus consommées, si elles étaient soumises à la réglementation des eaux potables (ce qui n'est pas le cas) ne contribueraient que pour environ 3% des limites annuelles autorisées pour les eaux potables. Seules quelques eaux un peu plus actives contribueraient à des pourcentages plus élevés jusqu'à 15 à 20%. Le calcul ne conduit à plus de 50% de la LAI des eaux potables que pour deux eaux minérales : Colette et Saint-Alban, mais il y a lieu de rappeler que les pourcentages sont calculés sur la base d'une consommation de 800 litres /an, soit plus de 2 litres / jour, ce qui est une hypothèse très conservatrice. A côté des eaux minérales, les eaux de source et les eaux rendues potables par traitement qui sont offertes à la consommation présentent, dans leur ensemble, les mêmes caractéristiques de radioactivité que les eaux minérales [20].

Plus récemment, à partir des mesures concernant les eaux minérales françaises, Métivier et Roy (1997) ont calculé les doses engagées que recevaient les consommateurs ne buvant que ces eaux minérales. En prenant les derniers coefficients de doses calculées en fonction de l'âge par la CIPR (publications 56, 67, 69 et 72), il est montré que les eaux naturelles de grande consommation se classent en deux catégories : les eaux non gazeuses qui, pour une consommation exclusive pendant une année, délivreraient une dose efficace engagée voisine de 0.03mSv et les minérales gazeuses et salines qui délivreraient des doses 10 à 40 fois plus fortes [41].

Pour un adulte qui ne consommerait qu'une eau faiblement radioactive comme l'eau d'Evian, la dose annuelle engagée sur 50 ans serait donc voisine de 0.03mSv. Pour un nourrisson, dont l'alimentation est très souvent préparée à l'aide d'eaux minérales de la première catégorie, la dose engagée jusqu'à l'âge de 70 ans par la consommation durant la première année de la vie serait de 0.35mSv. Enfin, pour un adulte qui consommerait quotidiennement une eau gazeuse saline, la dose efficace engagée annuelle serait comprise entre 0.02mSv (eau de Perrier) et 1.24mSv (St-Alban) [42].

On pourra donc noter que, même si la conclusion de nombreux auteurs est que la consommation d'eau minérale naturelle ne semble pas présenter pas de risques pour la santé des consommateurs, il n'en demeure pas moins que les analyses de certaines eaux révèlent des niveaux de radioactivité qui se situent bien au-delà des valeurs seuils préconisées pour les eaux destinées à la consommation humaine par la directive 98/83. ^c

L'extension des valeurs limites préconisées dans la directive relative aux eaux destinées à la consommation humaine aux eaux minérales ne se ferait donc pas sans poser quelques problèmes pour certaines d'entre elles....

^a ML. Remy et N. Lemaître.

^b Les estimations de la dose efficace se font désormais à partir de coefficient de doses résultant d'incorporation par inhalation et ingestion (exprimés en Sv/Bq), au lieu des LAI et LDCA (Directive 96/29).

^c On rappelle que la DTI recommandée par l'OMS et reprise dans la directive 98/83 est de 0.1mSv.

III.3 Les eaux d'adduction publique : exploitation des données de l'OPRI

La production annuelle d'eau destinée à la consommation humaine est de 5.9 milliards de mètres cubes par an dont 3.7 milliards en provenance des nappes souterraines (63%) alors que 2.2 milliards seulement proviennent des eaux de surface (37%). Ainsi 75 départements français sur 100 sont alimentés majoritairement par des eaux souterraines. Il existe en France 32 406 captages et prises d'eau dont 96% concernent des eaux souterraines [43].

III.3.1 Des données gérées par l'OPRI

III.3.1.1 Présentation de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants

L'office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI) est un établissement public de l'Etat, placé sous la tutelle du ministère en charge de la Santé [44].

Le rôle de l'OPRI consiste à :

- *Surveiller*, c'est à dire assurer une mesure permanente de l'état des milieux de vie et déclencher des alertes à la moindre anomalie ;
- *Contrôler*, c'est à dire vérifier que les règlements sont bien appliqués et signaler à l'autorité de police sanitaire les écarts ;
- *Expertiser*, c'est à dire faire jouer ses compétences techniques et scientifiques pour apporter des interprétations aux questions qui sont posées, le plus souvent par la tutelle, dont le rôle est d'en tirer des conclusions pratiques.

III.3.1.2 Les méthodes d'analyses utilisées par l'OPRI

Les comptes rendus des analyses réalisées par l'OPRI font mention des méthodes d'essais utilisées pour réaliser ces analyses et notamment :

- *α global* : sur dépôt par évaporation suivi d'une mesure par scintillation solide (norme NF M 60-801).
- *β global* : sur dépôt par évaporation suivi d'une mesure en compteur type Geiger (norme NF M 60-800).
- *Tritium* : par scintillation liquide directe (Norme NF M 60-802).
- *Potassium* : par absorption atomique
- *Radon 222* : par spectrométrie gamma en géométrie bouteille de 1L aluminium.

Les rapports de l'OPRI mentionnent que :

- L'incertitude associée à chaque résultat correspond au niveau de probabilité de 95% ;
- Les activités des échantillons prélevés dans l'environnement sont le plus souvent très faibles. Dans le cas des valeurs proche du bruit de fond, si le résultat, bruit de fond déduit, est inférieur au seuil de décision, la valeur rendue est un seul égal à la limite de détection ($LD = 2 SD$).

Pour une mesure donnée dans un indicateur donné, la limite de détection varie en fonction des conditions opératoires : le temps de comptage, les caractéristiques de l'ensemble de comptage, la géométrie de l'échantillon, son traitement et la prise d'essai.

- Les unités sont les unités légales du système international : becquerel, gray et sievert [45].

L'étude a été réalisée sur les dossiers d'analyse des eaux d'adduction archivés par l'OPRI ^a.

^a Codées généralement EA pour Eau d'Adduction.

III.3.2 Archivages des données de l'OPRI

III.3.2.1 Conservation des dossiers d'analyses

Les analyses de la radioactivité dans les eaux d'adduction publique sont conservées dans leur totalité dans une salle des archives, sauf les dossiers des analyses de l'année en cours.

Une étude de l'ensemble des dossiers d'analyses de la radioactivité dans les eaux de consommation conservés dans les archives de l'OPRI a été réalisée au cours du mois de juin, afin de dresser un "état des lieux qualitatif" de ces données. Une synthèse est présentée ici.

↳ Caractéristiques générales des analyses dans l'ensemble des départements

○ *Le motif des analyses*

Les motifs les plus fréquemment rencontrés jusqu'à présent pour justifier l'analyse de la radioactivité naturelle dans les eaux d'adduction sont les suivants : forage, établissement d'un périmètre de protection, embouteillage, étude d'une eau de source de montagne embouteillée, renforcement ou extension du réseau de distribution d'eau potable, radioanalyses des eaux d'adduction (arrêté du 7 septembre 1967, circulaire du 8 septembre 1967, arrêté du 22 mai 1973).

○ *Les paramètres des analyses*

En fonction du département à l'origine de la demande, les paramètres peuvent être variables. Les plus fréquemment analysés sont les paramètres globaux : αT et βT^a ainsi que certains radionucléides spécifiques comme l'uranium naturel, le radium 226, le thorium, le potassium et le radon 222.

○ *La période de conservation des dossiers et le classement des archives*

L'OPRI s'est engagée dans une démarche qualité qui implique le respect d'un protocole régissant la conservation des archives : enregistrement des personnes venant consulter les archives, conservation des dossiers dans un local fermé à clé, etc.

La durée de conservation des documents est également prédéfinie (en général 10 ans) mais jusqu'à présent l'OPRI a conservé l'ensemble des dossiers sans limitation de durée.

Les premières analyses datent de 1962, soit presque 40 ans d'analyses archivées.

○ *Le nombre de dossiers d'analyses par départements*

Les dossiers sont conservés dans des cartons numérotés par départements et classés par ordre chronologique. Un tableau en annexe 14 recense l'état des analyses par département (période, nombre de dossiers d'analyses, date de début d'analyse de certains éléments caractéristiques, remarques particulières).

De façon plus synthétique, on pourra souligner ici la grande hétérogénéité des départements en ce qui concerne le nombre d'analyses effectuées (de 0 à presque 300 analyses...), les mesures étant faites par l'OPRI à la demande des DDASS.

^a ...et le tritium pour détecter une contamination artificielle.

Tableau 13 : Caractéristiques des dossiers d'analyses pour l'ensemble des départements

Total des analyses	1391
Nombre d'analyse moyen par département	15
Nombre d'analyse médian	3
Nombre minimal d'analyses	0
Nombre maximal d'analyses	274

L'étude des dossiers montre que 15 départements ne possèdent pas de données sur la radioactivité des eaux d'adduction conservées dans les archives de l'OPRI. Il s'agit des départements suivants : 16, 35, 39, 41, 47, 52, 53, 56, 58, 61, 65, 75, 80, 88 et 93.

En revanche certains départements ont effectué de nombreuses d'analyses. Ainsi parmi les trois premiers, on compte l'Hérault (34) avec 274 analyses entre 1972 et 1998, la Seine et Marne (77) avec 181 analyses entre 1971 et 1999 et la Seine Maritime (76) avec 150 analyses entre 1972 et 1999. La DDASS de Seine Maritime, par exemple, a procédé par campagnes de mesures afin de dresser un état des lieux des niveaux de radioactivité dans les eaux de consommation du département. Certains départements (Gard, Calvados, Seine-Maritime) ont donc effectué des campagnes de mesures alors que pour d'autres les demandes sont beaucoup plus irrégulières.

III.3.2.2 La problématique des limites de détection

Les seuils de mesure évoluent avec l'amélioration de la sensibilité des appareils, leur capacité à éliminer les bruits de fond, etc. De plus, il a été souligné que les limites de détection varient en fonction des conditions opératoires.

Pour mettre en évidence cette évolution, trois départements "témoins" ont été choisis car ils possédaient un nombre relativement élevé d'analyses sur une période suffisamment longue. Il s'agit :

- des *Alpes Maritime* (06) avec 14 analyses de 1973 à 1996 ;
- de l'*Ardèche* (07) avec 74 analyses de 1974 à 1998 ;
- des *Bouches du Rhône* (13) avec 36 analyses de 1970 à 1998.

L'étude porte sur l'évolution des limites de détection indiquée dans les dossiers d'analyses archivés par l'OPRI, pour les paramètres αT et βT . Tous les dossiers d'analyses de ces trois départements classés dans les archives de l'OPRI ont été analysés au cours du mois de juin sur les plages d'années précédemment citées afin de dresser un bilan de l'évolution des limites de détection.

○ Préconisations de la directive 98/83

La directive 98/83 introduit des valeurs seuils pour les paramètres αT et βT et préconise également des limites de détection. Ces valeurs sont présentées dans le tableau 14 ci-dessous.

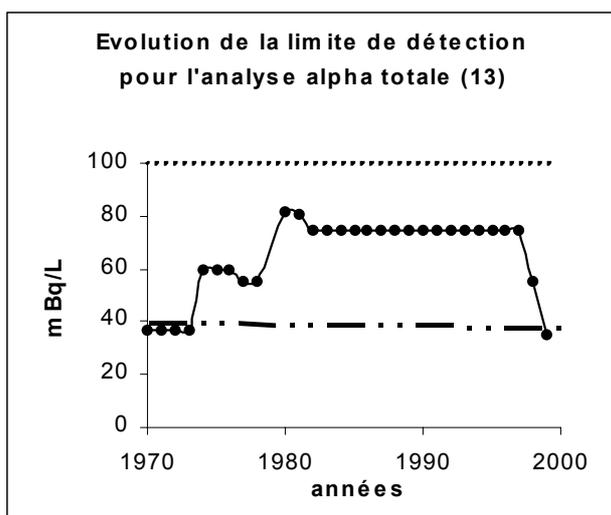
Tableau 14 : Limites de détection

PARAMETRES	VALEURS SEUILS	LIMITES DE DETECTION
α total	0.1 Bq/L	0.04 Bq/L
β total	1 Bq/L	0.4 Bq/L

Source : directive 98/83 du 3 novembre 1998.

○ Evolutions des limites de détection pour le paramètre α total

Le graphique ci-dessous représente l'évolution des limites de détection pour le paramètre α T entre les années 1970 et la fin des années 1990 pour le département des Bouches-du-Rhône. Cette représentation permet de comparer la limite de détection effective dans les analyses de l'OPRI avec les valeurs indicatrices et les limites de détection préconisées par la directive 98/83. Les graphiques portant sur les limites de détection du paramètre α T pour les deux autres départements "témoins" ainsi que les résultats concernant sur les paramètres β T et uranium sont présentés en annexe 15.



En décembre 1975, le Becquerel a remplacé le picocurie (pC).

Dans les rapports d'analyses le passage de pC en mBq est effectif dans les années 1980 et plus précisément à partir de 1981, pour le département 13. Pour réaliser les graphiques, la conversion a été effectuée avec $1\text{Bq} = 27\text{pC}$.

.....	Valeur seuil
- . - . - . - . - . - . - . - . - .	Limite de détection

Plusieurs remarques peuvent être faites :

- Les limites de détection se situent en dessous de la valeur seuil de 100mBq/L préconisée par la directive ce qui peut permettre de faire ultérieurement un bilan des départements ayant dépassé ces valeurs au cours des 40 dernières années (Ce n'est pas le cas du tritium dont les limites de détection restent supérieures à la valeur seuil de 100 Bq/L jusqu'en 1993 comme le montrent les graphiques en annexe 16) ;
- En revanche, les limites de détection sont la très grande majorité du temps supérieures à celles préconisées par la directive et ne passent en dessous de 40mBq/L qu'à la fin des années 1990.

○ Bilan : des archives nombreuses mais pas exploitables dans leur totalité

Il apparaît donc, suite à cette étude sur les archives des résultats d'analyses des eaux d'adduction, que l'OPRI possède un nombre important d'analyses complètes qui s'étendent sur une longue période (environ 40 ans) et dont les paramètres correspondent de façon globale aux exigences de la directive 98/83.

Cependant, il convient de souligner quelques points particuliers :

- *Les limites de détection* : l'étude de trois départements a permis de mettre en évidence l'évolution des limites de détection qui se sont améliorées au cours des dernières années mais peuvent paraître trop élevées au vu des exigences de la directive avant le milieu des années 1990. Certains résultats peuvent également être quelque fois difficiles à interpréter : On pourra citer l'exemple d'une analyse sur une eau d'adduction du département des Bouches du Rhône, en 1981 sur le forage de Mouri, qui indique pour l'analyse du tritium un seuil de détection de 10 000 Bq/L.

- *Le passage du pC en Bq en 1975, effectif dans les années 1980 fait apparaître des variations des limites de détection ;*
- *Les méthodes d'analyses : Les analyses portent généralement sur l'eau filtrée, les matières en suspension et l'eau brute mais depuis quelques années, elles sont réalisées uniquement sur l'eau brute ;*
- *La correspondance avec les paramètres de la directive : la majorité des paramètres utilisés comme indicateurs par la directive 98/83 sont analysés dès les premières années mais certains apparaissent plus tard, comme par exemple le tritium à partir de 1978*

III.3.3 Exploitation des données informatiques de l'OPRI

III.3.3.1 Nature et traitement des données

Les résultats des analyses archivées par l'OPRI sont également stockés sous informatique. Cependant ces données n'étaient, jusqu'à présent, exploitables qu'avec des programmes spéciaux, donc difficilement accessibles. Au cours du mois de juillet ces données ont été transférées sous Excel. Il a ensuite fallu, dans un premier temps travailler les résultats numériques afin de permettre leur exploitation. L'utilisation des fonctions tri et filtre ainsi que la réalisation de macros ont permis de simuler les dépassements des seuils de radioactivité dans les eaux d'adduction publique par rapport aux valeurs seuils de la directive 98/83. Ce travail a été réalisé pour les années les plus récentes, c'est à dire allant de 1985 à 2000, sur les paramètres du tableau 14.

Tableau 15 : Paramètres relatifs à la radioactivité naturelle dans les eaux.

Paramètres	Valeurs indicatives	Remarques
Alpha Total	0.1 Bq/l	/
Bêta Total	1 Bq/l	
Uranium	20 µg/l	Cette valeur correspond à 20% de la valeur de référence préconisée par la directive 98/83
Radium 226	0.1 Bq/l	
Radon	100 Bq/l	Valeur issue d'un <i>projet</i> de recommandation

III.3.3.2 Résultats et analyse de l'exploitation des données

L'OPRI possède sous informatique les résultats des analyses de **60 départements**. Les 40 autres départements n'ont donc, à priori, aucune donnée concernant la radioactivité dans les eaux d'adduction publique^a. Le tableau résume les informations concernant les résultats d'analyses. L'exploitation des résultats d'analyses a permis de mettre en évidence les valeurs supérieures aux valeurs préconisées par la directive 98/83. Le nombre total de dépassement entre 1985 et 2000 a été calculé en ne retenant que les résultats d'analyses supérieurs à ces valeurs indicatives.

Tableau 16 : Dépassements de radioactivité par rapport aux valeurs de la directive 98/83.

Paramètres	Nombre total d'analyses effectuées	Nombre de départements concernés par un dépassement des valeurs seuils	Nombre total de dépassements entre 1985 et 2000
Alpha T	1351	31	190
Bêta T	3297	41	298
Uranium	367	0	0
Ra 226	1155	15	31
Radon	1226	16	121

^a Rappelons que ces analyses sont effectuées à la demande des départements et non sur l'initiative de l'OPRI.

Les résultats du tableau 16 sont détaillés par départements en annexe 17.

Tableau 17 : Pourcentage de dépassements

Pour chacun des cinq paramètres étudiés, on peut alors estimer les pourcentages de dépassement par rapport à l'ensemble des analyses réalisées. Le tableau 16 ci contre les résume.

Paramètres	Pourcentage des résultats d'analyses supérieurs aux valeurs indicatives
Alpha T	14%
Bêta T	9%
Uranium	0%
Ra 226	3%
Radon	10%

En triant les valeurs par ordre décroissant, les départements qui conduisent aux dépassements les plus élevés peuvent être mis en évidence. Ainsi, parmi les 15 valeurs les plus fortes dans les résultats d'analyses, on retrouve notamment les départements du centre-sud de la France :

- Alpha Total : **33** (Gironde) – **34** (Hérault) – **82** (Tarn et Garonne) ;
- Bêta Total : **87** (Haute-Vienne)- **34** -**19** (Corrèze) – **63** (Puy de Dôme) ;
- Radium 226 : **34** – **33** – **82** ;
- Radon : **19** – **87** – **63** – **33**.

Remarque : ces résultats doivent cependant être relativisés compte tenu de la forte hétérogénéité existant sur le nombre d'analyses réalisées en fonction des départements.

Ces données fournissent des résultats exploitables et que l'on peut envisager de transférer à partir d'une base de données sous Excel vers la base de données SISE-EAUX.

III.3.4 Gestion et accessibilité des données sur les eaux d'adduction publique

III.3.4.1 Présentation du système d'information SISE-EAUX

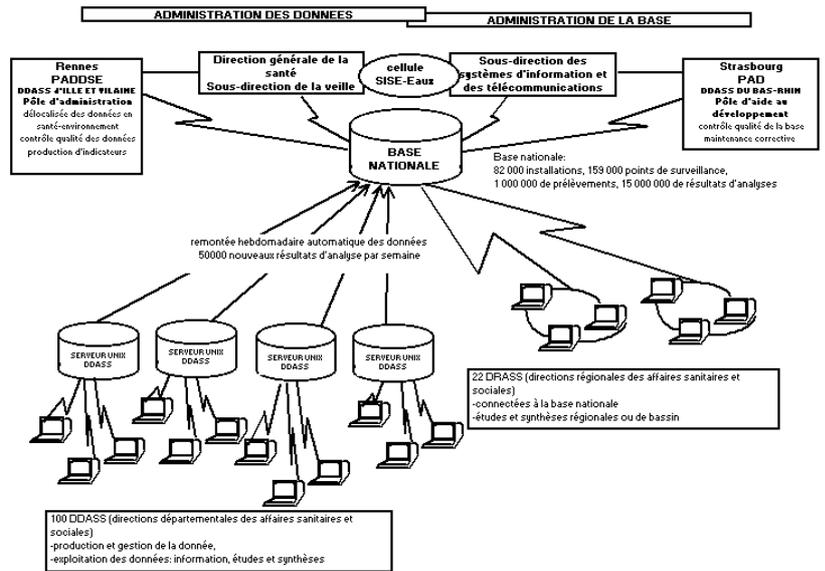
Le Système d'Information en Santé Environnement sur les eaux, SISE-EAUX, permet la centralisation des données concernant en particulier les paramètres de la qualité de l'eau. SISE-EAUX est conçu pour :

- Servir de *support* pour l'action réglementaire : description des installations de production et distribution des eaux, aide à l'organisation du contrôle sanitaire, information de la population, élaboration des plans nationaux pour un rapport communautaire ;
- Permettre le *stockage* organisé de l'information sanitaire sur les eaux d'alimentation, notamment des résultats d'analyse ;
- Aider à la *décision sanitaire* à partir des données de la DDASS ou par appel à des données extérieures (météorologie,...) et à la gestion des situations d'urgence ;
- *Gérer* le fond de concours concernant les frais de prélèvement d'eau ;
- Permettre la réalisation de *bilans* d'état de situation ;
- *Simuler* les effets de nouvelles règles ou de normes de qualité ;
- *Détecter des zones* présentant des problèmes particuliers ;
- *Faciliter la communication* et constituer un support pour des échanges entre les organismes.

Les mesures des niveaux de radioactivité sont actuellement en cours d'intégration sur SISE-EAUX afin de pouvoir être transmises et gérer au même titre que les autres analyses sur les eaux de consommation.

Figure 14 : Représentation de Sise-Eaux

SISE-EAUX est constitué d'une base de données départementale décrivant les installations et permettant de stocker les résultats des analyses effectuées (voir représentation ci-contre). Des logiciels permettent d'assurer le traitement des informations pour organiser le contrôle sanitaire, interpréter les résultats, communiquer avec d'autres structures. Chaque semaine, la base de données nationales est mise à jour des nouvelles informations introduites dans les bases des DDASS [46].



Source : Site Internet du ministère de l'emploi et de la solidarité

III.3.4.2 SISE-EAUX et les données sur la radioactivité

La directive 98/83 relative aux eaux destinées à la consommation humaine ayant introduit des paramètres indicateurs de la radioactivité, ceux-ci devront pouvoir être gérés par les DDASS et au niveau national au même titre que les autres paramètres de qualité des eaux. Ils doivent donc figurer dans la base de données SISE-EAUX. Pour cela, une liste de 28 paramètres indicateurs a été établie. Elle recense ces paramètres, ainsi que les valeurs seuils et les limites de détection préconisées par la directive 98/83. Cette liste est présentée en annexe 18.

Les données de l'OPRI sur la radioactivité dans les eaux d'adduction publique récemment converties au format Excel pourront être transférées vers SISE-EAUX. Une validation des résultats sera nécessaire au préalable.

III.4 Enquête sur la gestion des données par les DDASS

● Présentation du questionnaire et de ses objectifs

○ *Présentation générale*

Le questionnaire, dont la trame est présentée en annexe 19, a été envoyé à toutes les DDASS de France métropolitaine et des DOM par l'intermédiaire de la messagerie interne de la DGS. Il présente les nouveaux indicateurs introduits par la directive 98/83 et pose cinq questions concernant la gestion de la radioactivité dans les eaux de boisson par les DDASS.

Sur les 98 questionnaires envoyés le 20 juin, 59 ont été retournés au 7 août complétés par les ingénieurs sanitaires (IGS ou IES) soit un **taux de réponse supérieur à 60%**, après une relance, avec une répartition relativement homogène sur l'ensemble du territoire. L'annexe 20 présente le tableau de suivi de retour des questionnaires.

○ Objectif du questionnaire

- Dresser un état des lieux au niveau des DDASS de l'état des données concernant la radioactivité dans les eaux de consommation ;
- Evaluer, en fonction de l'expérience des départements (notamment leurs connaissances géologiques du terrain), les risques éventuels de dépassement des normes de radioactivité définies dans la directive ;
- Mesurer les contraintes ou difficultés éventuelles rencontrées par les DDASS dans la gestion de ce nouveau paramètre d'analyse ;
- Recueillir l'avis des DDASS sur la communication à mettre en place concernant ce paramètre.

● Les analyses de la radioactivité : peu de données et des hétérogénéités entre départements.

A la question « Possédez-vous, dans vos services des données relatives au contrôle de la radioactivité des eaux de boisson ? (eau d'adduction publique et/ ou eaux conditionnées) ? », **60% des DDASS ont répondu NON**. De manière générale, les DDASS possèdent donc peu de données sur la radioactivité dans les eaux de consommation, ce paramètre n'ayant pas fait jusqu'à présent l'objet d'une réglementation dans ce domaine.

Près de **70%** des DDASS ayant répondues ne possèdent donc **aucune donnée (ou une seule analyse)** sur la radioactivité dans les eaux de consommation. Beaucoup de départements, ne possèdent que très peu d'analyses (une ou deux), généralement sur les eaux conditionnées (contrôle d'une usine d'embouteillage, bilan national de 1995 sur les eaux conditionnées).

Figure 16

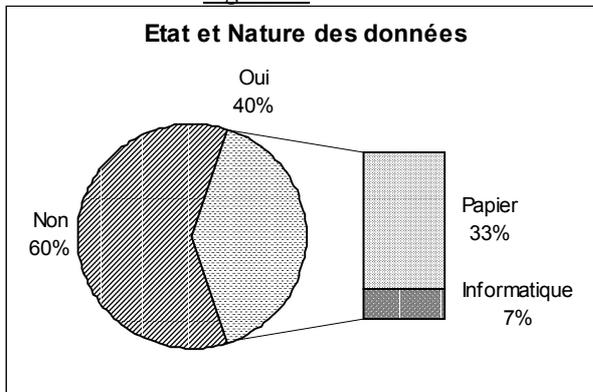
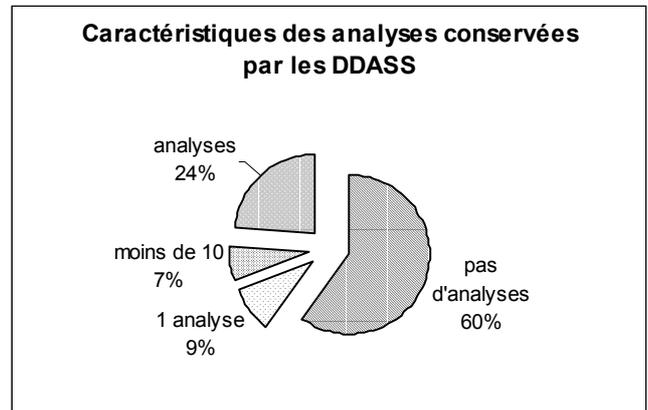


Figure 15



Parmi les DDASS qui possèdent des données concernant la radioactivité des eaux, la majorité les ont reçues et conservées sous forme **papier**.

