



EHESP

Ingénieur d'Études Sanitaires

Promotion : **2008 - 2009**

Date du Jury : **septembre 2009**

**Investigation sur la variabilité de la
qualité radiologique des eaux
destinées à la consommation humaine
dans le département de la Corrèze**

Mathilde RASSELET

Remerciements

À Cyril,

Merci à Daniel, Pierre, Hélène, Jacqueline, Emmanuel, Gilles, Alain, Michel, Philippe, Marie-Paule et Sylvie du service Santé Environnement qui m'ont soutenue pendant le stage et su me transmettre leur bonne humeur.

Ce rapport n'aurait pu être réalisé sans l'implication importante de Daniel, Pierre, Hélène, Emmanuel, Michel et Alain qui ont programmé, réalisé, compilé un grand nombre de données.

Je remercie tout particulièrement les personnes qui ont guidé mes recherches et mes réflexions :

Monsieur Jean CARRE, professeur à l'EHESP

Monsieur Jean JAOUEN, IGS à la DDASS de la Haute Vienne

Madame Annette BRASSAC, IRSN

Madame Anne ROYER, laboratoire Pe@rl

Madame Ingrid STAMANE, IGS à la DRASS du Limousin

Monsieur Florian BESSE, IGS à la DRASS du Limousin

J'adresse des remerciements sincères à Monsieur François NEGRIER,

et merci à Franck et Alette,

Sommaire

Introduction	1
1 Notions élémentaires sur la radioactivité	3
1.1 Définition de la radioactivité	3
1.2 Les différentes désintégrations.....	3
1.3 Mesure de la radioactivité	3
1.4 Décroissance et période radioactive	4
1.5 La radioactivité naturelle.....	4
1.6 La présence de radionucléides naturels dans l'eau.....	6
1.6.1 Les radionucléides dissous.....	6
1.6.2 Le radon.....	6
1.7 Part de l'eau dans l'exposition aux rayonnements ionisants.....	6
2 Suivi de la qualité radiologique par le Service Santé Environnement	7
2.1 Prise en compte du contexte environnemental	7
2.1.1 La géologie simplifiée de la Corrèze.....	7
2.1.2 L'eau dans le département de la Corrèze.....	8
2.2 Prise en compte de la réglementation dans le contrôle de la qualité radiologique des eaux	9
2.2.1 L'Arrêté du 12 mai 2004 : les indicateurs de suivi	9
2.2.2 La circulaire du 13 juin 2007 : gestion du risque sanitaire	10
2.3 Application de la réglementation	11
2.3.1 Obligations réglementaires : les analyses de référence	11
2.3.2 Les analyses complémentaires : campagne 2008.....	11
2.4 Incident sur le réseau d'O. : Mise en évidence d'une forte exposition.....	12
2.5 Investigations menées par le Service Santé Environnement : campagne 2009.....	13
3 Exploitation des données de la campagne 2008 et d'O. : Résultats, discussion et propositions de gestion.....	14
3.1 Présentation des résultats de l'étude 2008	14
3.2 Variation de la DTI au cours du temps.....	15
3.3 Contribution importante du ²¹⁰Pb à la Dose Totale Indicative	15

3.3.1	Origine du ^{210}Pb	16
3.3.2	Contribution du ^{210}Pb à la DTI	17
3.3.3	Proposition d'adaptation du contrôle sanitaire.....	17
3.4	Présentation et analyse des résultats du suivi du réseau d'O.....	18
3.4.1	Étude du lien entre les activités alpha et bêta globales et la turbidité	18
3.4.2	Proposition d'éléments de gestion et analyses complémentaires	20
3.4.3	Étude de la présence de radon dans l'eau	21
3.4.4	Analyse des conséquences sanitaires par l'ASN	21
4	Exploitation des données de la campagne 2009	22
4.1	Synthèse des enseignements de la campagne 2008 et de l'incident d'O.	22
4.2	Présentation des résultats de la campagne 2009 et difficultés rencontrées	22
4.2.1	Grande hétérogénéité des paramètres à prendre en compte	22
4.2.2	Importance de la maintenance et de l'entretien des réseaux.....	23
4.2.3	Proposition d'une classification des réseaux en fonction du risque	24
4.2.4	Nécessité de la prise en compte du radon dans l'eau par les gestionnaires de réseaux	25
	Conclusion	26
	Bibliographie.....	29
	Liste des annexes.....	I

Liste des sigles utilisés

ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
CIRE	Cellule Inter Régionale d'Épidémiologie
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DTI	Dose Totale Indicative
EDCH	Eaux Destinées à la Consommation Humaine
EHESP	École des Hautes Études en Santé Publique
IRSN	Institut de Radioprotection et de sûreté Nucléaire
OMS – WHO	Organisation Mondiale de la Santé (World Health Organisation)
UDI	Unité de distribution
UGE	Unité de gestion
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
US-NAS	United States- National Academy of Science

Introduction

Depuis le 1^{er} janvier 2005, la réglementation prévoit un contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine.