Le graphe ci-contre permet d'avoir une idée plus précise du mode d'archivage des données.

Lorsque la DDASS possèdent des résultats d'analyses, les paramètres mesurés sont systématiquement les paramètres globaux αT et βT . Cependant d'autres radionucléides spécifiques ont également été mesurés par certaines DDASS, les plus fréquents étant le tritium, le potassium, le radon et le radium 226.

Au vu des réponses des DDASS, une constatation peut être faite qui confirme l'observation déjà menée sur les archives de l'OPRI : il existe une forte hétérogénéité du nombre et de la nature des données en fonction des départements : certains ne possèdent aucune données alors que d'autres ont organisé des campagnes de mesures sur plusieurs années afin de couvrir l'ensemble des captages (Calvados, Seine-Maritime par exemple).

Il est donc probable que l'impact de la nouvelle réglementation varie beaucoup en fonction des départements.

IV IMPACT DE LA REGLEMENTATION SUR LA GESTION DU RISQUE SANITAIRE

IV.1 Le développement des analyses de la radioactivité

Le mode d'agrément par la DGS des laboratoires de contrôles sanitaires des eaux est actuellement en cours de réorganisation. Une synthèse de la situation actuelle et des perspectives d'évolution est présentée en annexe 21 (Agrément des laboratoires) et 22 (Niveau de reconnaissance des laboratoires).

IV.1.1 Des conséquences stratégiques et organisationnelles

IV.1.1.1 La radioactivité : un nouveau paramètre d'analyse avec des contraintes spécifiques

Comme il l'a été précédemment souligné, la radioactivité des eaux fait partie des nouveaux paramètres indicateurs de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine de la directive 98/83. Actuellement, les analyses de la radioactivité des eaux sont effectuées à la demande des DDASS par l'OPRI. L'application de la directive européenne va certainement entraîner une augmentation du nombre d'analyses de ces paramètres et est susceptible de conduire d'autres laboratoires agréés à introduire le paramètre radioactivité dans le champs de leurs analyses. L'analyse de la radioactivité est comparable dans sa démarche et le suivi des protocoles d'analyses (normes AFNOR) aux autres paramètres de qualité des eaux. Cependant, certaines spécificités ne doivent pas être négligées :

- L'investissement initial est très important car les appareils d'analyses qui cherchent à atteindre des limites de détection toujours plus basse, ont un coût initial élevé ;
- Les appareils de mesure sont peu courants. Ceci implique pour le laboratoire de posséder plusieurs appareils identiques afin de faire face à une immobilisation de l'appareil de trois à quatre mois minimum en cas de panne.
- Des analyses qui demandent la présence d'un personnel qualifié.

IV.1.1.2 La recherche d'un laboratoire d'analyse : une préoccupation des DDASS

Les **trois-quarts des DDASS** qui ont retourné le questionnaire envoyé par messagerie interne (44/59) ont répondu qu'elles **ne connaissent pas de laboratoires** dans leur département susceptibles d'effectuer les analyses de la radioactivité dans les eaux de consommation. Ce pourcentage élevé permet de confirmer la nécessité d'un développement rapide des laboratoires susceptibles d'effectuer les mesures de la radioactivité dans les eaux de consommation.

En ce qui concerne les DDASS connaissant un laboratoire en mesure de réaliser les analyses, elles signalent généralement un laboratoire interdépartemental. On pourra ainsi citer le laboratoire régional de la Manche pour la DDASS 14^a, le laboratoire régional de Bordeaux pour la DDASS 24, la direction régionale du sud ouest de l'OPRI pour la DDASS 47. Quelques laboratoires départementaux sont en mesure de réaliser ces analyses : laboratoire départemental d'analyse de la Drôme pour la DDASS 26, négociation en cours avec le laboratoire départemental des eaux (CG40) pour la DDASS 40.

Enfin, le laboratoire vétérinaire départemental de Bar-le-Duc (55), vient de prendre la décision d'investir dans les installations requises pour effectuer les analyses de la radioactivité et devrait être opérationnel début 2001.

^a Voir en annexe 23, la localisation géographique des DDASS.

Certaines DDASS envisagent d'autres solutions tels les laboratoires universitaires comme le CEMRAD pour la DDASS 87. La question de la compétence du laboratoire de l'ENSP, le LERES, pour l'analyse de la radioactivité dans les eaux a été posée, notamment par les DDASS 35 et 53 (à priori cette solution ne semble pas envisagée dans l'immédiat par l'ENSP). La DDASS 93 envisage d'envoyer ses analyses au CRECEP qui effectue déjà l'analyse de la radioactivité des eaux de Paris.

La DDASS 973 de sous-traiter les analyses de la radioactivité à l'Institut Pasteur de Lille comme le reste de ses analyses lourdes.

Quelques laboratoires, comme le laboratoire départemental vétérinaire du Tarn et Garonne accrédité COFRAC 99.4 pour la spectrogamma dans les aliments, ne peuvent effectuer que les analyses globales αT et βT .

Cependant, la majorité des laboratoires agréés eau qui effectuent les analyses de contrôle sanitaires des eaux pour les DDASS ne sont pas équipés pour effectuer des mesures de radioactivité. Plusieurs laboratoires pourraient envisager des investissements afin de réaliser ces mesures si le marché des analyses leur permet de rentabiliser le matériel (les départements 19, 24, 49, 55, 82 l'ont notamment signalé).

IV.1.1.3 ... et une stratégie de développement à définir

Avec la mise en place d'un nouveau mode d'agrément pour les laboratoires de contrôle sanitaire, la question de la répartition des analyses de la radioactivité des eaux de consommation se pose. Il faut à ce titre rappeler que la France a préconisé au niveau de la Commission Européenne la réintroduction des indicateurs d'activité α et β globales. Ceci permet notamment de réduire les coûts d'analyses inutiles en ne recherchant pas la radionucléides spécifiques si les valeurs seuils αT et βT ne sont pas dépassées. L'adoption de cette stratégie analytique à "plusieurs niveaux" est laissée au choix des Etats membres.

On peut alors envisager plusieurs hypothèses :

- La réalisation par des petits laboratoires locaux de la première étape des analyses les plus grossières (αT , βT et tritium) puis, si un dépassement des seuils est observé, les analyses sont transmises à des laboratoires régionaux plus spécialisés qui approfondissent les analyses par la mesure des radionucléides. Ceci permettrait d'effectuer un « premier tri » des eaux présentant un niveau de radioactivité anormal.
- Le développement de plusieurs laboratoires importants nationaux qui réalisent les analyses de l'eau dans leur totalité (directe et chimique).

Il semble cependant que la dispersion des analyses risquerait de poser certains problèmes de développement. En effet, comme le soulignait le responsable du laboratoire d'analyse de la radioactivité du CRECEP, Monsieur de Paepe :

- D'une part il sera difficile aux petits laboratoires d'atteindre une taille optimale permettant leur rentabilité du fait du fort investissement nécessaire et de la nécessité de la présence en permanence d'un personnel formé à ces analyses spécifiques ;
- D'autre part, si on envisage un premier tri des eaux par des laboratoires locaux avec des mesures directes (αT , βT et tritium), les laboratoires spécialisés auront également à faire face aux coûts très élevés des analyses des radionucléides qui sont longues et chères et donc peu rentables.

Actuellement, outre bien sûr l'OPRI, deux autres laboratoires seraient notamment susceptibles de demander un agrément pour ajouter les analyses de la radioactivité aux autres paramètres de qualité des eaux : le CRECEP à Paris et le laboratoire Santé Environnement Hygiène de Lyon.

IV.1.2 Des conséquences financières à évaluer

IV.1.2.1 Choix des lieux de prélèvement et définitions des fréquences d'analyses

• *La question du choix du lieu de prélèvement*

Deux possibilités peuvent a priori être envisagées en ce qui concerne le choix du lieu du prélèvement :

➤ *Le prélèvement au robinet* comme le préconise la directive 98/83, sauf si la stabilité de l'élément peut être démontrée ;

➤ *Le prélèvement sortie usine* car, mis à part le radon, qui est d'ailleurs exclu du calcul de la dose dans la directive 98/83, les radionucléides à l'origine de la radioactivité naturelle sont très stables dans le temps. Seuls les traitements physico-chimiques en usine de traitement sont susceptibles de modifier leur teneur (diminution des radionucléides adsorbés sur les matières en suspension) et un prélèvement sortie-usine donne un résultat du niveau maximal de radioactivité de l'eau (qui ne peut ensuite que diminuer dans le réseau). Cette solution a recueilli l'aval du groupe de travail du CSHPF "eau et radioactivité" lors de la réunion du 5 juillet 2000.

Il semble donc que ce soit la deuxième solution qui sera proposée en ce qui concerne le lieu de prélèvement. Cependant, le choix du lieu de prélèvement doit être cohérent avec les autres lieux de prélèvement des paramètres physico-chimiques de la directive pour éviter un déplacement du préleveur uniquement pour un échantillon destiné à l'analyse de la radioactivité.

• *La définition des fréquences d'analyses*

Les fréquences d'analyse sont définies dans le tableau B1 de l'annexe 2 de la directive. Le nombre de prélèvements à effectuer dépend du volume d'eau distribué ou produit par jour avec 5 catégories allant de $\leq 100\text{m}^3$ à $> 100\,000\text{m}^3$.

En ce qui concerne les paramètres indicateurs de la radioactivité, les deux paramètres figurent dans le tableau 1 de l'annexe C, catégorie des indicateurs. Leur fréquence d'analyse pourrait donc être assimilée à celles d'autres paramètres chimiques, comme l'arsenic par exemple. Ce paramètre est mesuré lors des **analyses complètes**.

La particularité du paramètre de la radioactivité conduit à envisager une stratégie de fréquence d'analyses compte tenu des remarques suivantes :

➤ Le bilan des données de l'OPRI présenté précédemment souligne les difficultés à exploiter les données anciennes (problématique des *limites de détection*) ainsi que la forte *hétérogénéité du nombre d'analyses* effectuées selon les départements.

➤ La réalisation d'un "**point zéro**" pourrait de ce fait être envisagée.

➤ Dans la mesure où la radioactivité naturelle est de manière générale stable dans le temps, il pourrait être envisageable de limiter ces analyses annuelles à des agglomérations à partir d'un certain nombre d'habitants. La barre pourrait être fixée à **5 000 habitants** puisque ces communes ont déjà pour obligation de rendre un rapport annuel au niveau européen.

Pour les communes plus petites, une mesure récente des paramètres indicateurs de la directive devrait suffire dans la mesure un Etat membre n'est pas tenu d'effectuer des contrôles de l'eau destinée à la consommation humaine en ce qui concerne le tritium ou la radioactivité pour déterminer la DTI lorsqu'il a l'assurance que les niveaux calculés sont nettement inférieurs à la valeur paramétrique.

Ainsi le nombre d'analyses à réaliser par les laboratoires pourrait suivre le schéma suivant :

- Un volume important d'analyses à effectuer pendant les 5 premières années, correspondant à un état zéro pour lequel il faudrait refaire les analyses au niveau de l'ensemble des captages (ou uniquement sur ceux pour lesquels les données conservées sous informatique par l'OPRI ne seraient pas exploitables).
- Puis une diminution du nombre d'analyse, pour atteindre une "vitesse de croisière" correspond aux fréquences de l'analyse complète telle qu'elle est définie dans le décret 89.3 du 3 janvier 1989.

IV.1.2.2 Evaluation du coût des analyses de la radioactivité dans les eaux de consommation

En partant des hypothèses sur les fréquences d'analyses précédemment exposées, une simulation des coûts prévisibles des analyses des paramètres de la radioactivité des eaux de consommation peut être réalisée.

Les données extraites de la base nationale SISE-EAUX fournissent le nombre d'installations françaises par tranche d'habitants (voir en annexe 24). On pourra noter que la grande majorité des installations sont de petite taille. Ainsi, pour 61% d'entre elles, la directive 98/83 ne donne aucune indication sur le contrôle à mettre en place.

• Calcul d'un coût global pour la réalisation d'un "point zéro" sur les paramètres αT et βT sur l'ensemble de la France (selon les tarifs fixés par l'arrêté du 21 décembre 1992 ^a)

Ceci consisterait à effectuer une analyse **les paramètres αT et βT** sur chacune des 26 828 installations.

Une analyse des paramètres est facturée 234.10 F pour αT et 234.10 F pour βT .
Le coût d'un prélèvement est de l'ordre de 100 F. ^a

} Soit environ 600 F. pour une analyse globale.

En multipliant le coût d'une analyse des paramètres globaux (600 F.) par le nombre d'installations – prélèvement effectué sortie usine - (26 828), on trouve un coût global pour la réalisation d'un point zéro de l'ordre de **16 millions de francs**.

• Calcul d'un coût selon la fréquence d'une analyse complète

Le projet de décret 89.3 modifié pour transposer la directive 98/83 stipule que les analyses des paramètres de la radioactivité seront de **type P1** c'est à dire une analyse à réaliser dans l'eau distribuée au consommateur à effectuer en complément d'une analyse P2 (analyse de routine).

Le tableau issu du projet de décret 89.3 donnant les fréquences annuelles d'analyses selon la population desservie par le réseau est présenté en annexe 24.

A partir des données de la base SISE-EAUX sur le nombre d'installations par tranche et des indications du projet de décret 89.3 sur le nombre d'analyses P1 à réaliser par an, on peut effectuer un calcul du coût des analyses des paramètres αT et βT en fonction de la population desservie par le réseau.

On aboutit au tableau 18, soit un **coût total annuel** de l'ordre de **7 millions de francs**.

^a Arrêté du 21 décembre 1992 fixant les tarifs des analyses des eaux destinées à la consommation humaine réalisés en application du décret n°89-3 du 3 janvier 1989 modifié.

Tableau 18 : Simulation des coûts d'une analyse complète de type P1 sur les paramètres de la radioactivité

Nombre d'habitants	Nombre d'installations	Débit m3/j	Nb P1	Coût annuel / installation	coût total
0-500	16499	0-99	0	0	0
500-2000	5651	100-399	1	600	3 390 600
2000-5000	2587	400-999	1	600	1 552 200
5000-15 000	1478	1 000-2 999	1	600	886 800
15 000-30 000	342	3 000-5 999	2	1200	410 400
30 000-100 000	211	6 000-19 999	3	1800	379 800
> 100 000	60	20 000- >125 000	4 à 12	2 400 à 7 200	144 000 à 432 000
TOTAL	26828	/	11 à 19	7 200 à 12 000	6 763 800 à 7 051 800

• **Calcul d'un coût en cas de dépassement des valeurs seuils pour les paramètres αT et βT**

Si un **dépassement** des seuils αT et βT est observé, il faut envisager une recherche des radionucléides spécifiques. L'arrêté du 21 décembre 1992 fixe le coût d'une **radioanalyse détaillée** (séparation chimique) à 340F. HT. Un dépassement des paramètres globaux sur 10% des installations^b (pourcentage estimé à partir de l'exploitation des données de l'OPRI) conduirait à un **surcoût** allant de **500 000 à 600 000 F.** par an^c.

Cependant, lors de la réunion du groupe de travail du CSHPF du 5 juillet 2000, l'OPRI et le CRECEP ont évalué à **20 000 F.** le coût d'une recherche des radionucléides spécifiques pour qu'elle soit rentable pour un laboratoire. Le calcul, conduit alors, toujours pour un dépassement de 10% des valeurs seuils des paramètres globaux, à un **surcoût** de l'ordre de **23 millions de francs.** Le détail des calculs est présenté en annexe 24.

IV.2 La gestion des dépassements

IV.2.1 Des zones à risques...et le cas particulier du naturel renforcé

IV.2.1.1 Une hétérogénéité nationale

En France, l'exposition naturelle est de 1.3 à 1.7 mSv par an dans les régions granitiques, deux fois plus faible, 0.7 mSv par an dans les bassins sédimentaires ou les zones crayeuses (région parisienne). Elle est trois fois plus élevée dans les vallées granitiques des Vosges que dans la plaine d'Alsace où est construite la centrale nucléaire de Fessenheim. Dans certains sites de l'Hérault actuellement englobés dans le périmètre des mines de Lodève, la radioactivité tellurique est exceptionnellement élevée : l'équivalent de dose annuel au dessus des filons uranifères superficiels peut s'élever à 800mSv par an [21].

Une campagne de mesure a permis de confirmer les valeurs moyennes, mais a également identifié des valeurs plus élevées. Sans que la corrélation soit parfaite, il s'agit des zones où il y aussi plus de radon. On peut noter par exemple près de 0.8mSv en Creuse, en Loire Atlantique ou en Haute Vienne [15].

^a Les frais de prélèvement correspondent à la prise en charge et au flaconnage soit 58,40 F. HT

^b L'exploitation des données stockées sous informatique par l'OPRI avait permis d'estimer un dépassement de l'ordre de **14%** pour le paramètre αT et **9%** pour le paramètre βT .

^c Pour chaque tranche, on multiplie le coût d'une analyse de radionucléides et du prélèvement (environ 500F.) par 10% des installations et par le nombre d'analyses P1 annuelle en fonction de la tranche considérée.

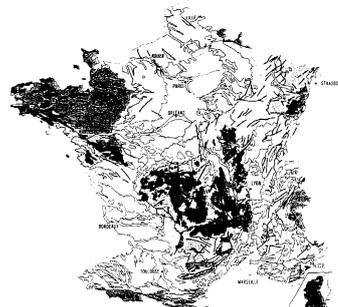
Pour avoir une première estimation des zones à risques de dépassement, plusieurs études peuvent être utilisées et recoupées :

- La carte établissant les zones à risques pour le *radon* dans l'habitat,
- Les zones où un dépassement en *arsenic* a été constaté. En effet, ce paramètre chimique également d'origine naturelle est très lié à la présence de radionucléides.
- Les *zones géologiques* granitiques ou gneissiques sont des zones pouvant présenter des risques de radioactivité naturelle élevée. La carte géologique, met en évidence une large portion de la France où des granites, des gneiss et des roches de l'air primaire sont abondantes : *Bretagne, massif central, Vosges et Alpes*.

L'enquête menée auprès des DDASS, dont le protocole a été présenté en partie III, révèle que les départements, faute de données, ont souvent des difficultés pour se prononcer sur l'éventualité d'un dépassement au vu des futures normes.

Cependant, beaucoup sont conscients des possibilités de dépassements, compte tenu du contexte géologique (massifs anciens,...) ou de situations particulières (mines d'uranium, ...). Les départements 12, 19, 23, 24, 33, 36, 42, 49, 57, 63, 71, 72, 79, 87, 90, et 973 ont notamment signalé la forte probabilité ou l'éventualité d'un dépassement.

Figure 17 : Carte géologique de la France simplifiée [40].



IV.2.1.2 Cas de la radioactivité naturelle renforcée : exemple de la Haute-Vienne

L'introduction de "l'irradiation naturelle renforcée" est une innovation de la directive Euratom 96/29 par rapport à la précédente comme il l'a été souligné dans la partie II.

L'article 40 de la directive 96/29 s'applique notamment aux expositions sur des lieux tels que les établissements thermaux, les grottes, les mines, etc. Cette situation se rencontre par exemple dans le cas des eaux destinées à la consommation captées à proximité de mines d'uranium et qui peuvent à ce titre présenter une radioactivité naturelle renforcée par l'activité exercée, ou anciennement exercée dans ces mines.

Pour illustrer, ce point particulier, l'exemple des anciennes mines d'uranium du département de la Haute-Vienne (87) a été choisi. Le département de la Haute Vienne présente la particularité de posséder des mines uranifères actuellement en fin d'exploitation. L'exemple de l'étang de la Crouzille situé au nord de Limoges en est une illustration car plusieurs mines d'uranium en fin d'exploitation sont situées à proximité de l'étang. Cependant aucun rejet des eaux d'exhaure des mines n'a été enregistré à ce jour.

En considérant les résultats d'une synthèse allant de 1984 à 1996 portant sur les paramètres βT et ^{226}Ra et en les comparant aux nouveaux seuils définis par la directive 98/83 soit 1Bq/l pour βT et 0.1Bq/l –20% de la valeur de référence qui est de 0.5Bq/l - pour ^{226}Ra , on constate que des **dépassements sur l'eau brute sont prévisibles au vu des ces nouvelles normes** pour les deux paramètres.^a

Les études en cours pour définir les éventuelles actions à mettre en place dans le contexte particulier de cet étang et les graphiques simulant les dépassements prévisibles sur ces deux paramètres sont présentés en annexe 25 (et 26 pour les tableaux de mesure).

^a Il est à noter que des dépassements sur le paramètre αT sont encore plus probables mais il n'existe que des résultats d'analyse ponctuelle portant sur ce paramètre et pas de synthèse permettant d'observer une évolution sur plusieurs années.

IV.2.2 La gestion des dépassements : prévisions et contraintes particulières pour les DDASS

Les réponses à la question « *Quelles contraintes ou difficultés l'introduction de ce nouveau paramètre est-il susceptible d'engendrer dans la gestion du contrôle sanitaire des eaux au niveau de votre département ?* », posée dans le questionnaire adressée aux DDASS, peuvent être regroupées en trois thèmes : des difficultés d'organisation au niveau de la réalisation des prélèvements et des analyses, au niveau de l'organisation et de la formation du personnel et au niveau de la communication sur ce nouveau paramètre, notamment en cas de dépassement.

IV.2.2.1 Des difficultés dans la gestion des prélèvements et des analyses

Ainsi, près de **75%** des DDASS ont répondu qu'elles ne connaissent pas de laboratoires dans leur département susceptibles d'effectuer les analyses de la radioactivité dans les eaux de consommation. Les relations avec le laboratoire d'analyse font partie des difficultés les plus souvent évoquées par les DDASS. Elles craignent notamment des difficultés d'organisation supplémentaires en ce qui concerne l'acheminement des échantillons, les délais de réponse, les liaisons informatiques, l'augmentation du nombre de laboratoires nécessaires pour la réalisation d'une analyse complète, etc.

D'autre part les contraintes budgétaires dues à ces analyses supplémentaires sont également très souvent évoquées dans les réponses au questionnaire, ainsi que le surcoût dû à ces analyses pour les collectivités de petite taille.

IV.2.2.2 Des difficultés dans la gestion du personnel

Le personnel en charge du prélèvement devra intégrer ces nouveaux prélèvements dans la gestion de ses analyses. Il devra en outre être formé non seulement aux techniques de prélèvement, mais aussi, pour l'ensemble du personnel de génie sanitaire, aux interprétations sanitaires des résultats d'analyses.

IV.2.2.3 Des difficultés de communication

Les DDASS ont été nombreuses à souligner l'importance d'une communication certes nécessaire, mais à faire avec précaution et réflexion. Ce dernier point sera abordé de façon plus approfondie au chapitre IV-3.

IV.2.3 Une doctrine sanitaire à mettre en place

Les paramètres indicateurs de la radioactivité font partie du tableau C de la directive 98/83. A ce titre les Etats membres ont plus de "souplesse" pour gérer ces paramètres mais ils doivent adopter un positionnement en cas de dépassement de la Dose Totale Indicative qui est, on le rappelle, de 0.1mSv.

Plusieurs scénarios peuvent être envisagés :

① Considérer 0.1mSv comme une "valeur dure" qu'il ne faut pas dépasser. Ce scénario paraît très sévère au regard de la signification en terme d'impact sanitaire de la DTI. Le 0.1 mSv a été choisi par l'OMS, car dans le cadre des apports par l'alimentation, le 1/10^{ième} de la dose est attribué à l'eau. Le 0.1mSv ne correspond donc pas à une limite de danger mais c'est une valeur guide de l'OMS. Cependant cette valeur doit être considérée comme les autres valeurs indicatrices et donc s'appuyer sur une doctrine sanitaire qui peut être une démarche par étape.

② Procéder par étape avec des valeurs d'alerte et des valeurs à ne pas dépasser.

Lors de la réunion groupe de travail du CSHPF du 5 juillet, il a été proposé d'envisager trois situations :

- Résultat analyse < 0.1mSv : Eau propre à la consommation : pas d'action ;
- 0.1mSv < Résultat analyse < 0.3mSv : Obligation d'information du consommateur ;
- Résultat analyse > 0.3mSv : Mise en place d'actions correctives.

Remarque : Le choix du seuil de 0.3mSv serait justifié par le fait que cette valeur, bien que non reprise par la directive 96/29, est extraite de la CIPR 60 qui la préconisait afin de limiter l'impact d'une seule pratique.

Lorsque la valeur prédéfinie qui implique une action immédiate sur l'eau est atteinte, les solutions envisagées peuvent être les suivantes :

- Traitement de l'eau : deux types de traitement peuvent être utilisés : absorption sélective sur MnO₂ et la coprécipitation avec le fer (pour les eaux du réseau, du chlorure ferrique pourra être ajouté alors que pour les eaux minérales naturelles, ceci implique une présence de fer au préalable) [47]. La solution du traitement de l'eau, conduit cependant à quelques remarques :
 - Si elle ne paraît pas techniquement difficile à envisager pour les captages à fort débit, elle pourrait poser des difficultés de mise en place des traitements sur les *petites sources* ;
 - Se pose également le problème du *devenir des boues et déchets* qui auront concentré cette radioactivité.
- La dilution avec d'autres ressources moins chargées en radioactivité implique des contraintes de gestion des unités de distribution.
- La recherche d'un autre point de captage reste bien sûr le cas extrême. Plusieurs DDASS ont souligné en réponse au questionnaire que cette recherche d'un nouveau captage consécutive à un dépassement des seuils de radioactivité risquerait certainement de poser d'important problèmes techniques, organisationnels et de communication au niveau de la gestion des ressources dans leurs départements.