Du fait de la nature géologique de son sous-sol, à prédominance de zones granitiques et métamorphiques anciennes, la Corrèze est particulièrement concernée par la présence de radionucléides naturels dans l'eau.

Aussi, en Corrèze, cette problématique a été prise en compte dès la date d'application des dispositions prévues par le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles.

Les résultats, extraits du contrôle sanitaire exercé par le service Santé Environnement, ont mis en évidence une dose totale indicative de radioactivité dépassant la référence de qualité fixée à 0,1 mSv/an sur une partie du département.

De plus, des variations significatives des paramètres indicateurs de radioactivité alpha et bêta et de la dose totale indicative ont pu être observées au cours du temps.

Afin d'évaluer de manière plus précise l'exposition aux radionucléides dans l'eau le service Santé Environnement a entrepris dans le deuxième semestre de l'année 2008 une campagne d'analyses complémentaires pour estimer une dose totale indicative moyenne et appliquer si nécessaire, les dispositions prévues par la circulaire du 13 juin 2007 relative au contrôle et à la gestion du risque sanitaire lié à la présence de radionucléides dans les eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux conditionnées et des eaux minérales naturelles.

Au cours de cette campagne est survenu un événement exceptionnel, rupture de l'alimentation d'un réseau à la suite de la vidange rapide et complète d'un réservoir, qui a généré une dégradation importante de la qualité radiologique de l'eau distribuée.

Devant un tel événement et à la lecture des résultats fournis par la campagne d'analyses de 2008, le service Santé environnement a décidé de procéder à des investigations particulières sur certains réseaux afin de prévenir tout nouvel incident de même nature.

L'objectif de ce rapport est, d'exploiter l'ensemble des données recueillies depuis la mi 2008, de dégager les éléments susceptibles d'induire une variabilité de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine, de proposer des éléments de gestion propres à limiter les variations de la qualité radiologique de l'eau et à garantir la protection de la santé des populations, et de juger de la pertinence de la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires liés à la qualité radiologiques des eaux.

Une première partie du rapport permettra un rappel des notions élémentaires sur la radioactivité ; sa définition, ses origines, l'existence de la radioactivité naturelle et la présence de radionucléides naturels dans l'eau.

Dans un second temps, après une brève présentation géologique du département, les actions mises en œuvre dans le cadre du suivi de la qualité radiologique de l'eau seront exposées.

Enfin, une troisième partie se consacrera à l'exploitation des données recueillies et à la proposition d'éléments de gestion propres à garantir une protection satisfaisante de la santé des populations.

1 Notions élémentaires sur la radioactivité

1.1 Définition de la radioactivité

La radioactivité n'a pas été inventée par l'homme. C'est un phénomène naturel qui a été découvert à la fin de XIX^e par le physicien Henri Becquerel.

La radioactivité résulte de l'instabilité de certains atomes due à un excès soit de protons, soit de neutrons, ou des deux.

Ces atomes instables sont qualifiés d'éléments radioactifs, ils peuvent être également appelés radio-isotopes ou radionucléides.

Les noyaux des atomes radioactifs, vont spontanément se transformer en d'autres atomes (radioactifs ou non). Ainsi, l'uranium 238, radioactif, tend à se transformer, étape par étape, en plomb 206, stable. Cette transformation irréversible d'un atome radioactif en un autre atome est appelée désintégration. Cette désintégration s'accompagne d'une émission de différents types de rayonnements.

La radioactivité c'est donc, la transformation d'un atome avec émission de rayonnements.

La radioactivité ne concerne que le noyau de l'atome et non les électrons, il est donc important de souligner que les isotopes radioactifs ont les mêmes propriétés chimiques que les isotopes stables d'un même élément.