Les dépassements observés sur les paramètres de la radioactivité ont souvent lieux sur les même ressources que les dépassements sur le paramètre chimique *arsenic*. En effet, ces paramètres naturels sont très liés. Les décisions consécutives à un dépassement des valeurs seuils seront alors prises en raison d'un dépassement de paramètres radiologiques et chimiques, ce qui dans certains cas pourra faciliter une prise de décision.

Cas particulier des eaux minérales

Les eaux minérales ont longtemps été traitées à part des autres eaux : leurs vertus médicinales supposées, leur distribution limitée (pharmacie, sur prescription du médecin, etc.) leur conféraient un caractère particulier. Aujourd'hui encore, elles ne dépendent pas de la même réglementation que les eaux destinées à la consommation humaine. Ainsi, actuellement, il n'existe pas de normes de radioactivité pour les eaux minérales embouteillées.

Cependant, les eaux minérales ont connu au cours des dernières années un développement très important : en 20 ans, la production globale d'eau minérale naturelle a doublé pour atteindre 5,5 milliards de litres en 1997 [37] et sont de plus en plus consommées au même titre qu'une eau du robinet, voir même en remplacement de l'eau du robinet.

Il apparaît donc logique et inéluctable d'appliquer le même type de démarche et de "doctrine sanitaire" pour les eaux minérales et les eaux de consommation dépendant de la directive 98/83.

IV.3 Accessibilité aux données pour le consommateur et information du public

IV.3.1 Information du consommateur : une obligation et un besoin

IV.3.1.1 Le consommateur doit être informé

La Directive 98/83 relative aux eaux destinées à la consommation humaine précise qu'en cas de non-respect des valeurs paramétriques, les consommateurs concernés devront être informés.

La composition des paramètres radiologiques ainsi que leur interprétation des résultats fera l'objet d'un affichage en Mairie, elle pourra donner lieu à un message sur la facture d'eau. Il serait envisageable que la composition des paramètres radiologiques d'intérêt figure sur l'étiquette des bouteilles d'eau commercialisées.

Dans le cadre de l'importation d'eau embouteillée, les niveaux d'activité mesurés devront satisfaire aux contraintes imposées aux eaux de distribution françaises. Dans le cas de l'exportation d'eaux françaises, les exigences à satisfaire sont d'abord d'être conforme aux critères de potabilité retenus par la France et ensuite de répondre à la demande du pays de destination ou du client [26].

IV.3.1.2 Perception du public sur la radioactivité naturelle : un risque mal connu

• *Le nucléaire : une préoccupation du public*

Au cours des dix à quinze dernières années, la perception des rayonnements par la population, principalement en relation avec l'énergie nucléaire, est devenue un élément majeur des débats sur la gestion et l'atténuation des risques. Les rayonnements sont souvent associés à des effets négatifs sur la santé et aux notions d'incontrôlabilité et de danger pour la vie ou le mode de vie. La perception des risques et de la sécurité est liée à la disponibilité et à la qualité de l'information sur les rayonnements et la protection ainsi qu'à la transmission de cette information et à sa compréhension dans le processus de communication entre les experts, les médias et la population [48].

• *La radioactivité naturelle : un risque sous estimé*

Beaucoup de gens pensent que la radioactivité mesurée provient essentiellement de sources artificielles comme l'énergie nucléaire ou les retombées des essais nucléaires de l'atmosphère et le public a tendance à sous-estimer l'importance des doses émises par les sources naturelles de rayonnements radioactifs présentes dans l'environnement. Ainsi un sondage réalisé en octobre 1999 par l'institut BVA à la demande de l'IPSN sur un échantillon de 1015 personnes représentatif de la population française de plus de 18 ans permet de mettre en évidence cet aspect.

En réponse à la question "*Considérez-vous que les risques pour les Français sont élevés, moyennement élevés ou faibles dans les domaines suivants*", la radioactivité naturelle se place en avant dernière position, signe qu'elle ne constitue pas pour le public une préoccupation majeure pour sa santé.

En revanche les Français font confiance à 32.2% aux autorités françaises pour leurs actions de protections dans le domaine de la radioactivité naturelle ce qui place ce domaine à la 5^{ème} position dans l'échelle de confiance juste derrière l'eau du robinet. Cette confiance accordée présente une tendance à la hausse sur les trois dernières années (voir les graphiques en annexe 27).

En extrapolant, on pourrait en déduire que les Français font plutôt confiance aux autorités françaises pour la gestion de la radioactivité dans les eaux de consommation mais encore faut-il qu'ils en aient entendu parler...

Même si Alain AUGIER, indique dans Le Figaro du 4 avril 2000 qu'il craint les conséquences de l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation qui abaisse les normes de radioactivité : "le citoyen soupçonnera qu'on lui avait menti jusqu'alors, d'où une menace de compensation et de procès", on peut penser comme le soulignait Jean JAOUEN- IGS de la DDASS 87- que l'introduction des paramètres indicateurs dans la directive 98/83 devrait permettre d'informer le public sur ce domaine particulier et que l'instauration de normes présente l'avantage de faciliter la communication avec le public.

De même, la nouvelle Directive de la Commission européenne relative à la protection contre les rayonnements ionisants prend en compte l'augmentation des doses d'exposition sur le lieu de travail du fait de la radioactivité naturelle, ce qui devrait amener à mieux faire accepter au public la nécessité de traiter toutes les radiations ionisantes de la même manière quelle que soit leur origine [49].

IV.3.2 Quelle communication envisager ?

IV.3.2.1 Sondage auprès de consommateurs

Un questionnaire portant sur la perception du public sur la radioactivité naturelle présente dans les eaux de consommation a été réalisé afin de compléter les informations plus générales fournies par l'enquête BVA/IPSN sur la perception du public des risques liés à la radioactivité [50].

Ce questionnaire a été réalisé auprès de 30 personnes de plus de 18 ans au cours des mois de juin et juillet dans trois régions de France : Bretagne, Ile de France et Massif central. La trame du questionnaire est présentée en annexe 28. Elle se présente en deux parties : une première partie consacrée aux informations d'ordre générales, une seconde portant sur 5 questions concernant la radioactivité naturelle dans les eaux de consommation.

L'objectif de ce questionnaire était de **préciser de façon qualitative la perception du public** sur l'aspect particulier de la présence de radioactivité d'origine naturelle dans les eaux de consommation et de connaître le **type d'outils de communication** pour lequel il serait le plus réceptif.

L'exploitation du questionnaire a conduit aux observations générales suivantes :

- La radioactivité naturelle dans les eaux de consommation est un sujet mal connu du public
 - ...Voire ignoré. Ainsi 21 personnes sur les 30 interrogées ignoraient que la radioactivité naturelle était un paramètre susceptible d'être mesuré dans les eaux de consommation.
 - De même, selon la majorité des personnes interrogées, la radioactivité artificielle (notamment les rejets de centrales nucléaires 19/30 ou les déchets radioactifs 2/30) contribuerait d'avantage à la radioactivité des eaux que la radioactivité naturelle.
- Le public souhaiterait être informé....
 - Le public souhaiterait être informé des résultats des analyses de radioactivité pratiquées sur les eaux, essentiellement par l'intermédiaire de la facture d'eau pour les eaux d'adduction publique (23/30) et de l'étiquetage pour les eaux embouteillées (25/30).

IV.3.2.2 La position des DDASS

Les ingénieurs sanitaires qui ont répondu au questionnaire envoyé par la messagerie interne du ministère aux DDASS sont unanimes sur la nécessité de communiquer sur un paramètre à partir du moment où il entre dans le cadre d'une analyse de contrôle sanitaire des eaux.

Ils sont cependant également nombreux à souligner la nécessité de traiter ce paramètre avec "précaution" lors de la communication des résultats. Les remarques les plus fréquentes soulignent le nécessité d'un effort de communication concernant ce paramètre plus difficile à expliquer que les autres paramètres (05)^a et qui risque de poser des problèmes d'interprétation et de compréhension par le public des données d'analyse de la radioactivité dans les eaux de distribution publique (30, 39).

Certaines DDASS ont souligné qu'il fallait s'attendre à des réactions de la part des associations qui sont très vigilantes (23, 41), voir des médecins ou des élus (73, 30). La radioactivité "fait peur" et on peut craindre des conséquences "néfastes" pour les collectivités qui dépasseraient ces seuils (49). Ainsi l'interprétation sanitaire des résultats est une préoccupation des DDASS qui soulignent la difficulté d'élaboration d'un message sanitaire et souhaiteraient un positionnement officiel de la DGS sur la conduite à tenir en cas de dépassement et sur les risques. Il apparaît en effet indispensable, comme le souligne la DDASS 15, de faire preuve d'une cohérence au niveau national. Pour cela on pourra envisager différents modes de communication.

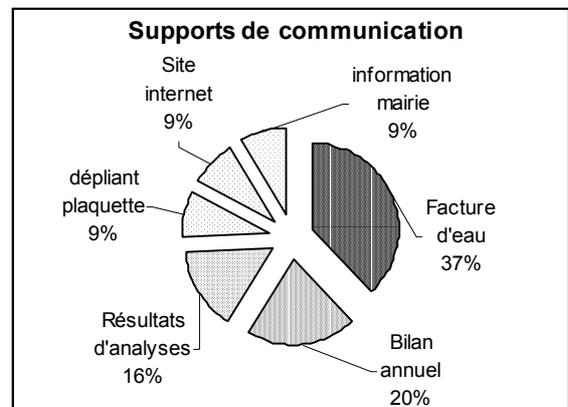
Plusieurs DDASS (53, 973, 33) ont proposé spontanément la mise en place d'une campagne d'information grand public afin de "vulgariser" ce paramètre et d'expliquer les unités et les grandeurs d'ordres (33) en les comparant avec d'autres normes et les doses reçues par d'autres voies d'exposition (90). Peut être pourrait-on envisager une première information sur la nouveauté de ces mesures par l'intermédiaire des médias (973).

La rédaction d'une synthèse globale de l'état général des eaux du département telle que le propose la DDASS 73 permettrait de présenter un état des lieux récent permettant de d'expliquer ces normes de façon concrète. L'intérêt sanitaire de ces mesures devra être expliqué au public ainsi que la justification sanitaire des normes (63). Dans le même ordre d'idées, la DDASS 55 propose de joindre une information sur les raisons de la mise en place de ce nouveau suivi et des éléments d'interprétations aux premiers supports de communication.

IV.3.2.3 Les outils de communication à utiliser

En ce qui concerne les supports de communication, le graphique ci-contre représente les supports les plus utilisés ou préconisés par les DDASS interrogées. On pourra ainsi noter que le *site Internet*, s'il semble une bonne solution pour informer sur la radioactivité des eaux reste, cependant encore d'accès trop restreint dans certains départements, pour être réellement efficace sur le plan pédagogique. La *facture d'eau* semble le mode de communication plébiscité par une grande majorité des DDASS.

Figure 18



^a Le numéro entre parenthèses correspond au numéro du département qui a apporté cette réponse.

CONCLUSION

Pour la première fois, une "directive eau" introduit deux paramètres indicateurs de la radioactivité – le tritium et la Dose Totale Indicative – faisant apparaître de nombreux enjeux. La mise en place de cette nouvelle réglementation laisse donc présager diverses conséquences sur la gestion du contrôle sanitaire des eaux de consommation.

Pour évaluer ces impacts de façon globale, j'ai choisi d'aborder cette problématique sous plusieurs angles :

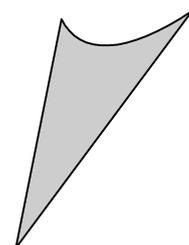
- ♦ **Technique**, d'abord avec l'exploitation des résultats des analyses effectuées par l'OPRI qui a permis de dresser un bilan de l'état des données et de simuler les dépassements prévisibles en fonction des nouvelles normes. A ce titre, la mise en place d'une *doctrine sanitaire* s'impose donc afin de définir la stratégie à mener pour gérer ces *dépassements*, sans qu'un dépassement de quelques Bq/l ne soit ressenti par les consommateurs comme un risque sanitaire majeur.

- ♦ **Organisationnel**, ensuite, en m'appuyant sur les réponses apportées par les ingénieurs sanitaires au questionnaire élaboré au cours du stage. La *position des DDASS* concernant l'introduction de ces nouveaux paramètres apporte un "éclairage de terrain" et permet de cibler les *difficultés* prévisibles comme notamment la *gestion de ces nouvelles analyses*. Ceci m'a conduit à m'intéresser aux perspectives de développement des laboratoires d'analyse de la radioactivité en rencontrant les responsables de certains de ces laboratoires.

- ♦ **De communication**, enfin, car quel que soit l'interlocuteur, la *formation* et l'*information* sur la radioactivité restent toujours au centre des enjeux évoqués. La communication auprès du public au moyen de divers supports est notamment indispensable. L'information du consommateur doit lui permettre de comprendre les raisons de ces nouvelles normes et de mieux appréhender la *réalité des risques sanitaires*.

Ceci semble d'autant plus important que l'orientation prise par les travaux européens en cours tend à montrer que cette voie de la réglementation des eaux de consommation ne fait que s'ouvrir. Les projets de *recommandation radon-eau potable* ainsi que l'introduction de paramètres indicateurs de la radioactivité dans la future *directive cadre ressources en eau* en sont ainsi une illustration.

Annexes



ANNEXES

Annexe 1	Types de rayonnements
Annexe 2	Equivalent de dose
Annexe 3	Tableaux équivalent de dose et dose efficace radioactivité naturelle
Annexe 4	Classification périodique des éléments
Annexe 5	Procédure d'élaboration d'une directive communautaire
Annexe 6	Elaboration de la directive CE 98/83
Annexe 7	Graphique élaboration 98/83
Annexe 8	Stratégie française
Annexe 9	Facteurs de conversion
Annexe 10	Faibles doses
Annexe 11	Techniques d'analyse
Annexe 12	Analyses des eaux minérales
Annexe 13	Limites Annuelles d'Incorporation
Annexe 14	Données OPRI par départements
Annexe 15	Archives OPRI / Limites de détection
Annexe 16	Limites de détection du tritium
Annexe 17	Exploitation des données informatiques de l'OPRI
Annexe 18	Paramètres SISE-EAUX
Annexe 19	Questionnaire DDASS
Annexe 20	Tableau de suivi questionnaire DDASS
Annexe 21	Niveaux de reconnaissance des laboratoires
Annexe 22	Agrément des laboratoires
Annexe 23	Localisation des DDASS
Annexe 24	Calcul prévisionnel du coût des analyses
Annexe 25	Radioactivité naturelle renforcée
Annexe 26	Résultats suivi étang de la Cruzille
Annexe 27	Perception du public sur la radioactivité naturelle
Annexe 28	Questionnaire Consommateurs

ANNEXE 1

LES TROIS GRANDES FAMILLES DES ELEMENTS RADIOACTIFS

FAMILLE DE L'URANIUM –RADIUM			FAMILLE DU THORIUM			FAMILLE DE L'ACTINIUM		
Elément	Période	Act.	Elément	Période	Act.	Elément	Période	Act.
²³⁸ U	4.47×10 ⁹ a	α	²³² Th	1.41×10 ¹⁰ a	α	²³⁵ U	7.04×10 ⁸ a	α
²³⁴ Th	24.1j	β	²²⁸ Ra	5.76a	β	²³¹ Th	25.5h	β (α)
²³⁴ Pa	6.70h	β	²²⁸ Ac	6.13h	β	²³⁵ Pa	7.04×10 ⁸ a	α
²³⁴ U	2.45×10 ⁵ a	α	²²⁸ Th	1.91a	α	²²⁷ Ac	21.8a	β (α)
²³⁰ Th	7.54×10 ⁴ a	α	²²⁴ Ra	3.66j	α	²²⁷ Th	18.7j	α
²²⁶ Ra	1600a	α	²²⁰ Rn	55.6s	α	²²³ Ra	11.4j	α
²²² Rn	3.82j	α	²¹⁶ Po	0.145s	α	²¹⁹ Rn	3.96s	α
²¹⁸ Po	3.05min	α	²¹² Pb	10.6h	β	²¹⁵ Po	1.78ms	α
²¹⁴ Pb	26.8min	β	²¹² Bi	60.6min	β (α)	²¹¹ Pb	36.1min	β
²¹⁴ Bi	19.9min	β (α)	²⁰⁸ Tl	3.05min	β	²¹¹ Bi	2.14min	α (β)
²¹⁴ Po	164μs	α	²¹² Po	0.298μs	α	²⁰⁷ Tl	4.77min	β
²¹⁰ Pb	22.2a	β (α)	²⁰⁸ Pb	stable	/	²⁰⁷ Pb	stable	/
²¹⁰ Bi	5.01j	β (α)						
²¹⁰ Po	138j	α						
²⁰⁶ Pb	stable	/						

Act. = Activité

ANNEXE 2

DISTINCTION : EQUIVALENT DE DOSE EFFICACE ET EQUIVALENT DE DOSE ENGAGEE

✓ *Equivalent de dose efficace (Sv)*

Le mot dose efficace (ou effective) est employé dans le sens d'équivalent de dose efficace. Par définition il s'agit de l'équivalent de dose qui reçu de façon homogène au corps entier, entraînerait les mêmes dommages tardifs (effets cancérogènes et génétiques) que l'ensembles des irradiations partielles reçues par un même sujet. En effet, pour avoir une valeur unique d'équivalent de dose, pour un sujet irradié et "additionner" les effets au niveau d'organes divers et pour des irradiations successives, la CIPR a proposé cette notion de dose efficace qui a été définie en ne prenant en compte que les cancers mortels et les effets génétiques, donc uniquement les effets tardifs. Il se calcule en multipliant l'équivalent de dose reçu au niveau de chaque organe par un coefficient de risque, propre à chacun d'entre eux (celui ci dépend de la radiosensibilité des tissus, de la fréquence et de la gravité des cancers et effets génétiques pouvant se manifester) et en faisant la somme des résultats partiels obtenus.

Remarque : Les limites de l'utilisation de la dose efficace

La dose efficace (en Sv) a été conçue pour comparer des irradiations de nature différente et les additionner, mais elle n'est pas sans poser problèmes aux médecins et aux biologistes. Elle est en effet obtenue à partir de la dose absorbée dans un tissu (en Gy : J/kg) en la multipliant par deux facteurs de pondération, un lié à la qualité du rayonnement (W_R), l'autre lié à la radiosensibilité relative des différents organes à l'induction de cancers (W_T).

Ces deux facteurs résultent de la comparaison des effets biologiques d'études expérimentales ou épidémiologiques auxquelles ont été attribuées des valeurs quantitatives, avec un certain arbitraire. C'est ainsi que les W_R ne dépendent que de la nature des rayonnements pour les α ($W_R=20$), β et γ ($W_R=1$), de la nature et l'énergie pour les neutrons ($W_R = 5$ à 20) mais le W_R ne dépend pas du débit de dose, qui est pourtant un paramètre important dans l'induction de cancer. Le W_T de chaque organe a été défini à partir des résultats d'études épidémiologiques, plus particulièrement celle d'Hiroshima et de Nagasaki : l'extrapolation à d'autres populations ou d'autres types d'irradiation en particulier aux faibles débits de dose peut, donc être discutée. Donc, loin d'être une grandeur physique qui permet des comparaisons fiables, le dose efficace est plus une grandeur indicative d'un risque cancérogène, qui dépend de facteurs dont le caractère quantitatif est en partie arbitraire. Il apparaît donc qu'une même dose efficace de 10mSv, n'a pas les mêmes conséquences sur la santé en fonction du radioélément en cause^a. L'épidémiologie sur les cancers de l'os dus au radium a également montré qu'une même dose efficace a des conséquences différentes en fonction de la période de l'isotope et donc du débit de dose dans l'organe de rétention. ([Réponse à la Note concernant les travaux d'experts de l'article 31 sur l'eau](#)).

✓ *Equivalent de dose engagée (Sv)*

Par simplification on parle souvent de dose engagée. Il ne concerne que l'irradiation interne et dépendra de la durée de présence du radioélément dans l'organisme. La dose engagée est donc l'équivalent de dose reçu, soit jusqu'à son élimination naturelle complète, soit jusqu'à la décroissance totale, elle même fonction des périodes physique et biologique, soit pendant le reste de l'existence (on admet par convention que l'espérance de vie au moment de la contamination est de 50 ans) au niveau de l'organisme, d'un organe ou d'un tissu par suite d'une incorporation unique d'un ou plusieurs radionucléides.

Source : les effets biologiques des rayonnements ionisants.

^a Par exemple les conséquences sont différentes s'il s'agit d'iode, à fixation thyroïdienne préférentielle, de radium se fixant sur les os ou de tritium réparti de manière homogène dans l'organisme.

ANNEXE 3

EQUIVALENT DE DOSE ET DOSE EFFICACE

Tableau A : Doses individuelles annuelles dues à une exposition normale aux sources naturelles de rayonnements en mGy (UNSCEAR 77) et entre parenthèses en mSv.

	Gonades	Ensemble des poumons	Cellules tapissant les os	Moelle rouge de l'os
○ Irradiation externe :				
• Rayons cosmiques	0,28	0,28	0,28	0,28
• Rayonnement terrestres	0,32	0,32	0,32	0,32
○ Irradiation interne				
• Potassium 40				
• Radon 222 (et descendants)	0,15	0,17	0,15	0,27
• Autres radioéléments	0,002	0,30	0,003	0,003
	0,02	0,055	0,091	0,04
TOTAL	0,78 (1,05)	1,10 (1,35)	0,84 (1,02)	0,92 (1,20)

Tableau B : Evaluation de l'équivalent de dose efficace annuel (en mSv) du aux sources naturelles d'irradiation (UNSCEAR 82).

	Equivalent de dose efficace annuel (mSv)		
	Irradiation externe	Irradiation interne	TOTAL
○ Rayons cosmiques			
• Composante ionisation	0,28	-	0,28
• Composante neutrons	0,02	-	0,02
○ Nucléides d'origine cosmique			
○ Potassium 40	-	0,015	0,015
○ Rubidium 87	0,12	0,18	0,30
○ Famille de l'uranium 238 ⁽¹⁾	-	0,006	0,006
○ Famille du thorium 232	0,09	0,95	1,04
	0,14	0,19	0,33
TOTAL ARRONDI	0,65	1,34	2,0 ⁽²⁾

Source : *Les effets biologiques des rayonnements ionisants* - Dr Michel BERTIN

⁽¹⁾ en particulier le radon

⁽²⁾ L'UNSCEAR 88 donne des valeurs assez proches : 2,4mSv ou moyenne par an, en équivalent de dose efficace.

ANNEXE 4

CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

	1 1a		2 IIa															18 VIIIa																																																							
	1 H		2 He																																																																						
	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne																																																							
	11 Na	12 Mg	3 IIIb	4 IVb	5 Vb	6 VIb	7 VIIb	8 VIIIb			11 Ib	12 IIB	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar																																																							
	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr																																																							
	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe																																																							
	55 Cs	56 Ba	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> } { </div>										72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																																														
	87 Fr	88 Ra											104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt																																																							
													<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td>89 La</td> <td>90 Ce</td> <td>91 Pr</td> <td>92 Nd</td> <td>93 Pm</td> <td>94 Sm</td> <td>95 Eu</td> <td>96 Gd</td> <td>97 Tb</td> <td>98 Dy</td> <td>99 Ho</td> <td>100 Er</td> <td>101 Tm</td> <td>102 Yb</td> <td>103 Lu</td> </tr> <tr> <td></td> <td>99 Ac</td> <td>100 Th</td> <td>101 Pa</td> <td>102 U</td> <td>103 Np</td> <td>104 Pu</td> <td>105 Am</td> <td>106 Cm</td> <td>107 Bk</td> <td>108 Cf</td> <td>109 Es</td> <td>110 Fm</td> <td>111 Md</td> <td>112 No</td> <td>113 Lr</td> </tr> </table>															89 La	90 Ce	91 Pr	92 Nd	93 Pm	94 Sm	95 Eu	96 Gd	97 Tb	98 Dy	99 Ho	100 Er	101 Tm	102 Yb	103 Lu		99 Ac	100 Th	101 Pa	102 U	103 Np	104 Pu	105 Am	106 Cm	107 Bk	108 Cf	109 Es	110 Fm	111 Md	112 No	113 Lr															
	89 La	90 Ce	91 Pr	92 Nd	93 Pm	94 Sm	95 Eu	96 Gd	97 Tb	98 Dy	99 Ho	100 Er	101 Tm	102 Yb	103 Lu																																																										
	99 Ac	100 Th	101 Pa	102 U	103 Np	104 Pu	105 Am	106 Cm	107 Bk	108 Cf	109 Es	110 Fm	111 Md	112 No	113 Lr																																																										

Métaux alcalins
Métaux alcalino-terreux
Éléments de transition
Lanthanides
Actinides
Autres métaux
Non métaux
Gaz rares

ANNEXE 5

PROCEDURE D'ELABORATION D'UNE DIRECTIVE COMMUNAUTAIRE

La Commission européenne a l'initiative des textes. Elle élabore une proposition après consultation obligatoire ou facultative selon le cas, de certains comités (Comité Economique et Social, Comité des Régions, groupe d'experts, etc.) et la dépose sur le bureau du Conseil de l'Union, qui est l'institution représentant les Etats membres, et sur celui du Parlement européen.

Le Parlement européen, après examen de la proposition en commission spécialisée puis en séance plénière, formule des propositions d'amendements.

Au sein du Conseil, le texte est d'abord examiné sous l'angle essentiellement technique par le Groupe compétent, c'est à dire celui dans lequel siègent les conseillers techniques concernés des présentations permanentes de chaque Etat membre (exemple : groupe des conseillers Atomiques composé des conseillers nucléaires, Groupe recherche composé de conseillers scientifiques, Groupe Environnement composé de conseillers environnement, etc.).