1.2 Les différentes désintégrations

Il existe plusieurs types de désintégrations :

- la radioactivité alpha α (le rayonnement α est constitué d'un noyau d'hélium comprenant 2 protons et 2 neutrons)
- la radioactivité bêta moins β^- (le rayonnement β^- est constitué d'un électron chargé négativement)
- la radioactivité bêta plus β^+ (le rayonnement β^+ est constitué d'un positon, particule de la même masse que l'électron mais chargée positivement)

et la radioactivité gamma γ (le rayonnement γ est une onde électromagnétique comme la lumière visible mais plus énergétique) (*À la différence des rayonnements α et β qui sont des désintégrations, le rayonnement γ est lui une désexcitation*)

Une représentation schématique des différentes désintégrations figure en annexe 1

1.3 Mesure de la radioactivité

La radioactivité se mesure au nombre de désintégrations par seconde au sein d'un échantillon. Une désintégration par seconde correspond à un becquerel : 1 Bq

D'autres unités sont fréquemment rencontrées (cf. annexe 2):

- le gray (Gy) : mesure de la quantité de rayonnements absorbés par un organisme exposé aux rayonnements

- le sievert (Sv) : le sievert mesure les effets biologiques des rayonnements sur un organisme exposé

L'activité radioactive d'un échantillon diminue avec le temps et la disparition progressive des noyaux instables. Il s'agit de la décroissance radioactive.

1.4 Décroissance et période radioactive

La courbe de décroissance radioactive permet de définir la période radioactive de l'élément. La période radioactive d'un élément ou demi-vie est le temps au bout duquel la moitié des atomes radioactifs initialement présents a disparu par transformation spontanée.

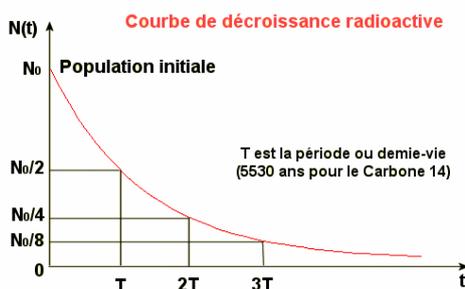


Figure 1 : courbe de décroissance radioactive

À titre d'exemple voici les périodes de quelques éléments radioactifs :

Éléments chimiques	Période radioactive	Origine	Présence
Tritium	12,3 ans	naturelle et artificielle	Du fait des activités humaines, le bruit de fond naturel est très inférieur à l'apport artificiel de tritium
Plomb 210	22,3 ans	naturelle	roches terrestres contenant de l'uranium
Polonium 210	138 jours	naturelle	roches terrestres contenant de l'uranium
Carbone 14	5 530 ans	naturelle	atmosphère et composés carbonés
Potassium 40	1,3 milliards d'années	naturelle	roches riches en potassium, squelette
Radon 222	3,82 jours	naturelle	gaz s'échappant des roches granitiques
Radium 226	1600 ans	naturelle	roches terrestres contenant de l'uranium
Thorium 232	14 milliards d'années	naturelle	
Uranium 235	704 millions d'années	naturelle	roches granitiques
Uranium 238	4,47 milliards d'années	naturelle	roches granitiques

Tableau 1 : Périodes radioactives de quelques éléments

1.5 La radioactivité naturelle

La radioactivité est présente partout.

Dès la formation de la Terre, il y a environ 5 milliards d'années, la matière était constituée d'éléments radioactifs et d'éléments stables. Depuis, la radioactivité n'a cessé de décroître. De nombreux atomes radioactifs se sont, en effet, transformés en éléments stables. Mais certains se transforment toujours : c'est **la radioactivité naturelle**.

Cette radioactivité est même présente dans les organismes vivants : les tissus organiques et les os contiennent des éléments indispensables à la vie et qui possèdent des isotopes radioactifs. C'est le cas du potassium 40 (^{40}K) et du carbone 14 (^{14}C).

La radioactivité naturelle provient principalement de quatre sources :

- *le rayonnement cosmique* : il a pour origine le bombardement continu de la Terre par des particules chargées de hautes énergie issues de l'espace.
- *le rayonnement tellurique* : dû aux rayonnements terrestres qui proviennent de la désintégration des radionucléides présents naturellement dans la croûte terrestre. Ces radionucléides sont les éléments à vie longue comme le ^{40}K , ^{238}U (uranium), ^{235}U et le ^{232}Th (thorium)
- **l'air ambiant** : présence de gaz radioactif tel que le radon
- **les eaux et aliments**

Origine	Dose efficace annuelle	Remarques
Rayonnement cosmique	0.37 mSv/an au niveau de la mer 1,7 mSv/an à 4000 m d'altitude	Un vol paris – new York correspond à une exposition de 0,05 mSv
Exposition interne due à l'inhalation : (air ambiant)	moyenne en France : 1,40 mSv/an en Corrèze : 5 à 6 mSv/an	Cette exposition est variable car essentiellement due au radon222. En Corrèze, il y a présence de roches très uranifères
Exposition interne due à l'ingestion (eau et aliments)	0,35 mSv par an	Essentiellement le potassium40et l'uranium 238 et ses descendants dont le radon222
Exposition externe d'origine tellurique	moyenne en France : 0,46 mSv/an en Corrèze : 0,8 mSv/an	Cette exposition est variable car la teneur des sols en éléments telluriques est très variable. En Corrèze, il y a présence de roches très uranifères

Tableau 2 : Doses efficaces annuelles en fonction de l'origine du rayonnement -Source www.cea -

Dose efficace :

La dose efficace est la somme des doses équivalentes pondérées délivrées par exposition interne et externe aux différents tissus et organes du corps. La dose équivalente correspond à la dose absorbée par un tissu ou un organe, pondérée suivant le type et l'énergie du rayonnement.