Lorsque le Groupe du Conseil est parvenu à un consensus technique sur le texte, celui-ci est communiqué au COREPER (Comité des Représentants Permanents, réunissant les ambassadeurs – appelés Représentants Permanents- de chaque Etat membre auprès de l'Union Européenne). Le COREPER traite les questions en suspens et transmet le projet finalisé au Conseil des ministres. Après règlement de dernières questions politiques, le conseil des ministres adopte (ou rejette) le texte (sur ce point, son action est assimilable à celle d'un parlement national vis à vis d'une loi : le Conseil détient le pouvoir législatif). Lorsqu'il s'agit d'un sujet essentiel, l'adoption requiert l'unanimité des Etats membres. En général, une majorité qualifiée suffit (>50%), voire une majorité simple.

La Commission a un rôle pivot pour ce qui concerne les relations inter - institutionnelles (Commission /Conseil/ Parlement européen). Elle participe aux réunions des différentes instances du Conseil et peut défendre sa proposition de texte. Après dialogue avec le parlement européen, elle décide de retenir ou non ses propositions d'amendements. Dans l'affirmative, elle formule une nouvelle proposition de texte qui suit le même chemin que la première. Plusieurs propositions peuvent se succéder.

Dans le cadre du traité EURATOM, le Parlement européen n'a qu'un rôle consultatif. En revanche dans le cadre du traité de la Communauté Européen (CE), le Parlement européen est associé plus étroitement à l'élaboration du texte au moyen de procédures de coopération et de co-décision. Ces procédures sont complexes. Elles ont pour effet de rendre plus difficile au conseil la possibilité de rejeter les amendements du Parlement européen.

En France, une procédure de concertation interministérielle a été mise en place pour la négociation des textes communautaires. Le SGCI (Secrétariat général du Comité Interministériel pour les questions de coopération économique européenne) coordonne cette concertation. Il rédige ces instructions destinées à la Représentation Permanente française à Bruxelles dont il reçoit les documents et les comptes-rendus de réunions. La Représentation Permanente est chargée de défendre la position nationale au sein des instances du Conseil.

Dans le cadre du traité Euratom, le rôle de coordination interministériel est dévolu au Secrétariat du CTI (Comité Technique Interministériel pour L'EURATOM), placé sous l'autorité du SCGI.

Le texte adopté par le Conseil est ensuite publié au Journal officiel des Communautés Européennes (JOCE). Pour être applicable, une directive doit être transposée en droit national. Pour ce faire, les Etats membres disposent d'un délai (généralement 2 ans). La Commission est chargée de vérifier la bonne transposition de la directive et son application par les Etats membres.

Source : IPSN Not n° 99/761 du 10 mars 1999 - Directive eau potable

ANNEXE 6

ELABORATION DE LA DIRECTIVE « EAU POTABLE » 98/83/CE

↵ CHRONOLOGIE

La première proposition de la Commission européenne date de janvier 1995. Elle est transmise au Conseil et au Parlement européen en avril de la même année. Le conseil l'examine au niveau du Groupe Environnement (GE). De son côté, le Parlement européen procède en décembre 1996 à une première lecture de la proposition de directive et formule de propositions d'amendements, dont l'un sur la radioactivité.

En juin 1997, la Commission dépose une proposition modifiée de directive reprenant certains amendements du parlement européen mais pas celui sur la radioactivité. Le Groupe Environnement du Conseil parvient à une position commune sur le texte en décembre 1997. Le Parlement européen procède à une seconde lecture du texte en mai 1998 et formule de nouvelles propositions d'amendements. Celui sur la radioactivité est à nouveau proposé.

En novembre 1997, la Commission consulte le groupe d'experts de l'article 31 D'EURATOM au sujet de l'amendement du Parlement européen relatif à la radioactivité. Parallèlement, elle sonde les États membres qui ne réagissent pas de manière hostile sous réserve de cohérence avec les dispositions D'EURATOM. En juin 1998, le groupe d'experts de l'article 31 approuve le « draft position paper » élaboré par le groupe de travail créé en son sein, et le transmet à la Commission.

La commission décide de retenir de nouveaux amendements du Parlement européen, dont celui sur la radioactivité. Elle dépose une proposition réexaminée de directive en juillet 1998. Le Groupe Environnement du Conseil en discute du 28 juillet au 26 octobre 1998. La position commune de décembre 1997 est revue et plusieurs dispositions de la position réexaminée, dont celle sur la radioactivité, sont intégrées dans le texte. Le COREPER examine le projet (sans discussion) le 2 novembre et la directive est finalement adoptée – à la majorité qualifiée- par le Conseil des ministres de l'environnement le 3 novembre 1998.

↵ POSITION DES ETATS MEMBRES

La proposition de la commission comportant des dispositions sur la radioactivité a été accueillie fraîchement par plusieurs États membres, en particulier l'Allemagne et les pays nordiques, plutôt positivement par la France et de façon neutre par les autres sauf l'Italie qui s'est depuis le début opposée à la directive (pour des raisons autres que la radioactivité). La présidence autrichienne a donc dans un premier temps estimé préférable le rejet de cette proposition qui ne paraissait pas susceptible de réunir une majorité qualifiée en sa faveur.

Les premiers États cités craignaient de ne pouvoir respecter la directive en raison de la présence de radon en quantité importante dans leurs eaux. Une fois le radon exclu du champ de la directive et sa prise en compte remise à plus tard, ces États se sont ralliés au projet.

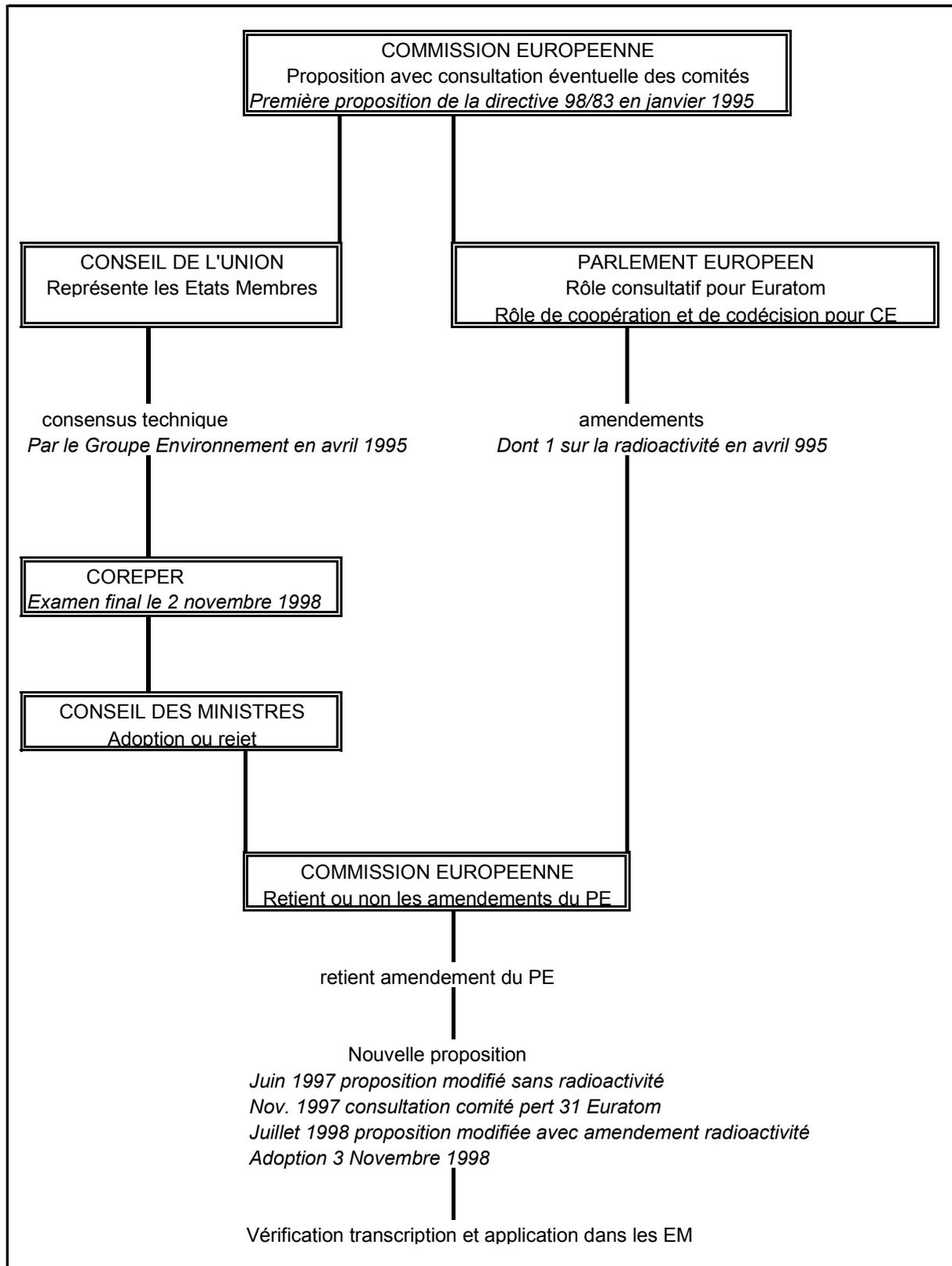
Un débat a eu lieu également à propos de l'obligation de contrôler régulièrement la radioactivité dans l'eau. Certains États, dont la France, y étaient très favorables. D'autres ne souhaitaient un contrôle qu'en cas de suspicion de présence de radioactivité dans les eaux à un niveau supérieur à la valeur paramétrique. Cette question n'est pas encore réglée. La Commission doit faire des propositions dans les 18 mois suivant l'entrée en vigueur de la directive.

En France, les administrations et organismes directement impliqués dans la négociation de la directive, sous la coordination du SGCI, ont été le bureau de l'eau de la DGS (pilote), la direction de l'eau du ministère de l'environnement et l'OPRI. La DGS tenait à inclure la radioactivité parmi les paramètres à prendre en compte dans la qualité de l'eau. Pour ce qui est des critères techniques, dont le manque de temps et de recherche d'un consensus n'ont pas permis une évaluation fine, la DGS aurait préféré des niveaux de concentration fixés par activité totale α et β .

Le 3 novembre 1998, seule l'Italie a voté contre l'adoption de la directive.

Source : IPSN Not n° 99/761 Du 10 mars 1999 - Directive eau potable

ANNEXE 7



ANNEXE 8

STRATEGIE ANALYTIQUE FRANÇAISE DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

La directive du conseil de l'Union Européenne 98/83 du 3 novembre 1998 relative aux eaux destinées à la consommation humaine introduit « deux paramètres de radioactivité » : le tritium et la dose totale indicative (DTI) dont les valeurs paramétriques sont les suivantes :

- ✓ 100 Bq/L pour le tritium
- ✓ 0.1 mSv/L pour la Dose totale Indicative (DTI)

La France a proposé la stratégie d'analyse suivante :

- ✓ Mesure du tritium comme l'impose la directive
- ✓ Mesure des indices de radioactivité α et β globales comme le recommande l'OMS.

En théorie, huit cas peuvent se présenter mais seuls quatre peuvent se présenter dans la pratique :

• **1^{er} cas :**

- ✓ **Activité α globale ≤ 0.1 Bq/L (*)**
- ✓ **Activité β globale ≤ 1 Bq/L (*)**
- ✓ **$^3\text{H} \leq 100$ Bq/L**

Dans ce cas, l'eau est propre à la consommation et la DTI induite par une consommation de 730L/an par un adulte sera considéré comme < 0.1 mSv/an.

• **2^{ième} cas :**

- ✓ **Activités α et β globales respectivement ≤ 0.1 Bq/L et 1 Bq/L (*)**
- ✓ **$^3\text{H} > 100$ Bq/L**

Dans ce cas, il convient d'évaluer la dose car il y a suspicion d'une présence éventuelle de radioéléments artificiels. Il faut mesurer spécifiquement certains radioéléments caractéristiques d'une contamination artificielle. Calculer la dose en utilisant les coefficients de dose efficace (Sv/Bq) pour la population de la directive 96/29 correspondant à chaque radioélément présent. Si celle-ci est ≤ 0.1 mSv/an, l'eau sera déclarée propre à la consommation.

• **3^{ième} cas :**

- ✓ **Activité α globale > 0.1 Bq/L (*) ou**
- Activité β globale > 1 Bq/L (*)**
- ✓ **$^3\text{H} \leq 100$ Bq/L**

Dans ce cas, il est probable que la dose dépasse 0.1 mSv/an. Il faut d'abord vérifier la présence de radioéléments naturels par la mesure du radium et de l'uranium entre autres. Si les activités α et β globales sont entièrement expliquées par la présence de ces radioéléments naturels il n'y a pas lieu de poursuivre l'analyse plus loin. Calculer la dose comme dans le cas précédent, celle-ci doit être ≤ 0.1 mSv/an pour que l'eau soit déclarée potable.

Si les activités α et β globales ne sont pas d'origine naturelle ou le sont partiellement, il faut poursuivre l'analyse par la mesure spécifique des radioéléments artificiels (β pur, β/γ et α).

Dans tous les cas, calculer la dose due aux radioéléments naturels et artificiels. Celle-ci devra être inférieure à 0.1 mSv/an.

• **4^{ième} cas :**

- ✓ **Activité α globale > 0.1 Bq/L (*)**
- ✓ **Activité β globale > 1 Bq/L (*)**
- ✓ **$^3\text{H} > 100$ Bq/L**

Dans ce cas, il faut mesurer sélectivement les radioéléments d'origine naturelle et artificielle, comme dans le cas précédent.

Calculer ensuite la dose liée à la présence de tous les radioéléments (naturels et artificiels), celle-ci devra être < 0.1 mSv pour déclarer l'eau propre à la consommation.

Lorsque l'équivalent de dose est > 0.1 mSv/an, la décision de consommation assortie éventuellement de conditions ou de restriction sera donnée par l'autorité sanitaire.

(*) Valeurs desquelles les contributions dues au potassium 40 (pour le β), au radon et ses produits de filiation ont été soustraites.

ANNEXE 9

FACTEURS DE CONVERSION
ANNEXE III TABLE A DE LA DIRECTIVE 96/29 EURATOM

RADIONUCLEIDE	DOSE EFFICACE ENGAGEE PAR UNITE INCORPOREE PAR INGESTION (Sv/Bq) POUR LA POPULATION	ACTIVITE VOLUMIQUE (Bq/L) CORRESPONDANT A UNE DOSE EFFICACE ENGAGEE DE 50µSv/AN
Potassium 40	$6,2 \cdot 10^{-9}$	1.1
Plomb 210	$6,9 \cdot 10^{-7}$	0.099
Polonium 210	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0.057
Radon 222 ^a	/	/
Radium 224	$6,5 \cdot 10^{-8}$	1.1
Radium 226	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0.24
Radium 228	$6,9 \cdot 10^{-7}$	0.099
Thorium 228	$7,2 \cdot 10^{-8}$	0.95
Thorium 230	$2,1 \cdot 10^{-7}$	0.33
Thorium 232	$2,3 \cdot 10^{-7}$	0.30
Uranium 234 ^b	$4,9 \cdot 10^{-8}$	1.4
Uranium 235 ^b	$4,7 \cdot 10^{-8}$	1.5
Uranium 238 ^b	$4,5 \cdot 10^{-8}$	1.5

^a Pas de limite par ingestion

^b Pour l'uranium naturel, la concentration correspondant à une dose de 50µSv/an serait de 55µg/L

ANNEXE 10

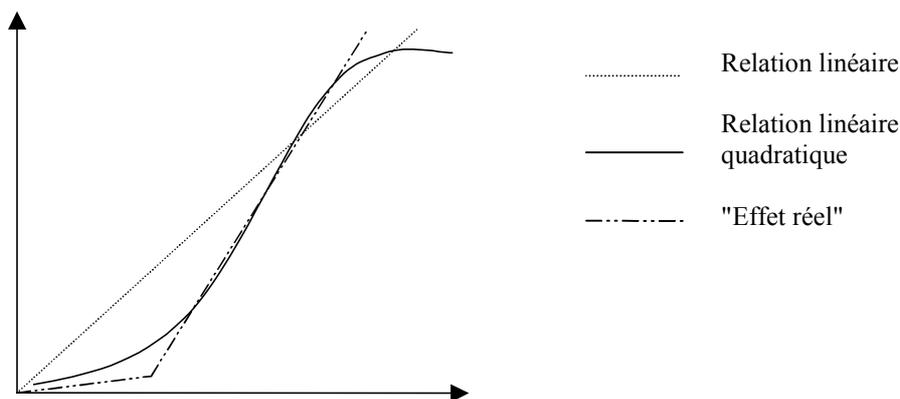
L'ESTIMATION DU RISQUE DANS LE DOMAINE DES FAIBLES DOSES : LE CHOIX DU MODELE EN QUESTION...

Les données épidémiologiques ont révélé des effets cancérogènes jusqu'à un seuil de 0.2mSv. En dessous, les risques sanitaires doivent être extrapolés des hautes doses vers les basses doses. En l'absence de certitudes, le modèle on considère que la probabilité de survenue d'un effet est proportionnelle à la dose, même pour les faibles doses. Mais le choix d'un modèle linéaire sans seuil est jugé par certains scientifiques comme trop sécuritaire voire inadapté, comme l'atteste ces quelques avis...

- J PRADEL souligne, dans la Revue Générale Nucléaire, qu'il faut bien garder en mémoire que l'adoption d'une loi linéaire sans seuil pour déterminer les effets, en fonction des doses reçues, correspond à une *volonté de gérer rationnellement et prudemment des risques hypothétiques*. Il rappelle que la limite supérieure du risque ainsi défini ne doit pas être confondu avec une évaluation précise des effets réels. Enfin, il regrette que l'abondance, voire l'excès de précaution prises pour éviter les effets à très long terme des rayonnements ionisants, soit interprétée comme une preuve de l'existence de tels effets (RGN, 1993, N°2).

- Plus affirmatif, A LAUGIER, estime quant à lui, que "le modèle linéaire sans seuil reliant la dose et l'effet est reconnu maintenant comme inadapté : la relation est quadratique et un seul existe au-dessous duquel on ne constate rien chez l'individu », ni sa cellule, ni dans son ADN. Au-dessous de 100mGy, il n'y a aucun risque prouvé et détectable [...]" (Le Figaro, 04/04/2000).

- M. TUBIANA, rappelait récemment que "l'utilisation d'une relation linéaire quadratique pour estimer le risque dans le domaine des faibles doses aboutit à une estimation qui est contestable. En effet si l'on extrapole à une droite passant par des points correspondant aux données épidémiologiques on aboutit fréquemment à un seuil d'environ 200mSv, dose en dessous de laquelle aucune étude épidémiologique n'a pu mettre en évidence un effet cancérogène. L'effet réel pourrait être très inférieur s'il existait une discontinuité dans l'efficacité de l'effet cancérogène au-dessous de quelques centaines de mSv, notamment en raison de la réparation des lésions de l'ADN (Revue Générale Nucléaire, année 1999, n°1).



Source : *Revue Générale Nucléaire, année 1999, n°1*

ANNEXE 11

TECHNIQUES D'ANALYSE DE LA RADIOACTIVITE DANS L'EAU

□ Activités volumiques alpha totale et bêta totale

Les activités totales sont mesurées :

- *Par les émetteurs alpha*, sur compteur à scintillateur plat (seuil moyen de mesure : 40 mBq/L) ;
- *Par les émetteurs bêta*, sur compteur Geiger ou proportionnel à très faible mouvement propre (seuil moyen de mesure : 120 mBq/L).

Elles sont déterminées notamment pour permettre de faire le choix des radioéléments spécifiques à analyser. On procède à l'évaporation fractionnée, dans des coupelles en acier inox tarées, d'une prise d'essai modulée en fonction de la minéralisation de l'eau, le poids de résidu ne devant pas dépasser 50mg.

□ Uranium

La détermination pondérale de l'uranium est effectuée par fluorimètre après concentration par chromatographie sur papier, soit directement (dans le cas des eaux faiblement minéralisées) soit par la méthode du violet de méthyle (dans le cas des eaux très minéralisées). Le seuil de mesure est de 0.5µg/L (²³⁸U). L'analyse isotopique détaillée de l'uranium se fait par spectroscopie alpha en chambre à grille. Elle est précédée d'une séparation chimique sur résine échangeuse d'ions et d'une électrodéposition. Le rendement de la méthode est établi à l'aide d'un traceur, l'uranium 232. Le seuil de mesure est de 10 millibecquerels par litre pour chacun des trois isotopes (²³⁸U, ²³⁵U et ²³⁴U).

□ Radium

↳ Radium 226 : on le détermine par la méthode dite « d'émanation » qui consiste à mesurer à l'équilibre, ou après un temps déterminé, l'activité de son descendant direct le radon 222, introduit dans un ballon scintillant et placé sur un photomultiplicateur. Le seuil de mesure est de 30 millibecquerels par litre de ²²²Ra par litre pour une prise d'essai de 250 mL.

↳ Radium 228 : la mesure du ²²⁸Ra est effectuée par spectrométrie gamma sur diode au germanium hyperpur par évaluation de l'activité de son descendant direct, l'actinium 228, dans le résidu d'évaporation de 5L d'eau. Le seuil de mesure est de 100 millibecquerels par litre.

□ Thorium

Le dosage pondéral du thorium se fait par spectrocolorimétrie à $\lambda = 546 \mu\text{m}$, après séparation chimique sur résine échangeuse d'ions. Le seuil de mesure retenu est de 10µg/L de thorium (²³²Th).

L'analyse isotopique, effectué par spectrophotométrie alpha en chambre à grille, est précédée d'une séparation chimique sur résine échangeuse d'ions et d'un dépôt sous forme de fluorure de lanthane. Le rendement de la méthode est établi à l'aide d'un traceur, le thorium 2289. Le seuil de mesure est de 3 à 5 millibecquerels par litre pour chacun des isotopes (²³²Th, ²³⁰Th, ²²⁸Th et ²²⁷Th).

□ Radon 222

Deux méthodes sont utilisées suivant que sa mesure est faite directement en phase gazeuse à l'émergence, ou sur les eaux dans lesquels il est dissout, mesurées à posteriori en laboratoire :

- Dans le premier cas, après extraction sur place du radon de l'eau, on utilise la méthode des ballons scintillants.
- Dans le second cas, le plus général, on prélève l'eau dans un flacon métallique étanche, sans volume libre, l'activité du radon étant en suite mesurée en laboratoire le plus tôt possible par spectrophotométrie gamma directe sur iode au germanium. Le seuil de mesure dans ce cas est de 10 becquerels de radon 222 par litre.

□ Potassium

La détermination de sa teneur est effectuée par photométrie de flamme. La contribution du ⁴⁰K à l'activité bêta totale est de 27 millibecquerels pour 1mg de potassium.

ANNEXE 12

ANALYSES DE LA RADIOACTIVITE DES PRINCIPALES EAUX MINERALES FRANÇAISES

(Classées en fonction de leur production annuelle par ordre décroissant)

LOCALITE	SOURCE	ACTIVITE α TOTALE mBq/L	ACTIVITE β TOTALE mBq/L	K mg/L	²²⁶ RA mg/L	U µg/L	% LAI
Evian	Cachat	71	<89	1.1	<40	1.2	<3.1
Vittel	Grande Source	78	<170	1.9	<29	1.2	<2.8
	Hépar	160	<150	3.8	<26	1.5	<2.5
Contrexeville	Pavillon	85	<110	3.3	<27	1.5	<2.5
Volvic	Clairvic (M)	<26	250	5.9	<40	1.0	<3.1
Vergeze	Perrier	200	<110	<1	<26	3.2	<2.7
St-Galmier	Badoit (M)	3 300	1 500	10	240	70	<16
St-Yorre	Royale (M)	1 300	4 800	110	250	4.2	<15
St-Armand	Clos de l'Abbaye	<74	190	4.4	<40	<0.5	<3.1
	Vauban	250	380	6.1	130	<0.8	<6.7
	Célestins	1 600	2 900	60	350	0.6	<17
Plancoët	Sassay	<49	<500	2.6	<40	<0.6	<3.9
Aix	Raphy-St-Simon	<52	<84	1.0	<40	0.8	<3.1
Arcachon	Ste-Anne-les Abatilles	<39	<150	3.2	<40	<0.5	<3.1
Thonon	La Versoir	<33	<84	<1	<40	<0.5	<3.0
Dax	Elvina	2 400	2 400	22	570	12	<27
Mariol	Royale France (M)	970	2 600	65	130	5.7	<8.2
Arcens	La préservatrice	84	<290	9.6	<43	<0.8	<3.1
Le Luc	Pioule	200	<130	<1	<40	1.8	<3.2
Vals	Vivaraise (M)	340	1 300	34	91	0.5	<5.6
St-Romain	Parot	170	2 400	76	<53	<0.7	<4.1
Châteauneuf	Castel Rocher (M)	1 600	1 700	37	380	1.3	<17
Le Breuil	Marie-Christine Nord	2 300	6 300	190	260	30	<15
St-Maurice	La Chapelle	240	1 400	43	<25	7.3	<3.1
Le Boulou	Colette	4 300	5 500	50	1 100	1.0	<51
St-Alban	St-Alban (M)	7 700	6 000	44	1 800	12	<79

Les valeurs indicatives (non précédées du signe <) sont données avec des erreurs à 2σ , inférieures à 20%.

(M) : Lorsqu'il s'agit d'un mélange de plusieurs sources. Le Thorium est inférieur pour toutes les sources à 10µg/L.

ANNEXE 13

LIMITES ANNUELLES D'INCORPORATION PAR INGESTION (LAI)

RADIOELEMENTS	LAI Bq/an
U nat.	$5 \cdot 10^4$
^{238}U	$5 \cdot 10^4$
^{234}U	$4 \cdot 10^4$
^{224}Ra	$3 \cdot 10^4$
^{226}Ra	$7 \cdot 10^3$
^{228}Ra	$9 \cdot 10^3$
Th nat.	$5 \cdot 10^3$
^{228}Th	$2 \cdot 10^4$
^{230}Th	$1 \cdot 10^4$
^{232}Th	$3 \cdot 10^3$
^{210}Pb	$2 \cdot 10^3$
^{210}Po	$1 \cdot 10^4$
^{228}Ac	$9 \cdot 10^6$

Source : REMY NL. ,LEMAITRE N., *Hydrogéologie, Eaux minérales et Radioactivité*, N°4, 1990, pp.267-278.

ANNEXE 14

ETAT DES LIEUX DES DOSSIERS CONSERVES DANS LES ARCHIVES DE L'OPRI

n°	départ.	Période des analyses	Analyse tritium	Passage de picocuries en Bq	Nombre dossiers
1	Aisn	1970 à 1980	Pas de tritium de 1970 à 1974 ; tritium à partir de 1978	picocuries tout le temps	12
2	Aisne	une année : 1977	tritium en 1977	picocuries	2
3	Allier	1970 à 1998	Pas de Tritium de 1970 à 1973 ; à partir de 1981	pc de 1970 à 1973 ; mBq à partir de 1981	6
4	Alpes Haute Provence	1978 à 1984	de 1978 à 1984 (tout le temps)	pc de 1978 à 1981 ; mBq à partir de 1981	10
5	Hautes Alpes	1974 à 1997	à partir de 1991	pc en 1974 ; mBq à partir de 1991	4
6	Alpes Maritime	1973 à 1996	à partir de 1978	pc de 1973 à 1979 ; mBq à partir de 1982	14
7	Ardèche	1974 à 1998	à partir de 1978	pc de 74 à 78 ; mBq à partir de 1983	74
8	Ardennes	1970 à 1975	pas de tritium	pc tout le temps	4
9	Ariège	1973, 76 et 78	en 1978	pc tout le temps	3
10	Aube	1971 à 1979	à partir de 1978	pc tout le temps	3
11	Aude	1981 à 1996	à partir de 1981	mBq à partir de 1981	8
12	Aveyron	1977 à 1989	à partir de 1977	mBq à partir de 1981	34
13	Bouches du Rhône	1970 à 1998	à partir de 1977	mBq à partir de 1981	36
14	Calvados	1969 à 1979	à partir de 1979	pc tout le temps	5
15	Cantal	1972 à 1994	à partir de 1993	pc en 1972, mBq à partir de 1993	3
16	Charente	/	/	/	0
17	Charente Maritime	1970 à 1995	à partir de 1977	mBq à partir de 1989	19
18	Cher	1994	1994	mBq en 1994	1
19	Corrèze	1972 à 1988	à partir de 1978	mBq à partir de 1984	9
20	Corse	1984 à 1993	à partir de 1984	mBq à partir de 1984	3
21	Côtes d'Or	1978 à 1997	à partir de 1978	pc en 1981 et mBq à partir de 1996	4
22	Côtes d'Armor	1970 à 1994	à partir de 1978	à partir de 1994	3
23	Creuse	1978 à 1993	Pas en 1974, à partir de 1982	pc en 1974 ; mBq à partir de 1982	6
24	Dordogne	1973 à 1993	à partir de 1977	à partir de 1990	4
25	Doubs	1974 et 1982	en 1982	en 1982	2
26	Drôme	1977 à 1997	à partir de 1977	à partir de 1987	15
27	Eure	1972 à 1998	à partir de 1978	à partir de 1981	53
28	Eure et Loire	1975 à 1981	à partir de 1977	mBq en 1981	10
29	Finistère	1980 et 1990	à partir de 1980	à partir de 1990	3

Annexes

30	Gard	1977 à 1999	à partir de 1981	à partir de 1981	51
31	Haute Garonne	1977	Non	pc	1
32	Gers	1969 et 1996	en 1996	mBq en 1996	2
33	Gironde	1977, 85 et 94	à partir de 1977	à partir de 1985	3
34	Hérault	1972 à 1998	à partir de 1980	à partir de 1981	274
35	Ile et Vilaine	/	/	/	0
36	Indre	1981	Non	mBq	1
37	Indre et Loire	1973 et 1993	en 1993	pc en 1973 et mBq en 1993	2
38	Isère	1972 à 1988	à partir de 1978	à partir de 1982	15
39	Jura	/	/	/	0
40	Landes	1978, 82 et 93	en 1993	mBq à partir de 1982	3
41	Loir et Cher	/	/	/	0
42	Loire	1970 à 1998	à partir de 1979	pc en 1980 et mBq à partir de 1985	15
43	Haute Loire	1973	Non	pc	1
44	Loire Atlantique	1988 et 1989	1988 et 1989	mBq en 1988 et 1989	2
45	Loiret	1988 à 1990	tout le temps	tout le temps	5
46	Lot	1970, 76 et 77	en 1977	pc tout le temps	3
47	Lot et Garonne	/	/	/	0
48	Lozère	1972 à 1998	à partir de 1983	mBq à partir de 1985	9
49	Maine et Loire	1974 et 1998	en 1998	mBq en 1998	3
50	Manche	1974 à 1998	à partir de 1978	à partir de 1997	4
51	Marne	1977 à 1978	tout le temps	pc tout le temps	8
52	Haute Marne	/	/	/	0
53	Mayenne	/	/	/	0
54	Meurthe et Moselle	1976 à 1996	à partir de 1987	mBq à partir de 1987	6
55	Meuse	1972 à 1990	à partir de 1977	en 1990	4
56	Morbihan	/	/	/	0
57	Moselle	1974 à 1997	à partir de 1977	à partir de 1985	18
58	Nièvre	/	/	/	0
59	Nord	1978 à 1990	tout le temps	mBq à partir de 1981	12
60	Oise	1991	Oui	mBq	1
61	Orne	/	/	/	0
62	Pas de Calais	1974	Non	pc	2
63	Puy de Dôme	1969 à 1999	à partir de 1978	à partir de 1981	60
64	Pyrénées Atlantique	1974	Non	pc	1

Annexes

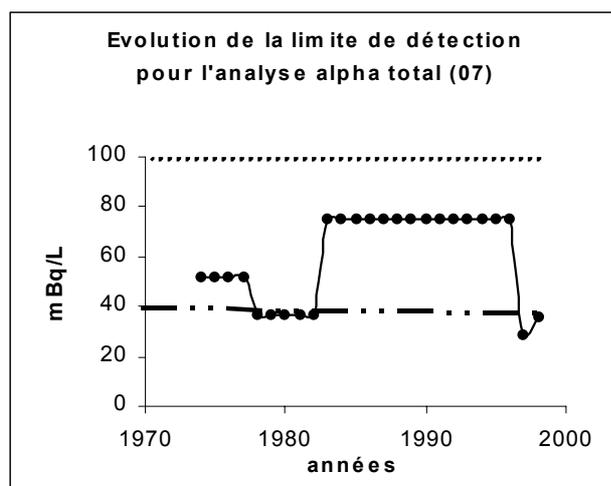
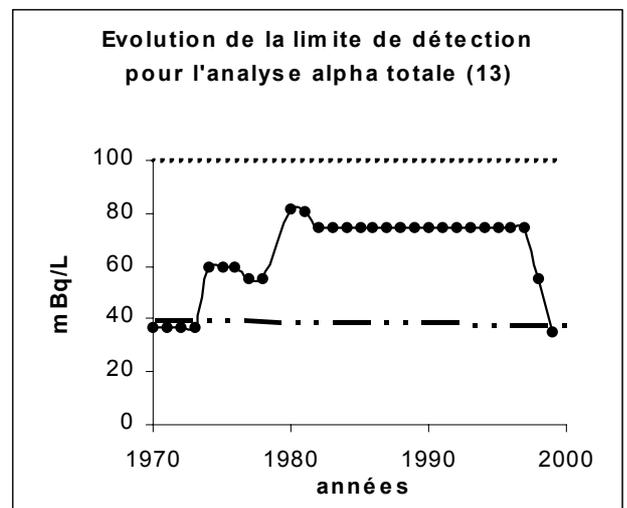
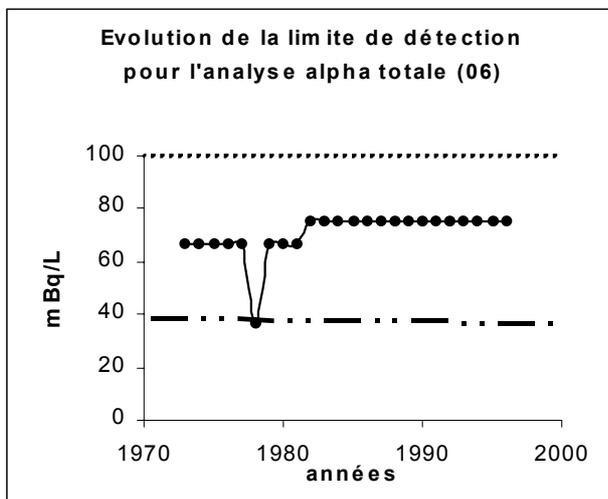
65	Hautes Pyrénées	/	/	/	0
66	Pyrénées Orinetales	1970 à 1998	à partir de 1978	pc de 1970 à 1979, mBq de 1984 à 1998	24
67	Bas Rhin	1971 à 1997	Non	pc en 1971, mBq à partir de 1992	7
68	Haut Rhin	1970, 72 et 94	en 1994	mBq en 1994	3
69	Rhône	1979 à 1998	tout le temps	pc en 1979, mBq à partir de 1991	17
70	Haute Saône	1977	Non	pc	1
71	Saône et Loire	1962 à 1993	à partir de 1989	pc en 1962, mBq à partir de 1989	11
72	Sarthe	1976	Non	pc	2
73	Savoie	1989	Oui	mBq en 1989	1
74	Haute Savoie	1974 et 1994	Non	pc en 1974 et mBq en 1994	2
75	Paris	/	/	/	0
76	Seine Maritime	1972 à 1999	à partir de 1977	pc de 1972 à 1980, mBq à partir de 1981	150
77	Seine et Marne	1971 à 1999	à partir de 1977	à partir de 1981	181
78	Yvelines	1983 à 1998	à partir de 1994	mBq tout le temps	6
79	deux Sèvres	1977 à 1999	tout le temps	à partir de 1984	12
80	Somme	/	/	/	0
81	Tarn	1988, 90 et 96	tout le temps	mBq tout le temps	3
82	Tarn et Garonne	1970 à 1996	à partir de 1982	pc en 1970 et 71, mBq à partir de 82	17
83	Var	1975 et 1998	en 1998	mbq en 1998	2
84	Vaucluse	1971 à 1999	à partir de 1977	à partir de 1981	49
85	Vendée	1974 à 1990	à partir de 1977	à partir de 1982	9
86	Vienne	1975 à 1999	à partir de 1979	à partir de 1990	6
87	Haute Vienne	1971 à 1999	à partir de 1977	à partir de 1981	15
88	Vosges	/	/	/	0
89	Yonne	1977 et 1981	Oui	pc en 1977 ; mBq en 1981	2
90	Territoire de Belfort	1987	Oui	mBq en 1987	1
91	Essonne	1972 à 1996	à partir de 1972	à partir de 1987	11
92	Haut de Seine	1980	Oui	pc	1
93	Seine Saint Denis	/	/	/	0
94	Val de Marne	1982	1982	mBq en 1982	1
95	Val d'Oise	1972	Non	pc	1

ANNEXE 15

**ÉTUDES DES ANALYSES CONSERVEES PAR L'OPRI
PROBLEMATIQUE DE LA LIMITE DE DETECTION**

○ *Évolutions des limites de détection pour le paramètre α total*

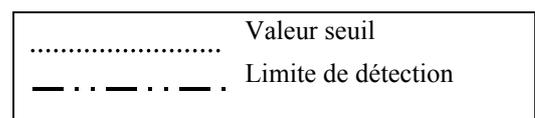
Les graphiques ci-dessous représentent l'évolution des limites de détection pour le paramètre α T entre les années 1970 et la fin des années 1990 pour les 3 départements précités. Cette représentation permet de comparer la limite de détection effective dans les analyses de l'OPRI avec les valeurs indicatrices et les limites de détection préconisées par la directive 98/83.



En décembre 1975, le Becquerel remplace le picocurie.
Dans les rapports d'analyses le passage de pc en mBq est effectif dans les années 1980 et plus exactement pour les 3 départements étudiés :

- A partir de 1982, pour le 06
- A partir de 1983, pour le 07
- A partir de 1981, pour le 13

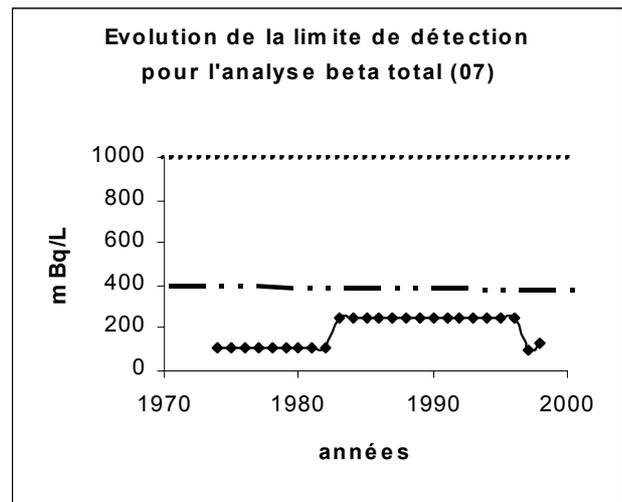
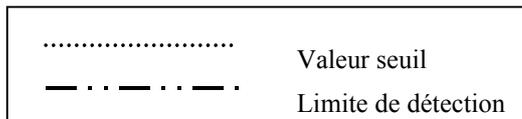
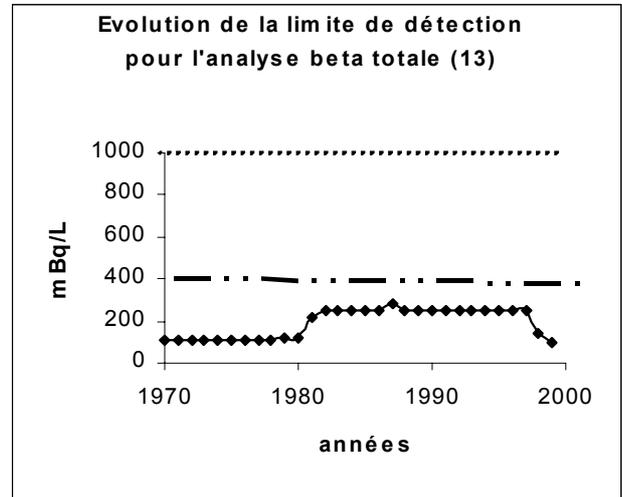
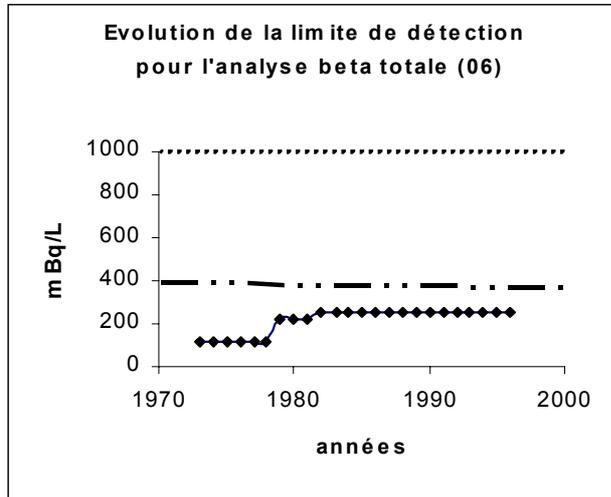
Pour réaliser les graphiques, la conversion a été effectuée avec 1Bq = 27 pc



Annexes

○ Evolution des limites de détection pour le paramètre β total

Ces graphiques qui portent sur le paramètre β total ont le même objectif que les graphiques précédents, c'est à dire mesurer l'impact de l'évolution de la limite de détection sur la faisabilité de l'exploitation des données conservées en archives.

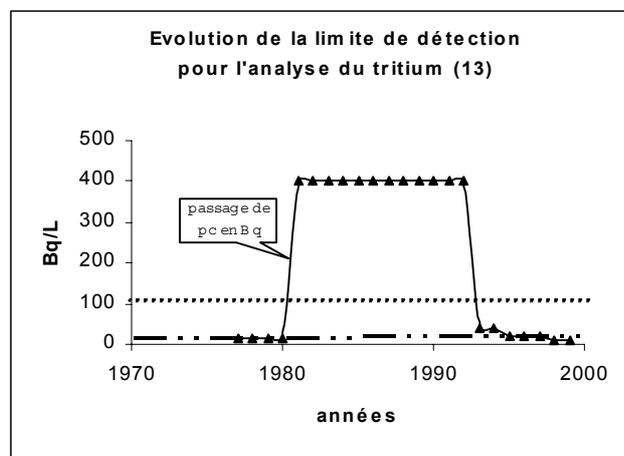
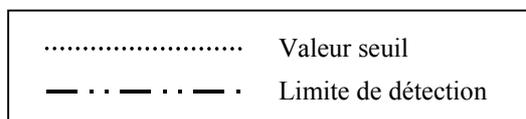
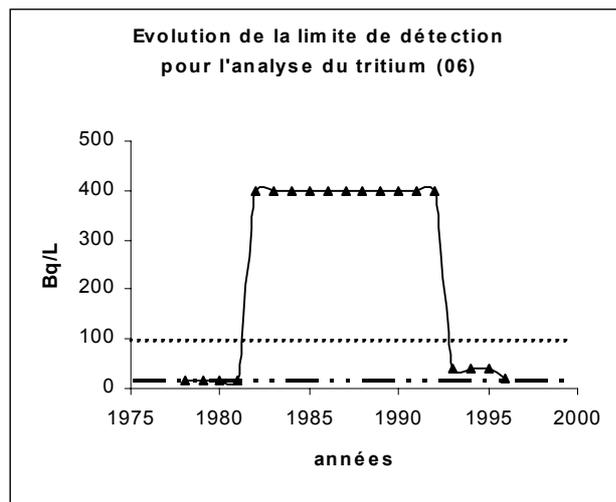
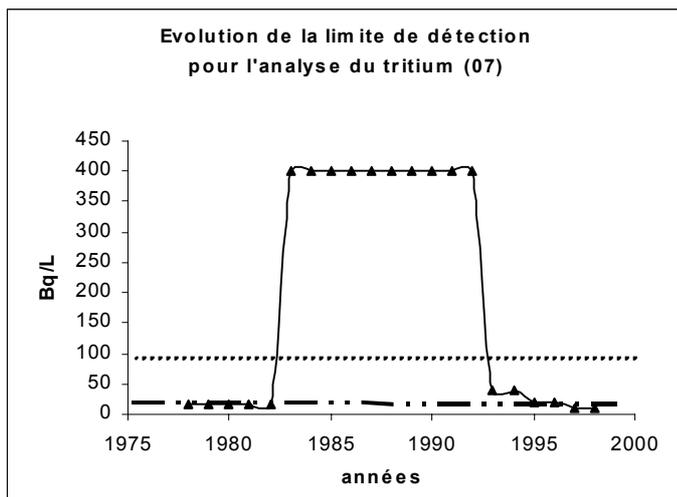


Dans le cas de l'analyse β total, les limites de détection sont inférieures non seulement aux valeurs seuils mais aussi aux limites de détection utilisées depuis les années 1970.

Les résultats sont donc plus "fiables" pour ce paramètre dans la mesure où ils correspondent aux exigences en vigueur actuellement.

ANNEXE 16

**EVOLUTION DES LIMITES DE DETECTION POUR L'ANALYSE DU TRITIUM
DEPARTEMENTS ALPES MARITIME (06), ARDECHE (07) ET BOUCHES DU RHONE (13)**



La directive 98/83 introduit une valeur seuil pour le paramètre tritium et préconise également une limites de détection. Ces valeurs sont présentées dans le tableau ci-dessous.

PARAMETRE	VALEUR SEUIL	LIMITE DE DETECTION
Tritium	100 Bq/L	10 Bq/L

ANNEXE 17

**EXPLOITATION DES RESULTATS D'ANALYSES EFFECTUEES PAR L'OPRI
ENTRE 1985 ET 2000 ET CONSERVES SOUS INFORMATIQUE.**

PARAMETRE ALPHA TOTAL		
Département	Nombre de dépassement	Valeur max. (Bq/l)
11	7	1,3
13	3	0,3
17	1	0,95
18	1	0,28
19	2	0,27
20	1	0,34
23	1	0,96
24	1	1,2
30	3	0,21
32	1	0,81
33	5	96
34	65	13
37	1	0,41
40	1	0,59
42	9	1,3
45	1	0,23
48	1	0,21
50	9	0,42
54	4	0,27
57	8	0,29
63	1	0,3
66	9	5
77	12	0,44
79	3	0,16
81	1	0,11
82	14	7,4
85	2	0,25
86	8	0,35
87	6	2,9
91	5	0,24
94	4	0,64

PARAMETRE BETA TOTAL		
Département	Nombre de dépassement	Valeur max. (Bq/l)
3	5	110
7	19	100
11	1	1,8
12	3	7,6
13	3	14
17	2	1,9
18	2	3,8
19	12	240
20	1	19
22	1	3,7
23	2	66
24	2	17
27	1	3
29	1	5,8
30	1	1,7
32	1	8
33	4	150
34	89	360
37	1	3,7
38	4	22
40	1	6,9
42	8	85
44	2	1,7
48	3	60
50	17	29
54	4	3,4
57	7	7,6
59	1	11
63	26	220
66	5	19
71	5	23
73	1	42
76	4	5,8
77	9	10
81	5	31
82	17	120
84	3	5,9
85	3	6,8
86	1	4
87	17	440
94	4	12

Annexes

PARAMETRE RADON		
Département	Nombre de dépassement	Valeur max. (Bq/l)
3	6	690
5	1	120
7	11	500
19	17	3100
20	1	130
23	4	560
33	1	1600
34	10	330
42	12	890
63	26	2200
66	5	470
71	2	680
81	3	530
82	7	1000
87	14	2400
90	1	170

PARAMETRE RADIUM 226		
Département	Nombre de dépassement	Valeur max. (Bq/l)
7	2	0,15
17	1	0,19
23	1	0,3
24	1	0,33
32	1	0,19
33	3	2,9
34	5	3
40	1	0,19
42	2	0,13
50	1	0,12
63	1	0,12
66	1	0,59
82	7	1,6
87	3	0,8
94	1	0,11

NB : *Pas de dépassement* observé sur le paramètre URANIUM pour les analyses de l'OPRI entre 1985 et 2000.

Remarque sur l'exploitation des données de l'OPRI :

Pour les exploiter, certains codes placés devant les valeurs numériques des résultats d'analyses ont du être supprimées.

Ainsi les codes "a, t, -, #" ont la signification suivante :

a ⇒ aucune activité significative ;

t ⇒ trace (mais pas chiffrable) ;

- ⇒ inférieur aux limites de détection (même signification que le a) ;

⇒ donnée non publiée dans les rapports de l'OPRI.

Les signes "a, t et #" ont été remplacé par des "-" ce qui permet de traiter de façon quantitative les résultats numériques et en regroupant enfin de liste, lors des tris les valeurs négatives (qui en pratique signifient inférieures aux limites de détection).

ANNEXE 18

PARAMETRES INDICATEURS DE LA RADIOACTIVITE
POUR LA BANQUE DE DONNEES SISE-EAUX

RADIOELEMENTS	CODE	UNITE DE MESURE	LIMITES DE DETECTION
Alpha global	a T *	Becquerel / litre	0.04 *
Bêta global	b T *	Becquerel / litre	0.4 *
Tritium	³ H *	Becquerel / litre	10 *
Carbone 14	¹⁴ C *	Becquerel / litre	20 *
Potassium 40	⁴⁰ K	Becquerel / litre	/
Cobalt 60	⁶⁰ Co *	Becquerel / litre	0.5 *
Strontium 90	⁹⁰ Sr *	Becquerel / litre	0.4 *
Iode 129	¹²⁹ I	Becquerel / litre	/
Iode 131	¹³¹ I *	Becquerel / litre	0.5 *
Césium 134	¹³⁴ Cs *	Becquerel / litre	0.5 *
Césium 137	¹³⁷ Cs *	Becquerel / litre	0.5 *
Polonium 210	²¹⁰ Po	Becquerel / litre	/
Plomb 210	²¹⁰ Pb	Becquerel / litre	/
Bismuth 214	²¹⁴ Bi	Becquerel / litre	/
Plomb 214	²¹⁴ Pb	Becquerel / litre	/
Radon 222	²²² Rn	Becquerel / litre	/
Radium 226	²²⁶ Ra *	Becquerel / litre	0.04 *
Radium 228	²²⁸ Ra	Becquerel / litre	/
Thorium 228	²²⁸ Th	Becquerel / litre	/
Thorium 230	²³⁰ Th	Becquerel / litre	/
Thorium 232	²³² Th	Becquerel / litre	/
Uranium 238	²³⁸ U	Becquerel / litre	/
Plutonium 238	²³⁸ Pu *	Becquerel / litre	0.04 *
Plutonium 239	²³⁹ Pu *	Becquerel / litre	0.06 *
Américium 241	²⁴¹ Am *	Becquerel / litre	/
Potassium	K	Milligramme / litre	/
Uranium	U *	Microgramme / litre	8 *
Thorium	Th	Microgramme / litre	/

Source : OPRI / DGS

* Radioéléments présélectionnés par la Directive 98/83 du 3 novembre 1998 ainsi que les limites de détection à respecter.

ANNEXE 19

ENQUETE AUPRES DES DDASS : RADIOACTIVITE DANS LES EAUX DE BOISSON

La directive CE 98/83 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine place, pour la première fois, la radioactivité au nombre des indicateurs à prendre en compte dans l'analyse de la potabilité. Les Etats membres doivent transcrire la directive en droit national dans un délai de deux ans à compter de la date de son entrée en vigueur, soit avant le 3 novembre 2000.

Cette nouvelle directive européenne propose deux indicateurs pour évaluer cette radioactivité

PARAMETRES	VALEUR PARAMETRIQUE	UNITE
Tritium	100	Bq/litre
Dose Totale Indicative (*)	0,10	mSv/an

(*) A l'exclusion du tritium, du potassium 40, du radon et de ses produits de désintégration

Des dispositions complémentaires sont à l'étude au plan européen. Elles devraient permettre de réintroduire les indicateurs αT et βT avec des valeurs seuils respectivement de **0.1 Bq/L** et **1 Bq/L** (recommandations OMS).

A ce sujet, pourriez répondre aux questions suivantes :

• DDASS : • Responsable :

① Possédez-vous, dans vos services des données relatives au contrôle de la radioactivité des eaux de boisson ? (eau d'adduction publique et/ ou eaux conditionnées). Si oui,

- sous quelle forme (support papier, informatique) ?

Support papier Informatique

- sur quels paramètres ?

αT βT Radionucléides spécifiques :

② Pensez-vous, au vu des ces nouveaux seuils, et notamment αT et βT , que vous aurez à gérer des dépassements des normes dans votre département ?

③ Connaissez-vous un laboratoire d'analyse dans votre département susceptible d'étendre le champ de ses analyses aux paramètres indicateurs de la radioactivité ?

④ Quelles contraintes ou difficultés l'introduction de ce nouveau paramètre est-il susceptible d'engendrer dans la gestion du contrôle sanitaire des eaux au niveau de votre département ?

⑤ Pensez-vous que les consommateurs doivent être informés des résultats des analyses de la radioactivité dans les eaux de boisson au même titre que les autres paramètres (microbiologiques, chimiques).
Quel support vous semble le plus approprié (facture d'eau, dépliant, site Internet, ...)

Merci de retourner le questionnaire par la messagerie.

En vous remerciant
Isabelle de GUIDO – stagiaire IGS – DGS – VS5.

ANNEXE 20

**TABLEAU DE SUIVI DE LA RECEPTION DES QUESTIONNAIRES
PAR MESSAGERIE INTERNE DE LA DGS OU PAR ENTRETIEN TELEPHONIQUE**

RECEPTION	DATE	DEPARTEMENT	RESPONSABLE
1	20 juin	DD973 (Guyane)	J. THIRIA
2	20 juin	DD52 (Haute Marne)	F. GUIOT
3	20 juin	DD79 (Nord)	P. HERVIER
4	20 juin	DD87 (Haute Vienne)	JEAN. JAOUEN
5	20 juin	DD95 (Val d'Oise)	C. RICOUX
6	20 juin	DD53 (Mayenne)	G. TESSIER (IES)
7	22 juin	DD22 (Côtes d'Armor)	V. GONZALEZ
8	22 juin	DD21 (Côtes d'Or)	I. GIRARD-FROSSARD
9	22 juin	DD09 (Ariège)	G. CHOISNART
10	22 juin	DD49 (Maine et Loire)	P. PEIGNER
11	22 juin	DD43 (Haute Loire)	M. CHASLES
12	23 juin	DD84 (Vaucluse)	J. RIOU
13	23 juin	DD48 (Lozère)	B. CADET
14	23 juin	DD82 (Tarn et Garonne)	JP. GAYRAUD
15	23 juin	DD35 (Ile et Vilaine)	P. BESSE
16	26 juin	DD71 (Saône et Loire)	C. TILLIER
17	26 juin	DD46 (Lot)	R. ROQUES
18	27 juin	DD47 (Lot et Garonne)	A. MEUNIER
19	27 juin	DD91 (Essonne)	G. BALLOY
20	27 juin	DD81 (Tarn)	JM. NESEN
21	27 juin	DD54 (Meurthe et Moselle)	PH. VANNIER
22	28 juin	DD33 (Gironde)	E. BERAT
23	28 juin	DD92 (Haut de Seine)	S. REY
24	30 juin	DD15 (Cantal)	R. VIGIER
25	03 juillet	DD37 (Indre et Loire)	A. GOELO
26	04 juillet	DD39 (Jura)	B. PIOT
27	04 juillet	DD23 (Creuse)	Y.DUCHEZ
28	04 juillet	DD12 (Aveyron)	J.GAYRAUD
29	04 juillet	DD67 (Bas-Rhin)	A. GUILLARD
30	04 juillet	DD50 (manche)	G. BODIN
31	05 juillet	DD2B (Haute Corse)	J. MATTEI
32	05 juillet	DD57 (Moselle)	B. JAMES
33	05 juillet	DD40 (Landes)	B.LAYLLE
34	05 juillet	DD90 (Territoire de Belfort)	N. SAUTIER
35	05 juillet	DD73 (Savoie)	M. CABAGNOLS
36	06 juillet	DD63 (Puy de Dôme)	A.BLINÉAU
37	06 juillet	DD05 (Hautes Alpes)	Y.LACHARNAY

Annexes

TABLEAU DE SUIVI DE LA RECEPTION DES QUESTIONNAIRES (SUITE)

38	06 juillet	DD62 (Pas de Calais)	S.RIBREUX
39	07 juillet	DD24 (Dordogne)	ROLLAND
40	07 juillet	DD41 (Loir et Cher)	J.COLY
41	07 juillet	DD76 (Seine Maritime)	A.GERARD
42	07 juillet	DD72 (Sarthe)	R.BARDES
43	07 juillet	DD19 (Corrèze)	M.COARRAZE
44	10 juillet	DD18 (Cher)	B.MONTAVON
45	10 juillet	DD51 (Marne)	L.CAFFET
46	10 juillet	DD08 (Ardennes)	C. ROUSSEL
47	11 juillet	DD14 (Calvados)	S.CERBOUL
48	11 juillet	DD55 (Meuse)	H.ROBERT
49	11 juillet	DD971 (Guadeloupe)	Mme CORBION
50	11 juillet	DD93 (Seine Saint Denis)	D.BANCILLON
51	12 juillet	DD58 (Nièvre)	Mme CHERUEL
52	13 juillet	DD02 (Aisne)	C.LHEUREUX
53	13 juillet	DD26 (Drôme)	M.ESMENJAUD
54	13 juillet	DD16 (Charente)	J.VIGIER et M.LIEGE
55	19 juillet	DD30 (Gars)	M.VARLOPPE
56	20 juillet	DD42 (Loire)	M.FERRAND
57	21 juillet	DD74 (Haute Savoie)	B.MERCIER
58	07 août	DD36 (Indre)	R.PARKER
59	07 août	DD86 (Vienne)	DOUCELIN / PARNAUDEAU

PROTOCOLE :

- **Envoi du questionnaire** DDASS : le 19 juin 2000 « Enquête ddass.doc »

A tous les départements (y compris 971-972-973-974)

Envoi questionnaire renommé « ddass.doc » le 20 juin (mauvaise réception messagerie)

- **Relance des DDASS** qui n'ont pas répondu le 4 juillet.

- **Réception des questionnaires** : les DDASS ont renvoyé les questionnaires entre le 20 juin et le 7 août. La majorité des questionnaires ont été retournés par la messagerie interne de la DGS mais une dizaine de DDASS ont répondu par téléphone (difficulté pour ouvrir la pièce jointe, gain de temps ou souhait de fournir plus d'explications par oral).

ANNEXE 21

LES DIFFERENTS NIVEAUX DE RECONNAISSANCE DES LABORATOIRES

① Les normes européennes

La compétence et l'impartialité des organismes certificateurs (qui comprennent les laboratoires d'analyses) sont appréciées au regard des normes internationales définies au niveau européen (série 45 000). La preuve de leur conformité aux exigences de ces normes peut être apportée après une instance d'accréditation, qui en France est le Comité Français d'Accréditation (COFRAC).

La norme EN 45003 fixe les critères généraux concernant les organismes d'accréditation des laboratoires et la norme EN 45001 fixe les critères généraux concernant le fonctionnement des laboratoires d'essais dans lesquels entrent les laboratoires d'analyse. Les critères d'accréditation du COFRAC pour les laboratoires d'analyses sont conformes à cette norme.

② L'accréditation COFRAC

Le COFRAC a été mis en place en avril 1994 par les pouvoirs publics à l'initiative de l'ensemble des opérateurs économiques, et conçu en tout point conforme aux exigences européennes et internationales. Cet organisme est constitué sous la forme d'une association régie par la loi de 1901 constitué de 4 collèges : les organismes et les laboratoires accrédités, les groupements professionnels, les utilisateurs finaux et les pouvoirs publics.

Le COFRAC a pour mission de procéder à l'accréditation de tout organisme intervenant pour l'évaluation de la conformité à un référentiel prédéfini et dans tous les domaines où une accréditation est utile. Le COFRAC permet donc d'apporter aux laboratoires et organismes qu'il accrédite la preuve de leur compétence et de leur impartialité.

Les laboratoires accrédités doivent de conformer strictement au document 1002 de la section d'essais du COFRAC intitulé « exigences à satisfaire par les laboratoires d'essais accrédités ou candidats une accréditation et modalités d'application ». Ce texte fixe des critères techniques généraux. Les exigences du document 1002 du COFRAC portent sur : l'identité juridique ; l'impartialité, l'indépendance et l'intégrité ; la gestion et l'organisation ; le personnel ; les locaux et les équipements ; les procédures de travail ; la coopération et les obligations résultant de l'accréditation.

En ce qui concerne les procédures de travail, le laboratoire doit disposer d'instructions écrites sur l'utilisation et le fonctionnement de tout matériel concerné. Il doit également mettre en œuvre un système de qualité interne correspondant au type, à l'éventail et au volume des travaux effectués. Il s'agit notamment pour le laboratoire de détecter les écarts, d'en déterminer la portée et de prendre les mesures correctives et préventives qui s'imposent. Il s'agit aussi pour les laboratoires de prévoir dans la mesure du possible une mesure d'autocontrôle de la qualité des prestations d'essais. Des techniques sont possibles : campagnes d'essais entre laboratoires, essais sur matériaux ou produits de référence, ...

Une accréditation n'est accordée qu'au terme d'opérations formalisées et rigoureuses d'évaluation tendant à démontrer objectivement que le laboratoire postulant satisfait les exigences édictées par la section essais du COFRAC. A cet effet sont missionnées des équipes d'audit chargées de procéder à l'évaluation sur site des laboratoires : discussion avec les personnels, examen de la documentation et éventuellement d'autres éléments (regard sur les essais inter laboratoires), examen des dispositions générales définissant le système qualité. Notamment, l'équipe d'audit peut demander à observer des parties d'essais ou d'analyses.

A la fin de la procédure, une convention d'accréditation est délivrée, dans un premier temps pour une durée de quatre ans et neuf mois, aux laboratoires demandeurs reconnus conformes aux critères d'accréditation. Pour s'assurer de la continuité dans le temps de leur compétence, les laboratoires accrédités sont soumis périodiquement à des audits de surveillance, des questionnaires de surveillance et des audits de renouvellement. En outre, l'organisme accrédité doit accorder le libre accès de ses laboratoires aux auditeurs COFRAC et s'il y a lieu, participer aux campagnes d'essais inter laboratoires à des fins de surveillance.

③ L'agrément ministériel

L'administration peut avoir besoin de laboratoires externes pour réaliser des essais prévus par des dispositions réglementaires. Comme n'importe quel donneur d'ordre, et en fonction de ses objectifs propres, elle définit alors ses critères de sélection. Aussi, ces laboratoires doivent-ils naturellement réaliser des analyses de qualité mais aussi répondre à des critères complémentaires : liaison informatique, permanence en situation de crise, ...

ANNEXE 22

L'AGREMENT DES LABORATOIRES DE CONTROLE SANITAIRE DE L'EAU

• LA SITUATION ACTUELLE

↳ Les modalités de l'agrément des laboratoires agréés par le ministère de la santé

▪ *Pour les eaux destinées à la consommation humaine*

La liste des laboratoires agréés pour le contrôle sanitaire de l'eau est établie sur la base des règles administratives fixées par l'arrêté du 10 août 1961 modifié par l'arrêté du 22 mai 1973. Le texte de 1961 distinguait des laboratoires de 1^{ère} et 2^{ème} catégorie en fonction du type d'analyses pouvant être effectuées. L'arrêté du 22 mai 1973 introduit une territorialité et définit leurs missions en distinguant les laboratoires départementaux, régionaux et de référence. C'est le texte qui est encore en vigueur actuellement et donc la politique repose sur les points suivants :

- Détermination d'une zone géographique par département ;
- Définition de trois catégories de laboratoires : *départementaux*, chargés d'effectuer les analyses de contrôle sanitaires de proximité. Il a été fixé un laboratoire par département (deux dans certains cas particuliers) ; *régionaux*, chargés d'effectuer des analyses de contrôle sanitaire complète et de procéder aux analyses de première adduction (eau brute) ; *de référence*, avec les mêmes attributions que les laboratoires régionaux mais chargés en outre d'intervenir en accord avec l'autorité sanitaire, en cas de difficultés techniques ou de contestations relatives à des analyses.

L'agrément des laboratoires est prononcé par arrêté du ministre chargé de la santé. Il est pris après avis du CSHPF. A cette date, le dernier arrêté de publication de la liste des laboratoires agréée date du 13 juin 1991. Il distingue :

- 5 laboratoires de référence ;
- 25 laboratoires régionaux ;
- 107 laboratoires départementaux ;

Les éléments décisionnels pris en compte pour la délivrance de l'agrément ne sont pas formalisés. De plus, il n'y a pas d'exigences vis à vis d'un contrôle de qualité interne (par le biais de la mise en place de démarche qualité), ni externe (pas d'audits). Par ailleurs le monopole géographique des laboratoires sur un territoire donné pourrait être remis en question par le ministère de l'Economie et des Finances.

▪ *Pour les eaux minérales naturelles*

L'agrément accordé par le ministère de la santé a été institué par le décret du 28 janvier 1860 modifié par le décret du 30 avril 1930.

↳ Tarifs des analyses entrant dans le cadre du contrôle sanitaire

L'article L.25.1 du code de la santé publique prévoit qu'un décret fixe les conditions dans lesquelles les responsables des unités de distribution devront rembourser les frais de contrôle sanitaire. Le décret 89-3 précise que les frais d'analyse sont supportés par l'exploitant selon des tarifs et des modalités fixés par arrêté des ministres chargés de la santé, de l'économie, de la consommation et des collectivités territoriales.

En ce qui concerne les analyses d'eau minérales, le tarif des analyses a été fixé le 8 mars 1967.

• LA NECESSITE D'UN NOUVEAU MODE D'AGREMENT

Le contrôle sanitaire de l'eau destinée à la consommation humaine est un domaine avec une pression réglementaire forte. Cette mission assurée sous l'égide de l'administration se base en grande partie sur les résultats des analyses sanitaires de l'eau qui sont effectuées par les laboratoires.

Les réglementations nationales et internationales obligent à une mise à jour du système d'agrément actuel. De même, les conditions de cet agrément sont devenues obsolètes à une époque où les exigences de qualité sont de plus en plus fortes et où le public est toujours plus exigeant en matière de sécurité sanitaire.

Annexes

↳ Les exigences réglementaires

Le décret 89-3 modifié relatif aux destinées à la consommation humaine stipule « l'analyse des échantillons d'eau [...] est réalisée par les laboratoires agréés. Un arrêté du ministre chargé de la santé, pris après avis du CSHPF, définit les conditions d'agrément du laboratoire... ». De même, la directive 98/83/CE précise dans que « chaque Etat membre veille à ce que tout laboratoire où des échantillons sont analysés dispose d'un système de contrôle qualité analytique, contrôlé de temps à autre par une personne qui ne relève pas du laboratoire en question et qui soit agréée à cet effet par l'autorité compétente.

↳ Les exigences des interlocuteurs

Les laboratoires sont soumis à des exigences de la part de nombreux interlocuteurs qu'il faut prendre en compte dans la définition des nouveaux critères d'agrément.

▪ *Au niveau décisionnel*

Les résultats des analyses conditionnent les choix faits vis à vis des distributeurs d'eau et doivent être fiables. Cette fiabilité est également indispensable lorsque les DDASS entreprennent des actions de communication telles que le bilan de la qualité des eaux d'alimentation, etc.

▪ *Au niveau des DDASS*

Depuis toujours, les laboratoires ont été davantage considérés comme des partenaires des DDASS pour la politique de santé publique plus que comme des sous-traitants. Il importe de conserver ces relations privilégiées et donc d'élaborer des règles de travail entre les services de l'Etat chargés du contrôle sanitaire des eaux d'alimentation et les laboratoires agréés.

▪ *Au niveau des consommateurs*

L'exigence en matière de sécurité sanitaire est de plus en plus forte. Chacun attend que le contrôle officiel de l'eau consommée soit efficace sur tout le territoire et en permanence avec un coût raisonnable pour la collectivité et explicite.

▪ *Au niveau des distributeurs d'eau*

Ils attendent du service qui les inspectent de la rigueur notamment pour les laboratoires engagés dans une démarche qualité. Cela passe par une fiabilité accrue (prélèvements, analyses), par une information rapide sur une situation anormale et par une impartialité vérifiable.

↳ Les contraintes géographiques et techniques

▪ *Sur le principe de l'agrément départemental*

La DGCCRF considère que le principe de l'agrément départemental « conduit à un monopole de fait peu compatible avec les règles d'une saine concurrence » et de ce fait bloque la revalorisation des tarifs d'analyse.

▪ *Sur le principe de proximité*

Certains éléments plaident en faveur de la proximité des laboratoires

- Un délai trop long entre le prélèvement et l'analyse peut conduire à des évolutions des échantillons ;
- Un transport long peut alourdir la facture finale de l'analyse ;
- La connaissance du terrain par les laboratoires est un avantage que souhaitent conserver les services déconcentrés. Ceci permet en effet de mieux cerner les gammes d'étalonnage et d'appréhender plus facilement les anomalies.

Cependant la proximité n'est pas indispensable pour tous les types d'analyse. Tous les laboratoires n'ont pas les moyens de faire des analyses nécessitant du matériel pointu. En effet, l'amortissement du matériel demande la réalisation d'un nombre relativement grand d'analyses, notamment pour les analyses les plus pointues. De plus, pour fournir des résultats fiables, les appareils doivent être utilisés régulièrement et travailler par séries.

Annexes

↳ Le choix des critères de délivrance de l'agrément

Le projet de refonte de l'agrément des laboratoires qui interviennent dans le contrôle sanitaire conduit à définir des objectifs à atteindre pour les laboratoires agréés par le ministère chargé de la santé :

- Les laboratoires agréés doivent effectuer des analyses de contrôle sanitaire précisées dans le cadre de leur agrément ;
- Les laboratoires agréés doivent apporter l'assurance de la fiabilité des résultats. Trois conditions sont nécessaires pour atteindre cet objectif :
 - Les méthodes d'analyses employées doivent correspondre aux méthodes d'analyses de référence ;
 - Un système qualité doit être mis en place afin de permettre un contrôle de qualité interne ;
 - La capacité technique du laboratoire doit être reconnue par un organisme tiers, ceci correspondant à un contrôle de qualité externe (système d'accréditation COFRAC par exemple) ;

Les moyens mis en œuvre pour atteindre cet objectif peuvent être divers : accréditation du COFRAC, mise en place d'une démarche qualité par les laboratoires, etc.

- Les laboratoires agréés doivent établir un partenariat avec les DDASS. Ils doivent notamment s'engager sur la rapidité de l'information, le respect des délais d'analyses, l'expérience dans le domaine, le compte-rendu de l'activité, l'acceptation des visites inopinées de l'administration, la permanence en cas de crise, d'urgence, la conformité dans la présentation des résultats avec les exigences des DDASS et la liaison informatique avec le ministère chargé de la santé et les services déconcentrés (DDASS et DRASS) par l'outil SISE-EAUX.
- Les laboratoires agréés doivent apporter la preuve de l'indépendance des actions menées ; l'impartialité, l'indépendance et l'intégrité font partie des critères pris en compte pour une accréditation COFRAC.
- Un objectif annexe est celui du maintien des tarifs d'analyses. Notamment si le monopole géographique des laboratoires est conservé, un plafonnement s'avère indispensable. Par ailleurs si la DDASS signe une convention avec un laboratoire sur son département en tant que donneur d'ordre, c'est l'exploitant qui ensuite va supporter le coût des analyses donc il peut être nécessaire d'uniformiser les coûts entre laboratoires.

↳ La délivrance de l'agrément et choix au niveau local

Plusieurs scénarii peuvent être envisagés :

- *Procédure entièrement gérée par l'échelon central* : c'est à dire agrément des laboratoires et limitation géographique des zones d'intervention : c'est ce qui se fait actuellement et ne pourra perdurer, essentiellement car ce système confère au laboratoire un monopole géographique.
- *Système entièrement local* : tout déconcentré ; ce système ne paraît pas possible, car il demande de la part des services déconcentrés des compétences techniques et des moyens humains qui ne sont pas disponibles ;
- *Système à deux vitesses* : agrément national et choix local selon des critères moins techniques
- *Agrément national et choix des laboratoires par l'exploitant* : cette solution permettrait de résoudre le problème de choix local et de l'indépendance et permettrait au principe de libre concurrence de s'appliquer largement cependant ceci risquerait d'entraîner d'importantes difficultés de gestion pour la DDASS, d'autant plus que souvent c'est elle qui assure les prélèvements sur le département et d'autre part ceci n'assurerait que peu de stabilité du volume des analyses affectées à un laboratoire (investissement en matériel, ...).

Un arrêté relatif aux conditions d'agrément des laboratoires pour les laboratoires de contrôle sanitaire est en cours de rédaction.

Source : Note DGS pour un avant projet d'arrêté - Agrément des laboratoires de contrôle sanitaire

ANNEXE 23

DANS QUELLE REGION TELLE DDASS SE TROUVE-T-ELLE ?

DDASS de l'Ain (01) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DDASS de l'Aisne (02) : Picardie [Amiens, chef-lieu de région]
DDASS de l'Allier (03) : Auvergne [Clermont-Ferrand, chef-lieu de région]
DDASS des Alpes-de-Haute-Provence (04) : Provence-Alpes-Côte-d'Azur [Marseille, chef-lieu de région]
DDASS des Hautes-Alpes (05) : Provence-Alpes-Côte-d'Azur [Marseille, chef-lieu de région]
DDASS des Alpes-Maritimes (06) : Provence-Alpes-Côte-d'Azur [Marseille, chef-lieu de région]
DDASS de l'Ardèche (07) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DDASS des Ardennes (08) : Champagne-Ardenne [Chalons en Champagne, chef-lieu de région]
DDASS de l'Ariège (09) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS de l'Aube (10) : Champagne-Ardenne [Chalons en Champagne, chef-lieu de région]
DDASS de l'Aude (11) : Languedoc-Roussillon [Montpellier, chef-lieu de région]
DDASS de l'Aveyron (12) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS des Bouches-du-Rhône (13) : Provence-Alpes-Côte-d'Azur [Marseille, chef-lieu de région]
DDASS du Calvados (14) : Basse-Normandie [Caen, chef-lieu de région]
DDASS du Cantal (15) : Auvergne [Clermont-Ferrand, chef-lieu de région]
DDASS de la Charente (16) : Poitou-Charentes [Poitiers, chef-lieu de région]
DDASS de la Charente Maritime (17) : Poitou-Charentes [Poitiers, chef-lieu de région]
DDASS du Cher (18) : Centre [Orléans, chef-lieu de région]
DDASS de la Corrèze (19) : Limousin [Limoges, chef-lieu de région]
DDASS de la Haute-Corse (2B) : Corse
DDASS de la Côte D'Or (21) : Bourgogne [Dijon, chef-lieu de région]
DDASS des Côtes-d'Armor (22) : Bretagne [Rennes, chef-lieu de région]
DDASS de la Creuse (23) : Limousin [Limoges, chef-lieu de région]
DDASS de la Dordogne (24) : Aquitaine [Bordeaux, chef-lieu de région]
DDASS du Doubs (25) : Franche-Comté [Besançon, chef-lieu de région]
DDASS de la Drôme (26) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DDASS de l'Eure (27) : Haute-Normandie [Rouen, chef-lieu de région]
DDASS de l'Eure-et-Loir (28) : Centre [Orléans, chef-lieu de région]
DDASS du Finistère (29) : Bretagne [Rennes, chef-lieu de région]
DDASS du Gard (30) : Languedoc-Roussillon [Montpellier, chef-lieu de région]
DDASS de la Haute-Garonne (31) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS du Gers (32) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS de la Gironde (33) : Aquitaine [Bordeaux, chef-lieu de région]
DDASS de l'Hérault (34) : Languedoc-Roussillon [Montpellier, chef-lieu de région]
DDASS de l'Ille-et-Vilaine (35) : Bretagne [Rennes, chef-lieu de région]
DDASS de l'Indre (36) : Centre [Orléans, chef-lieu de région]
DDASS de l'Indre-et-Loire (37) : Centre [Orléans, chef-lieu de région]
DDASS de l'Isère (38) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DDASS du Jura (39) : Franche-Comté [Besançon, chef-lieu de région]
DDASS des Landes (40) : Aquitaine [Bordeaux, chef-lieu de région]
DDASS du Loir-et-Cher (41) : Centre [Orléans, chef-lieu de région]
DDASS de la Loire (42) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DDASS de la Haute-Loire (43) : Auvergne [Clermont-Ferrand, chef-lieu de région]
DDASS de la Loire-Atlantique (44) : Pays de la Loire [Nantes, chef-lieu de région]
DDASS du Loiret (45) : Centre [Orléans, chef-lieu de région]
DDASS du Lot (46) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS du Lot-et-Garonne (47) : Aquitaine [Bordeaux, chef-lieu de région]
DDASS de la Lozère (48) : Languedoc-Roussillon [Montpellier, chef-lieu de région]
DDASS du Maine-et-Loire (49) : Pays de la Loire [Nantes, chef-lieu de région]
DDASS de la Manche (50) : Basse-Normandie [Caen, chef-lieu de région]

DANS QUELLE REGION TELLE DDASS SE TROUVE-T-ELLE ? (SUITE)

DDASS de la Marne (51) : Champagne-Ardenne [Chalons en Champagne, chef-lieu de région]
DDASS de la Haute-Marne (52) : Champagne-Ardenne [Chalons en Champagne, chef-lieu de région]
DDASS de la Mayenne (53) : Pays de la Loire [Nantes, chef-lieu de région]
DDASS de la Meurthe-et-Moselle (54) : Lorraine [Metz ; Nancy]
DDASS de la Meuse (55) : Lorraine [Metz ; Nancy]
DDASS du Morbihan (56) : Bretagne [Rennes, chef-lieu de région]
DDASS de la Moselle (57) : Lorraine [Metz ; Nancy]
DDASS de la Nièvre (58) : Bourgogne [Dijon, chef-lieu de région]
DDASS du Nord (59) : Nord-Pas-de-Calais [Lille, chef-lieu de région]
DDASS de l'Oise (60) : Picardie [Amiens, chef-lieu de région]
DDASS de l'Orne (61) : Basse-Normandie [Caen, chef-lieu de région]
DDASS du Pas-de-Calais (62) : Nord-Pas-de-Calais [Lille, chef-lieu de région]
DDASS du Puy de Dôme (63) : Auvergne [Clermont-Ferrand, chef-lieu de région]
DDASS des Pyrénées-Atlantiques (64) : Aquitaine [Bordeaux, chef-lieu de région]
DDASS des Hautes-Pyrénées (65) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS des Pyrénées-Orientales (66) : Languedoc-Roussillon [Montpellier, chef-lieu de région]
DDASS du Bas-Rhin (67) : Alsace [Strasbourg, chef-lieu de région]
DDASS du Haut-Rhin (68) : Alsace [Strasbourg, chef-lieu de région]
DDASS du Rhône (69) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DDASS de la Haute-Saône (70) : Franche-Comté [Besançon, chef-lieu de région]
DDASS de la Saône-et-Loire (71) : Bourgogne [Dijon, chef-lieu de région]
DDASS de la Sarthe (72) : Pays de la Loire [Nantes, chef-lieu de région]
DDASS de la Savoie (73) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DDASS de la Haute-Savoie (74) : Rhône-Alpes [Lyon, chef-lieu de région]
DASS de Paris (75) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS de la Seine-Maritime (76) : Haute-Normandie [Rouen, chef-lieu de région]
DDASS de la Seine-et-Marne (77) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS des Yvelines (78) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS des Deux-Sèvres (79) : Poitou-Charentes [Poitiers, chef-lieu de région]
DDASS de la Somme (80) : Picardie [Amiens, chef-lieu de région]
DDASS du Tarn (81) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS du Tarn-et-Garonne (82) : Midi-Pyrénées [Toulouse, chef-lieu de région]
DDASS du Var (83) : Provence-Alpes-Côte-d'Azur [Marseille, chef-lieu de région]
DDASS du Vaucluse (84) : Provence-Alpes-Côte-d'Azur [Marseille, chef-lieu de région]
DDASS de la Vendée (85) : Pays de la Loire [Nantes, chef-lieu de région]
DDASS de la Vienne (86) : Poitou-Charentes [Poitiers, chef-lieu de région]
DDASS de la Haute-Vienne (87) : Limousin [Limoges, chef-lieu de région]
DDASS des Vosges (88) : Lorraine [Metz ; Nancy]
DDASS de l'Yonne (89) : Bourgogne [Dijon, chef-lieu de région]
DDASS du Territoire de Belfort (90) : Franche-Comté [Besançon, chef-lieu de région]
DDASS de l'Essonne (91) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS des Hauts-de-Seine (92) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS de la Seine-Saint-Denis (93) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS du Val-de-Marne (94) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS du Val-d'Oise (95) : Ile-de-France [Paris, chef-lieu de région]
DDASS de la Guadeloupe (971) : D.O.M.
DDASS de la Martinique (972) : D.O.M.
DDASS de la Guyane (973) : D.O.M.
DDASS de la Réunion (974) : D.O.M.
DDASS de Saint-Pierre-et-Miquelon (975) : D.O.M.
DDASS de Mayotte (976) : D.O.M.
DDASS de Nouvelle Calédonie (977) : D.O.M.

ANNEXE 24

**ÉVALUATION DU COUT DES ANALYSES DE LA RADIOACTIVITE
DANS LES EAUX DE CONSOMMATION**

Nombres et pourcentages d'installations par tranche de population

Nombre d'habitants	Nombre d'installations	% d'installations
0-100	9180	61.5
100-500	7319	
500-2000	5651	36
2000-5000	2587	
5000-10 000	1139	
10 000-15 000	339	
15 000-20 000	176	1.5
20 000-30 000	166	
30 000-50 000	136	1
50 000-100 000	75	
> 100 000	60	

Source : données extraites de la base nationale SISE-EAUX

Fréquences annuelles d'analyses selon la population desservie par le réseau

Population desservie	Débit m ³ /j	Analyse de type P1
0 à 50 habitants	0-10	0.1 / 0.2
50 à 499 habitants	10-99	0.2 / 0.5
500 à 1999 habitants	100-399	1 / 0.5
2 000 à 4 999 habitants	400-999	1
5 000 à 14 999 habitants	1 000-2 999	1
15 000 à 29 999 habitants	3 000-5 999	2
30 000 à 99 999 habitants	6 000-19 999	3
100 000 à 149 999 habitants	20 000-29 999	4
150 000 à 199 999 habitants	30 000-39 999	5
200 000 à 199 999 habitants	40 000-59 999	6
300 000 à 499 999 habitants	60 000-99 999	8
500 000 à 625 000 habitants	100 000-125 000	11
> 625 000	> 125 000	12

Source : DGS / projet de décret 89.3 (version n°11 du 26 juin 2000).

Annexes

ANNEXE 24 (Suite)

Estimation des coûts pour les analyses des paramètres globaux (sans séparation chimique préalable)

Nombre d'habitants	Nombre d'installations	Débit m3/j	Nb P1	Coût annuel / installation	coût total
0-500	16499	0-99	0	0	0
500-2000	5651	100-399	1	600	3 390 600
2000-5000	2587	400-999	1	600	1 552 200
5000-15 000	1478	1 000-2 999	1	600	886 800
15 000-30 000	342	3 000-5 999	2	1200	410 400
30 000-100 000	211	6 000-19 999	3	1800	379 800
> 100 000	60	20 000- >125 000	4 à 12	2 400 à 7 200	144 000 à 432 000
TOTAL	26828	/	11 à 19	7 200 à 12 000	6 763 800 à 7 051 800

Estimation des coûts pour les analyses des radionucléides (après séparation chimique)

- Selon les prix fixés par le décret du 21 décembre 1992 (340 F.HT.)

Nombre d'habitants	% des installations avec dépassement	Débit m3/j	Nb P1	Coût annuel / installation	coût total (coût annuel * nb installations)
0-500	1649,9	0-99	0	0	0
500-2000	565,1	100-399	1	500	282550
2000-5000	258,7	400-999	1	500	129350
5000-15 000	147,8	1 000-2 999	1	500	73900
15 000-30 000	34,2	3 000-5 999	2	1000	34200
30 000-100 000	21,1	6 000-19 999	3	1500	31650
> 100 000	6	20 000->125 000	4 à 12	2000 à 6000	12 000 à 36 000
TOTAL	2682,8		12 à 20	6 000 à 10 000	563 650 à 587 650

- Selon le coût estimé rentable pour un laboratoire (20 000 F. HT.)

Nombre d'habitants	% des installations avec dépassement	Débit m3/j	Nb P1	Coût annuel / installation	coût total (coût annuel * nb installations)
0-500	1649,9	0-99	0	0	0
500-2000	565,1	100-399	1	20000	11302000
2000-5000	258,7	400-999	1	20000	5174000
5000-15 000	147,8	1 000-2 999	1	20000	2956000
15 000-30 000	34,2	3 000-5 999	2	40000	1368000
30 000-100 000	21,1	6 000-19 999	3	60000	1266000
> 100 000	6	20 000->125 000	4 à 12	80000 à 240 000	480 000 à 1 440 000
TOTAL	2682,8		12 à 20	240 000 à 400 000	22 546 000 à 23 506 000

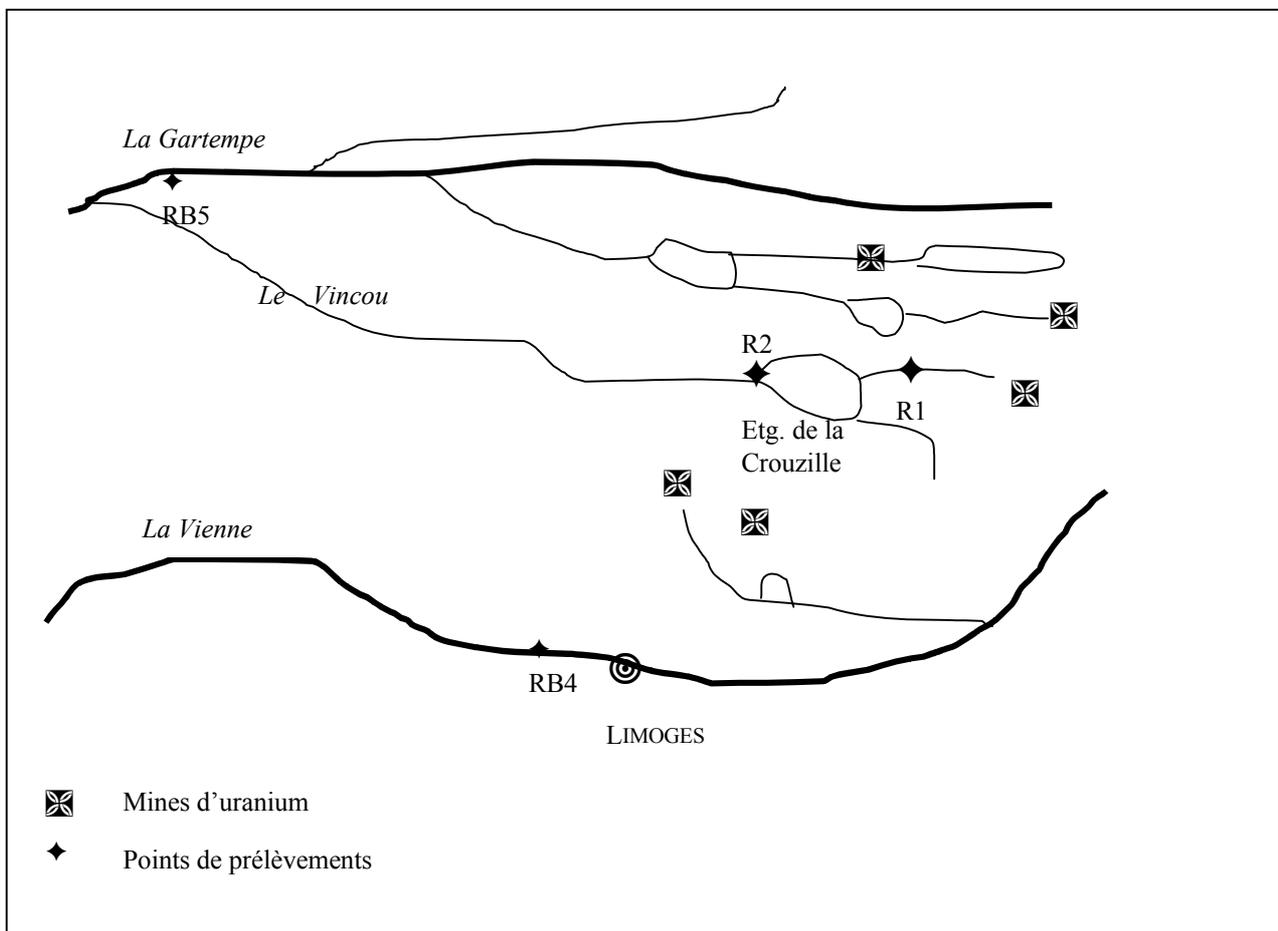
ANNEXE 25

**LA RADIOACTIVITE NATURELLE RENFORCEE :
L'EXEMPLE DE LA HAUTE VIENNE**

↳ La présence de mines d'uranium : exemple de l'étang de la Crouzille

Le département de la Haute Vienne (87) présente la particularité de posséder des mines uranifères actuellement en fin d'exploitation. L'exemple de l'étang de la Crouzille situé au nord de Limoges permet d'illustrer cette particularité. Plusieurs mines d'uranium en fin d'exploitation sont situées à proximité de l'étang. Cependant aucun rejet des eaux d'exhaure des mines n'est aujourd'hui enregistré.

L'étude a porté plus particulièrement sur les points R1 et R2 situés respectivement en amont et en aval de l'étang de l'étang de la Crouzille.



Une surveillance régulière (fréquence de prélèvement mensuelle) est effectuée sur les paramètres αT , βT , potassium, radium et uranium.

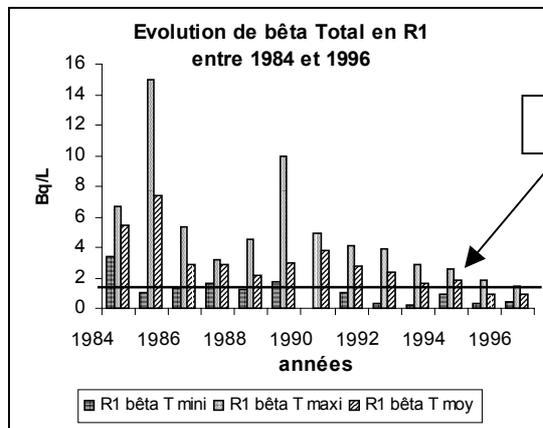
Un bilan de 1984 à 1996 permet de considérer l'évolution du niveau de radioactivité des eaux au niveau de ces deux points pour deux de ces paramètres : activité bêta totale et radium 226.

Annexes

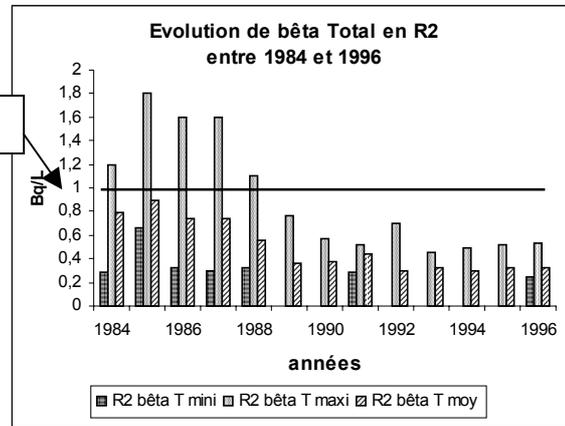
○ Etude de deux points de prélèvement d'eau brute en entrée et sortie de l'étang

Le point R1 se situe en entrée de l'étang de Cruzille, le point R2 en sortie.

- Pour le paramètre Bêta total



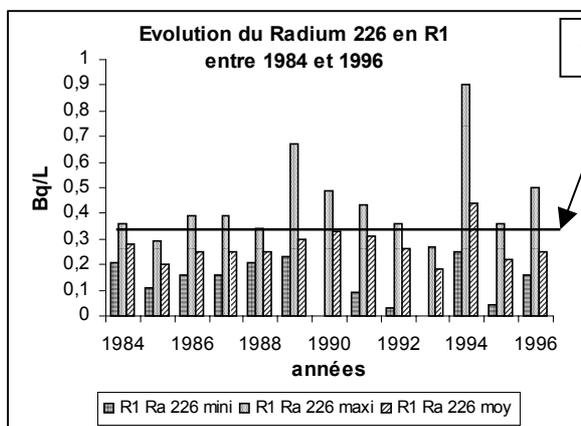
Point R1 : entrée de l'étang



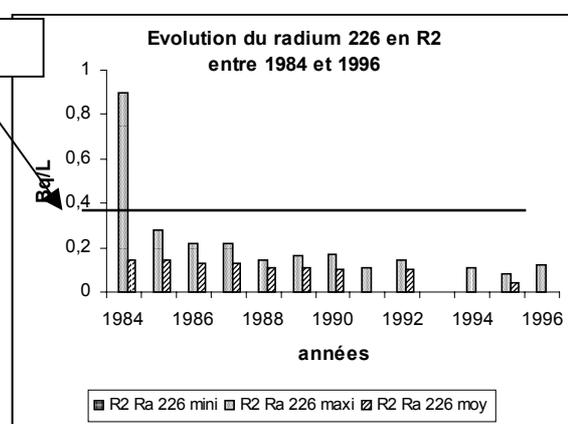
Point R2 : sortie de l'étang

Pour les eaux destinées à la consommation humaine, la directive 98/83 recommande la valeur de 1Bq/l comme indicateur de l'activité β global.

- Pour le paramètre Radium 226



Point R1 : entrée de l'étang



Point R2 : sortie de l'étang

Le calcul de la Dose Totale Indicative est préconisé lorsqu'un des radionucléides dépasse 20% de la valeur de référence, avec comme valeur de référence, pour les eaux destinées à la consommation humaine :

Pour le radium 226 : 0.5 Bq/l (20% de 0.5Bq/l = 0.1Bq/l)

Remarque : actuellement, la directive 98/83 n'étant pas encore transposée en droit français, l'ancienne norme est encore en vigueur. Elle correspond à une valeur seuil de 10pc soit 0.37Bq/l et conduit à une LAI de 7 Bq/l.

Annexes

○ Commentaires sur les niveaux de radioactivité constatée en entrée et sortie de l'étang

Tout d'abord il est important de rappeler que les analyses en R1 et R2 ont été effectuées sur des prélèvements d'une eau brute avant traitement alors que les valeurs seuils de la directive s'applique à l'eau destinée à la consommation humaine.

La comparaison des résultats d'analyse avec les normes doit donc servir de "point de repère" pour juger globalement de la qualité de l'eau brute. Cette eau brute est prélevée par la ville de Limoges pour alimenter la station de traitement d'eau potable.

La représentation graphique des résultats de mesures à l'entrée de l'étang (R1) montre que les valeurs indicatrices de la directive sont dépassées la plupart du temps pour les valeurs moyennes (et donc maximales) aussi bien pour l'activité bêta totale que pour le radium 226.

Il a été souligné en introduction qu'aucun rejet des mines d'uranium n'était identifié dans l'étang. Pour expliquer ce niveau relativement élevé de radioactivité en R1, il faut prendre en compte plusieurs hypothèses interdépendantes :

↳ La possibilité de suintement d'eau en provenance des mines et donc riches en uranium et radium 226 son descendant. Cette possibilité est d'autant plus envisageable que les mines étant fermées, l'eau est remontée à l'intérieur et peut s'être enrichie en uranium avant de suinter vers le lac constituant ainsi des rejets non identifiés.

↳ Le travail effectué dans les mines sur les roches et qui a conduit à une augmentation de la solubilité des minéraux ; ceux ci se dissolvant plus facilement dans les eaux de source du secteur par la suite.

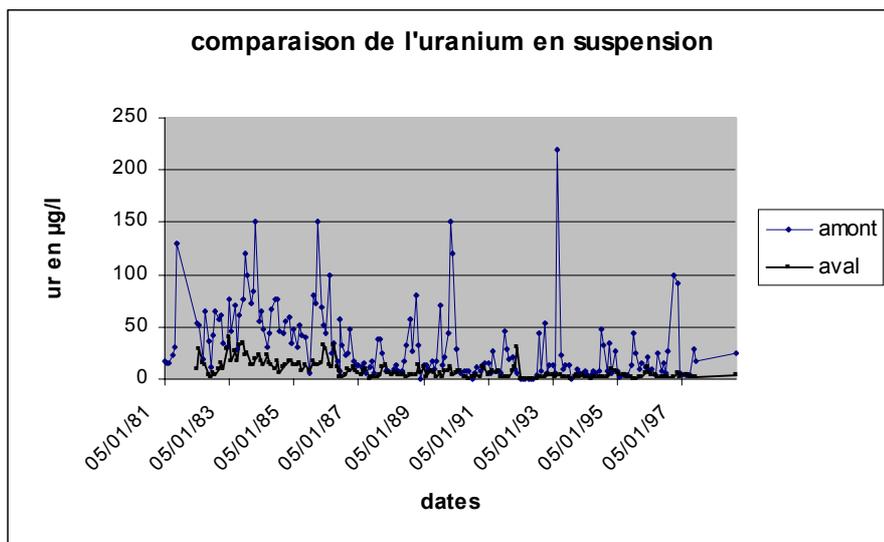
↳ Il faut enfin souligner que le secteur de Fanay où se trouve l'étang est un massif particulièrement riche en uranium naturel et le niveau relativement élevé de radioactivité de l'eau de l'étang peut être du à ces rayonnements naturels sans que la présence de la mine et l'activité qui y régnait n'aient directement participées à élever la radioactivité de l'eau de l'étang.

○ Commentaires sur les différences constatées entre l'entrée et la sortie de l'étang

Les résultats des analyses aux points R1 et R2 montrent une nette diminution de la radioactivité entre l'entrée de l'étang (R1) et la sortie (R2). Plusieurs explications peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène :

↳ La dilution : l'étang est approvisionné par trois ruisseaux d'alimentation.

↳ La décantation : les boues concentrent les radionucléides au fond de l'étang. Ces boues peuvent en effet présenter des niveaux de radioactivité élevés (supérieurs à 20 000 Bq/kg de matière sèche soit 10 à 20 fois plus que le bruit de fond). Le schéma ci-dessous compare la teneur en uranium en suspension en amont et en aval de l'étang. On constate une teneur en uranium nettement supérieure à l'entrée de l'étang ce qui confirme l'hypothèse d'une décantation avec formation de boues.



Annexes

Une étude est en cours à ce sujet associant la faculté de Limoges, l'OPRI et la DDASS 87. Elle a pour objectif de quantifier la teneur en uranium présent dans le fond de l'étang. Elle doit se dérouler en trois étapes :

- Prélèvements de sédiments ;
- Etude de diffusion de la radioactivité dans l'eau ;
- Interrogation des autorités sanitaires (DGS) pour décider de la conduite à tenir.

Plusieurs questions se posent en effet et notamment :

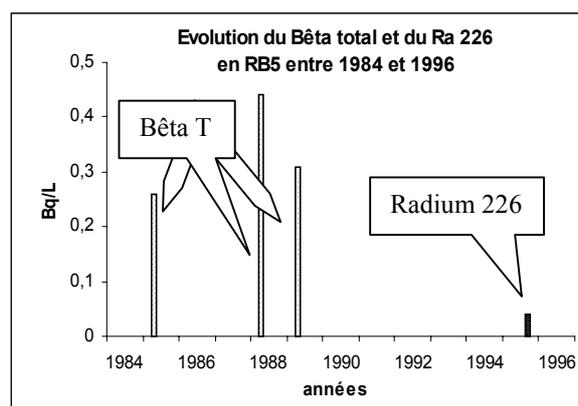
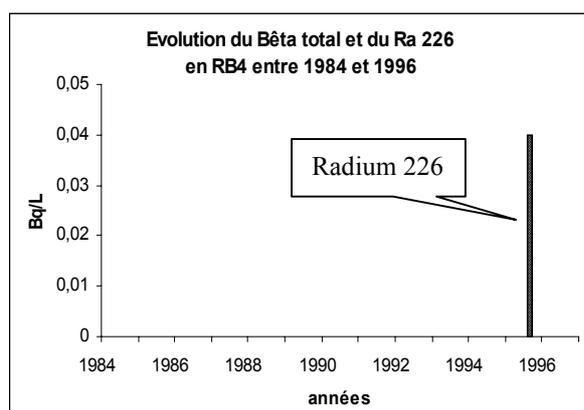
- Quelle est la nature de ces sédiments et sont-ils susceptibles de relarguer la radioactivité accumulée ?
- Quel doit être le devenir de ces boues et quelles peuvent être leurs conséquences sur la station de traitement de l'eau potable et donc sur la qualité de l'eau potable ?
- Leur présence peut-elle conduire à un dépassement des normes ?
- Cette retenue peut-elle continuer à alimenter Limoges en eau potable sans présenter de risque sanitaire ?

L'étude en est actuellement à la première phase et devrait permettre de faciliter la prise de décision sur ce sujet.

☉ La prise de décision devant se faire sur des résultats fiables et exploitables, il est nécessaire de consacrer un temps suffisant à cette étude. C'est pourquoi l'ensemble des résultats et les avis de la DGS ne pourront être connus avant la **fin du deuxième semestre 2001**.

○ Comparaison eau brute et eau traitée

Lorsque l'on considère les résultats sur deux points de prélèvement d'une eau après traitement (eau potable de Limoges et du syndicat de la Gartempe), les valeurs ne sont que très rarement au dessus des limites de détection et n'ont jamais dépassé les valeurs seuils indicatrices entre 1984 et 1996 pour les paramètres bêta total et radium 226.



Il faut cependant souligner que ces deux points de prélèvement eau potable sont beaucoup plus éloignés des mines d'uranium que les points R1 et R2 précédemment considérés.

Pour expliquer la différence entre les niveaux de radioactivité entre les points R1/R2 (eau brute) et RB4/RB5 (eau traitée), plusieurs aspects doivent être pris en compte :

- La diminution du niveau de radioactivité grâce au traitement de l'eau. En effet, l'abatement en matière en suspension permet de diminuer la teneur en radium 226 de façon non négligeable. Et sur les résultats des analyses des eaux traitées, la radioactivité reste basse.
- Les points de prélèvement eau potable sont plus éloignés des mines d'uranium que les points de prélèvements eau brute.

Deux aspects apparaissent donc au niveau de la gestion du risque :

- *Au niveau de l'eau destinée à la consommation humaine*, les normes en place doivent être respectées pour assurer la distribution d'une eau potable ;
- *Au niveau de l'eau brute*, il s'agit d'avantage d'une stratégie de gestion de la qualité de la ressource. Il s'agira notamment d'évaluer l'efficacité de la filière de traitement vis à vis des paramètres indicateurs du niveau de radioactivité et d'évaluer l'opportunité d'un mélange entre des eaux de nature et de provenance différentes afin de pouvoir répondre aux exigences de qualité relatives aux eaux destinées à la consommation humaine.

ANNEXE 26

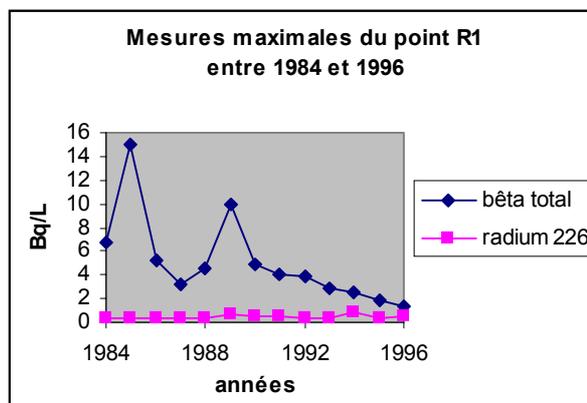
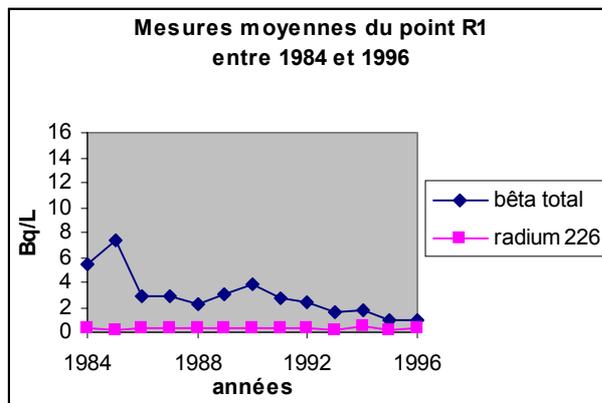
RESULTATS DU SUIVI DU TAUX DE RADIOACTIVITE EN ENTREE ET SORTIE DE L'ETANG DE LA CROUZILLE ENTRE 1984 ET 1996 SUR DEUX PARAMETRES.

● **POINT R1** : ENTREE DE L'ETANG

Tableau des relevées de mesure pour le point R1

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
R1 bêta total (Bq/L)	mini	3,4	1	1,3	1,6	1,2	1,7	aas	1	0,33	0,25	0,9	0,27	0,45
	maxi	6,7	15	5,3	3,2	4,5	10	4,9	4,1	3,9	2,9	2,6	1,8	1,4
	moyenne	5,4	7,4	2,9	2,9	2,2	3	3,8	2,8	2,4	1,6	1,8	0,96	0,95
R1 radium 226 (Bq/L)	mini	0,21	0,11	0,16	0,16	0,21	0,23	aas	0,09	0,03	aas	0,25	0,04	0,16
	maxi	0,36	0,29	0,39	0,39	0,34	0,67	0,49	0,43	0,36	0,27	0,9	0,36	0,5
	moyenne	0,28	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,33	0,31	0,26	0,18	0,44	0,22	0,25

Graphiques d'évolution des mesures en R1 pour les valeurs moyennes et maximales



● **POINT R2** : SORTIE DE L'ETANG

Tableau des relevées de mesure pour le point R2

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
R2 bêta total (Bq/L)	mini	0,28	0,66	0,33	0,3	0,33	<s	<s	0,29	<s	<s	aas	aas	0,25
	maxi	1,2	1,8	1,6	1,6	1,1	0,76	0,57	0,52	0,7	0,45	0,5	0,52	0,53
	moyenne	0,79	0,89	0,74	0,74	0,56	0,37	0,38	0,44	0,3	0,33	0,3	0,32	0,33
R2 radium 226 (Bq/L)	mini	<s	<s	<s	aas	<s	<s	aas						
	maxi	0,9	0,28	0,22	0,22	0,14	0,16	0,17	0,11	0,14	<s	0,11	0,08	0,12
	moyenne	0,14	0,14	0,13	0,13	0,11	0,11	0,1	<s	0,1	<s	<s	0,04	<s

ANNEXE 26 (SUITE)

RESULTATS DU SUIVI DU TAUX DE RADIOACTIVITE SUR DEUX POINTS DE PRELEVEMENT
D'EAU POTABLE ENTRE 1984 ET 1996 SUR DEUX PARAMETRES.● **POINT RB4** : EAU POTABLE

Tableau des relevées de mesure pour le point RB4

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
RB4 bêta total (Bq/L)	mini	aas												
	maxi	<s	<s	<s	<s	<s	aas	<s	<s	aas	aas	aas	aas	<s
	moyenne	<s	<s	<s	<s	<s	aas	<s	<s	aas	aas	aas	aas	<s
RB4 radium 226	mini	aas												
	maxi	<s	<s	<s	aas	aas	<s	aas	<s	aas	<s	<s	0,04	<s
	moyenne	<s	<s	<s	aas	aas	<s	aas	<s	aas	<s	<s	<s	<s

● **POINT RB5** : EAU POTABLE

Tableau des relevées de mesure pour le point RB5

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
RB5 bêta total (Bq/L)	mini	aas	<s	aas	aas	aas	aas	<s	aas	aas	aas	aas	aas	aas
	maxi	<s	0,26	<s	<s	0,44	0,31	<s	<s	<s	<s	aas	aas	<s
	moyenne	<s	aas	aas	<s									
RB5 radium 226	mini	aas												
	maxi	aas	<s	<s	aas	aas	<s	aas	aas	aas	aas	aas	0,04	<s
	moyenne	aas	<s	<s	aas	aas	<s	aas	aas	aas	aas	aas	<s	<s

Remarque sur l'expression des limites de détection

Jusqu'en septembre 1996, les seuils de mesure fournis par l'OPRI étaient fixes ($s=0.25\text{Bq/L}$). Depuis octobre 1996 ces valeurs ne sont plus précisées : les seuils de mesure pouvant être variables en fonction de la nature de l'échantillon analysé (prise d'essai, minéralisation de l'eau etc.), ceux ci apparaissent dans les colonnes résultats en remplacement de la mention "aas".

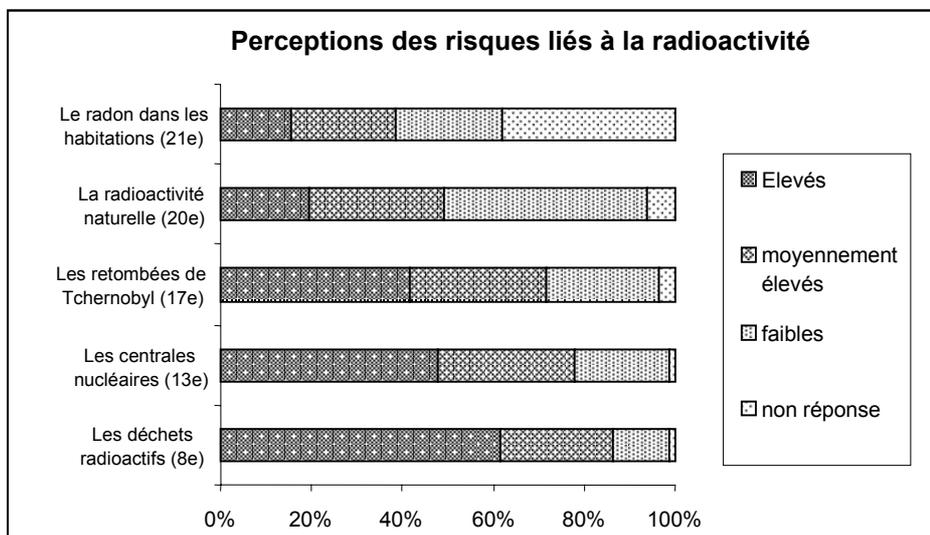
Pour réaliser les graphiques du rapport, les mentions "aas" et "<s" ont été remplacées par des 0.

ANNEXE 27

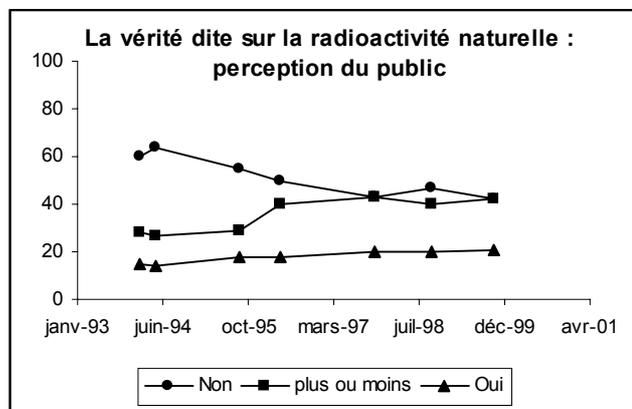
PERCEPTION DE LA RADIOACTIVITE NATURELLE PAR LE PUBLIC

Le sondage a été réalisé en octobre 1999 par l'institut BVA à la demande de l'IPSN sur un échantillon de 1015 personnes représentatif de la population française de 18 ans.

En réponse à la question "*considérez-vous que les risques pour les français sont élevés, moyennement élevés ou faibles dans les 21 domaines suivants*", on obtient pour les risques concernant le nucléaires les réponses suivantes :



On pourra également noter qu'à la question : "*Estimez-vous que l'on dit la vérité sur les dangers que représente la radioactivité naturelle pour la population ?*", une majorité de la population répond par la négative, plus exactement 39% répondent non et 32.1% plus ou moins. Au cours des trois dernières années on peut noter une légère remontée de la confiance vis à vis de ce paramètre.



ANNEXE 28

QUESTIONNAIRE : LA RADIOACTIVITE NATURELLE DANS LES EAUX DE CONSOMMATION

● **Informations préalables**

Date 2000

○ Tranche d'âge

18 - 29 ans 30 - 59 ans > 60 ans

○ Lieu de résidence principale

Ile de France Bretagne Massif central
Autres Précisez :

● **Cinq questions sur la radioactivité dans les eaux de consommation...**

○ Quels types de paramètres sont mesurés dans les eaux destinées à la consommation ?

Physiques Biologiques Radiologiques

○ Saviez vous que la radioactivité était un paramètre susceptible d'être mesuré ?

Oui Non

○ D'où provient selon vous cette radioactivité ? (A classer par ordre d'importance décroissante)

Centrales nucléaires Naturelle
Autres Précisez :

○ Souhaiteriez vous connaître le niveau de radioactivité présent dans les eaux que vous buvez ?

Oui Non

○ Si oui, avec quel type de support l'information devrait elle être diffusée ?

● **Pour les eaux embouteillées**

Etiquettes Dépliant N° vert

Autres Précisez :

● **Pour les eaux du réseau**

Facture eau Dépliant N° vert

Site Internet DDASS Mairie

Autres Précisez :

Fin des annexes

DEFINITIONS

Actinides	Désignent les éléments chimiques plus lourds que l'actinium. Quatre d'entre eux existent à l'état naturel (actinium, thorium, proactinium, uranium). Ils sont en général émetteurs de particules alpha..
Activité	Nombre de désintégration par unité de temps. L'unité d'activité est le becquerel.
Alpha (α)	Noyaux d'hélium 4, fortement ionisants mais très peu pénétrants. Une feuille de papier arrête leur propagation.
Atome	Constituant élémentaire de la matière
Becquerel (Bq)	Unité d'activité égale à une désintégration par seconde, remplace le curie qui est égale à 37 milliards de désintégrations par seconde.
Bêta (β)	Electrons de charge négative ou positive. Quelques mètres d'air ou une feuille d'aluminium les arrêtent.
Contamination interne	Présence à l'intérieur de l'organisme d'éléments radioactifs fixés temporairement dans différents organes ou tissus.
Curie (Ci)	ancienne unité de mesure de la radioactivité 1Ci = 37 milliards de Bq
Débit de dose absorbée	Dose absorbée divisée par le temps pendant lequel l'exposition a été subie
Débit d'Equivalent de Dose	Equivalent de dose divisé par le temps pendant lequel il a été subi
Dose (1) absorbée	Quantité d'énergie par unité de masse cédée à la matière par un rayonnement. Elle s'exprime en grays (Gy).
Dose (2) équivalente	Dans les organismes vivants, les effets biologiques produits par une même dose absorbée sont différents selon la nature des rayonnements et leur énergie. Pour tenir compte de ces différences, on utilise un facteur multiplicatif de la dose absorbée, "facteur de pondération biologique", qui permet de calculer une "dose équivalente". Cette grandeur exprime de façon comparable les effets des différents rayonnements ionisants. Elle s'exprime en sievert (Sv).
Dose (3) efficace	La dose efficace est la somme des doses équivalentes pondérées par un "facteur de pondération tissulaire" qui permet d'exprimer la différences de radiosensibilité des organes au risque de cancer. Elle s'exprime en sievert (Sv) et doit être considérée comme une grandeur "ayant une équivalence en impact sanitaire" : à une même dose efficace est supposée correspondre un impact sanitaire équivalent. Les limites de doses efficaces sont fixées par la directive 96/29 Euratom : 1 mSv pour le public.
Dose (4) engagée	C'est la somme sur un intervalle de temps donnée, des doses reçues par un individu à la suite de l'incorporation de matière radioactive. Si l'intervalle de temps n'est pas spécifié, il est implicitement de 50 ans pour un adulte et de la durée séparant l'incorporation de l'âge de 70 ans pour un enfant.
Effets aléatoires	Catégories d'effets des rayonnements sur les organismes vivants apparaissent de façon aléatoire dans une population irradiée.
Effets non aléatoires	Effets des rayonnements sur les organismes vivants apparaissant chez tout individu ayant subi une irradiation dépassant un certain seuil.
Effets stochastiques	Synonyme d'effet aléatoire
Electron	Particule élémentaire constitutive des atomes, de charge électrique négative, gravitant autour des noyaux de l'atome.
Elément radioactif	Elément dont le noyau instable se désintègre.
Equivalent de dose	Grandeur permettant de chiffrer le dégât biologique provoqué par les rayonnements
Equivalent de Dose Efficace	Equivalent de dose pondéré d'un facteur WT qui tient compte de la radiosensibilité différente des différents organe set tissus. Donne une mesure du risque de cancérisation encouru par l'organe irradié.

Facteur de Qualité	Facteur qui rend compte de la plus ou moins grande nocivité radiologique des rayonnements de différentes natures.
Gamma (γ)	Rayonnement électromagnétique, très pénétrant mais peu ionisant. Des écrans de béton ou de plomb sont nécessaires pour s'en protéger.
Gray (Gy)	Unité de dose absorbée égale à un joule par kg remplace le rad. 1 Gy = 100 rad.
Gray par heure (Gy/h)	Unité de débit de dose absorbée
Irradiation	Exposition de l'organisme, ou d'une partie de celui-ci, à des rayonnements ionisants.
Irradiation externe	Action des rayonnements sur la matière exposée à une source de rayonnement s provenant de l'extérieur.
Irradiation interne	Action des rayonnements sur la matière, provenant d'éléments radioactifs fixés à l'intérieur de celle-ci
Isotope	Éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons ; ils ont les mêmes propriétés chimiques, des propriétés physiques légèrement différentes et des propriétés nucléaires qu peuvent être plus ou moins différentes.
Limite Annuelle d'Incorporation (LAI)	Quantité d'un radioélément qu'il est possible d'ingérer ou d'inhaler en une année pour que l'irradiation totale de l'organisme ne dépasse pas la norme d'irradiation. La LAI s'exprime en Bq.
Neutron	Particule élémentaire sans charge électrique, constituant du noyau des atomes
Norme d'irradiation	Limite de l'équivalent de dose annuel à ne pas dépasser par les travailleurs ou la population, fixée par la législation.
Noyau	Élément constitutif principal de l'atome, autour duquel tournent les électrons.
Période radioactive	Temps mis par la moitié des noyaux radioactifs d'une substance radioactive pour se désintégrer
Proton	Particule constituant du noyau d'un atome, chargée positivement, de masse identique au neutron.
Rad (rd)	Ancienne unité de dose absorbée
Radioactivité	Emission spontanée de particules ou de photons par un noyau. Plus généralement, émission d'un rayonnement accompagnée de la transmutation de l'élément qui rayonne. Radioactivité désigne le phénomène, activité désigne la grandeur.
Radioéléments	Élément chimique comportant au moins un isotope naturellement ou artificiellement radioactif.
Radionucléide	Synonyme d'élément radioactif
Radioprotection	Ensemble des méthodes et des moyens pour assurer la protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants. Les réglementations nationales s'inspirent des recommandations émises par la CIPR, organisation non gouvernementale composée de médecins, de physiciens et de biologistes.
Rayonnement alpha	Rayonnement très peu pénétrant émis par certains éléments radioactifs et constitué de noyaux d'hélium.
Rayonnement bêta	Rayonnement peu pénétrant émis par certains éléments radioactifs et constitué d'électrons.
Rayonnement gamma	Rayonnement électromagnétique très pénétrant émis par certains éléments radioactifs.
Rayonnement ionisant	Rayonnement électromagnétique ou corpusculaire (particules) capable de produire directement ou indirectement des ions (atomes ou molécules de charge électrique non nulle) lors de son passage à travers la matière (c'est à dire d'arracher un ou plusieurs électrons aux atomes).
Rem (rem)	Ancienne unité d'équivalent de dose
Sievert (Sv)	Unité d'équivalent de dose ; remplace le rem. Un sievert est égal à 100 rem.
Sievert par heure (Sv/h)	Unité de débit d'équivalent de dose
Stochastique	Paraît liée au hasard, synonyme d'aléatoire.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ♦ TUBIANA M., DAUTRAY R., *La radioactivité et ses applications*, Presses Universitaires de France, Paris, 1997. 127p.
- [2] ♦ LANDEAU E., *Exposition aux rayonnements ionisants dans l'environnement et sécurité sanitaire*, ENSP, Rennes 12-14 octobre 1999.
- [3] ♦ BERTIN M., *Energie Electronucléaire : Les effets biologiques des rayonnements ionisants*, Editions EDF – Saint-Étienne, 1991. 362p.
- [4] ♦ ROY N., *Mémento du risque nucléaire*, AIPRM, deuxième édition. 35p.
- [5] ♦ PRADEL J., *Comment utiliser les données de la radioactivité naturelle*, Revue Générale Nucléaire N°2, mars/ avril 1993. 164p.
- [6] ♦ OMS, *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, deuxième édition, volume 1, recommandations.
- [7] ♦ HUBERT P., *Santé et Société*, Sciences et décisions en santé environnementale, les enjeux de l'évaluation des risques- Les risques radiologiques, n°6, novembre 1997. 297p.
- [8] ♦ Agence Internationale de l'Energie Atomique, *Cours post-universitaire de radioprotection*, volume 1, Vienne, 1995. 579p.
- [9] ♦ INSTITUT DE FRANCE, *rapport de l'Académie des sciences n°23*, Risques des rayonnements ionisants et normes de radioprotection, novembre 1989. 56p.
- [10] ♦ MATTEI JF, *Le lien entre la santé et l'environnement, notamment chez l'enfant*, tome I, N° 245 du sénat, octobre 1996.
- [11] ♦ CROUAIL P., *La gestion du risque de radioexposition d'origine naturelle : recommandations internationales et réglementation française*, (CEPN), Colloque sur les irradiations d'origine naturelle en France, Futuroscope de Poitiers, 17 et 18 mars 1998.
- [12] ♦ Ministère de l'environnement, *Etat de l'environnement 1986*, La documentation française, France, 1987. 187p.
- [13] ♦ GUELFO G. PORETTI, *Abrégé de biophysique des radiations*, Presse Polytechniques romandes, Lausanne, 1988. 68p.
- [14] ♦ IFEN (Institut Français de l'Environnement), *l'environnement en France*, édition 1999, La Découverte, Paris, 1998, 467p.
- [15] ♦ BRILLANCEAU F., HUBERT P., *Rapport du groupe d'expert sur l'exposition naturelle renforcée aux rayonnements ionisants auprès du Comité Interministériel de Transposition*, juillet 1998, Transposition de la directive Euratom 96/29, groupe d'expert n°2 : Radioactivité naturelle.
- [16] ♦ REMY ML., LEMAITRE N., *Hydrogéologie*, Eaux minérales et radioactivité, N°4, 1990. pp. 267-278.
- [17] ♦ UNSCEAR, *Exposition naturelle de l'homme aux rayonnements*, Rapport 1988.
- [18] ♦ DGS, *Eau minérale et radioactivité*, note technique n°15.

- [19] ♦ DGS, *Cadre réglementaire concernant les eaux minérales et les établissements thermaux*.
- [20] ♦ HARTEMANN P., MOLL M., *Les eaux conditionnées*, collection Tec & Doc, sciences et techniques agro-alimentaires, Paris, 1992. 169p.
- [21] ♦ GAMBINI DJ., GRANIER R., *Manuel pratique de radioprotection*, Lavoisier Tec et Doc, éditions médicales internationales, Paris, 1992. 424p
- [22] ♦ RIOU G., *Contribution à l'étude du niveau de radioactivité naturelle dans les eaux d'un massif granitique*, Mémoire IGS, ENSP, Rennes, 1979. 85p.
- [23] ♦ MASSE L., GALLOU M. et TALLUR B., *Irradiation naturelle en Bretagne*, Rapport de la Section statistique, ENSP, Rennes, mars 1979.
- [24] ♦ CLARKE R. H., *Contexte scientifique et philosophique de la nouvelle approche de la CIPR en matière de protection contre les rayonnements*, Radioprotection 93 : Conférence permanente sur la santé et la sécurité à l'ère nucléaire Luxembourg, 26 et 27 novembre 1996.
- [25] ♦ IPSN, *Note n°99/761 sur la Directive eau potable*, 10 mars 1999
- [26] ♦ DGS, *Critères de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine – Paramètres radiologiques – Note du 27 mai 1998*.
- [27] ♦ OPRI, *Points et commentaires*, Bulletin de l'OPRI mai 2000, n° 10.
- [28] ♦ DGS, *Note concernant les travaux d'experts de l'article 31 sur l'eau*, 28 avril 1998
- [29] ♦ DGS, *Note relevé de décision de la réunion du groupe de travail « Directive eau Potable et radioactivité »*, du 4 février 2000.
- [30] ♦ IPSN, *Rapport d'activité 1996*, 43p.
- [31] ♦ SUGIER A., IPSN, *Principaux changements dans la Directive Euratom sur les normes de base*, Radioprotection 93 : Conférence permanente sur la santé et la sécurité à l'ère nucléaire, Luxembourg, 26 et 27 novembre 1996.
- [32] ♦ WOLFDIETER K., *Radioprotection 93 : conférence permanente sur la santé et la sécurité à l'ère nucléaire*. Exposition des travailleurs et du public. Luxembourg, 26 et 27 novembre 1996.
- [33] ♦ LAUGIER A., « *Radioprotection, un ukase à Bruxelles* », Le Figaro débats et opinions, 04/04/2000.
- [34] ♦ TUBIANA M., *Revue Générale Nucléaire*, Les effets cancérigènes des faibles doses de radiations, année 1999, N°1 Janvier / février, p.27.
- [35] ♦ DGS, *Note relevé de décision de la réunion du groupe de travail « Directive eau Potable et radioactivité »*, 7 septembre 1999.
- [36] ♦ SOYER M., *Détection et mesure des rayonnements ionisants*, Chapitre V, ENSP.
- [37] ♦ HENAUT S., *Les eaux conditionnées : de l'approche technique à la gestion administrative*, ENSP, Mémoire IGS, 1998. 120 p.
- [38] ♦ DGS, *Bilan sur la qualité des eaux conditionnées – année 1995 : synthèse*, février 1997. 25p.
- [39] ♦ COQUIN Y., de L'EPINOIS B., *Réalités Industrielles*, dossier : les eaux minérales naturelles », Annales des mines, éditions Eska, mai 1998. 115p.
- [40] ♦ POMEROL C., RICOUR J., *Terroirs et thermalisme de France*, Editions du BRGM, 1992. 288p.

- [41] ♦ METIVIER H., ROY M., *La dose efficace liée à la consommation d'eau minérale naturelle par l'adulte et le nourrisson*, (IPSN), Colloque sur les irradiations d'origine naturelle en France, Futuroscope de Poitiers, 17 et 18 mars 1998.
- [42] ♦ RANNOU A., *Connaissance actuelle des sources d'irradiation naturelle*, (IPSN) Colloque sur les irradiations d'origine naturelle en France, Futuroscope de Poitiers, 17 et 18 mars 1998.
- [43] ♦ GODET JL. et al., *Qualité des eaux d'alimentation 1993-1994-1995*, Ministère de l'emploi et de la solidarité, DGS, juin 1998. 83p.
- [44] ♦ OPRI, *Points et commentaires*, Bulletin de l'OPRI mars/ avril 2000, n° 9.
- [45] ♦ OPRI, *Rapport mensuel* : tableaux de mesure, décembre 1999.
- [46] ♦ TRICARD D. et al, *Enjeux, Sécurité et Veille Sanitaire*, SISE-EAUX, un système d'information pour la sécurité sanitaire des eaux d'alimentation, N° 88-89, décembre 1997, mars 1998. pp. 54-58.
- [47] ♦ AFSSA, *Note concernant la radioactivité des eaux minérales naturelles et leurs traitements possibles*, Laboratoire d'hydrologie, 18 janvier 2000.
- [48] ♦ DROTTZ SJOBERG BM., *Perception et communication des risques*, Radioprotection 93 : Conférence permanente sur la santé et la sécurité à l'ère nucléaire, Luxembourg, 26 et 27 novembre 1996.
- [49] ♦ Mc AULAY I., *Le rayonnement naturel*, Radioprotection 93 : Conférence permanente sur la santé et la sécurité à l'ère nucléaire, Luxembourg, 26 et 27 novembre 1996.).
- [50] ♦ IPSN, *Perception des risques et de la sécurité*, Résultats du sondage d'octobre 1999, Fontenay aux Roses, décembre 1999. 98p.

REFERENCES REGLEMENTAIRES ET NORMATIVES

- ♦ *Directives de qualité pour l'eau de boisson* de l'OMS, deuxième édition, volume 1, recommandations OMS.
- ♦ *Directive 96/29 Euratom* du conseil du 13 mai 1996, fixant les normes de bases relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultants des rayonnements ionisants.
- ♦ *Directive 98/83* du conseil du 3 novembre 1998, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- ♦ *Commission recommandation* du 14 octobre 1999 on the protection of the public against exposure to radon in domestic water supplies.
- ♦ *Etat des travaux normatifs de l'AFNOR*, Mesure de la radioactivité : environnement, aliment, santé. Juin 2000.

SITES INTERNET CONSULTES

- ♦ *Site de JUSSIEU* consulté le 11/03/2000
adresse : <http://www.ccr.jussieu.fr/radioactivite/histoire/chistorique.htm>
- ♦ *Site du CIEAU* consulté le 11/03/2000
adresse : <http://www.cieau.com/toutpub/actu.htm>
- ♦ *Site d'EVIAN* consulté le 11/03/2000
adresse : <http://www.centre-evian.com/eau/bouteilles.html>
- ♦ *Site de la SAGEP* consulté le 18/05/2000
adresse : <http://www.sagep.fr/sante/default1a.htm>
- ♦ *Site du RNDE* consulté le 22/05/2000
adresse : <http://www.rnde.tm.fr>
- ♦ *Site Internet du ministère de l'emploi et de la solidarité* consulté le 19/06/2000
adresse : <http://164.131.250.184/resosd/rese/santenv/foncserv/sise/nouvel.htm>
- ♦ *Site du BRGM* consulté le 19/06/2000
adresse : <http://www.brgm.fr>