En France, la dose d'exposition due à la radioactivité naturelle est de l'ordre de 2,4 mSv par an et par habitant. Néanmoins cette dose varie d'une région à l'autre et d'une personne à l'autre en fonction de son mode de vie (séjours en haute montagne, fréquence des voyages en avion). [Réf biblio- rapport ASN 2005-2007]

1.6 La présence de radionucléides naturels dans l'eau.

La radioactivité naturelle des eaux est en relation directe avec la nature géologique des terrains que l'eau traverse.

Avant de jaillir du sol, l'eau a dissous des minéraux appartenant aux roches rencontrées sur son chemin dont certaines contiennent des éléments radioactifs. Les eaux les plus radioactives proviennent des régions granitiques et volcaniques où les roches renferment de l'uranium, du thorium et les éléments radioactifs de leurs descendances.

En ce qui concerne les radionucléides présents dans l'eau on peut distinguer :

- les éléments radioactifs dissous qui persistent dans l'eau émergée
- le radon, gaz radioactif naturel dissous dans l'eau. Lorsque l'eau entre en contact de l'air on observe un dégazage progressif de celle-ci et l'élimination progressive du radon.

1.6.1 Les radionucléides dissous

La majeure partie des éléments radioactifs dissous appartiennent aux familles de l'uranium 238 et 235 et du thorium 232. Les dégradations de l'uranium, du thorium et de l'actinium (ou ^{235}U) aboutissent à la formation des isotopes stables du plomb 206, 207, 208. (cf. annexe 3)

À ces familles s'ajoute le potassium. La concentration naturelle de l'isotope radioactif du potassium (^{40}K) est de l'ordre d'un 1 atome radioactif pour 10 000 atomes stables.

1.6.2 Le radon

Le radon n'a pas en général une origine très profonde. Il provient notamment des granites présents au niveau des zones d'émergences de l'eau.

Lithologie de l'aquifère	Activité en radon dans l'eau en Bq/L
Granites	500
Roches métamorphiques	150
Basaltes	15
Sables	10
Calcaires	1

Tableau 3 Concentrations en radon dans les eaux souterraines (Sabroux, 1998)

1.7 Part de l'eau dans l'exposition aux rayonnements ionisants

L'exposition moyenne aux rayonnements ionisants d'origine naturelle est de 2,4 mSv/an, dont environ 0,3 mSv du à l'ingestion d'aliments et d'eau.

Exposition aux rayonnements ionisants de la population en France

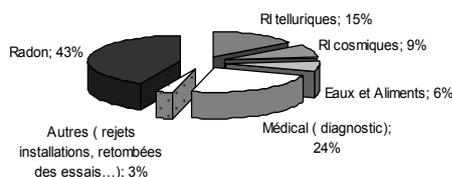


Figure 2 Dose annuelle moyenne de 3,3 mSv par an et par habitant

Source IRSN, estimation en 2005

L'exposition aux rayonnements ionisants d'origine naturelle, apportée par l'eau et les aliments, est très faible (inférieure au millisiervert ou de quelques dizaines de microsievvert par an). Le risque pour les consommateurs s'il existe, peut donc être également considéré comme très faible. Cependant, à titre de précaution, y compris pour ces niveaux de dose, les principes de radioprotection doivent être appliqués. Ainsi, même si l'exposition à la radioactivité de l'eau de boisson ne représente qu'une part de l'exposition à la radioactivité naturelle, la qualité radiologique de l'eau ne doit pas pour autant être négligée. (Source IRSN, 2005)

Pour ce qui est du radon, très peu d'études ont été menées sur l'impact sanitaire du radon présent dans les eaux destinées à la consommation humaine. Dans son guidelines for drinking water quality, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) reprend les données de l'United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) se référant à une étude de l'United States – National Academy of Sciences (US-NAS) de 1999 qui précise que la dose de radon inhalée via l'eau de boisson est de l'ordre de 0,025 mSv/an et la dose de radon ingérée de l'ordre de 0,002 mSv/an.

2 Suivi de la qualité radiologique par le Service Santé Environnement

2.1 Prise en compte du contexte environnemental

2.1.1 La géologie simplifiée de la Corrèze

La Corrèze, située à la porte du bassin Aquitain est rattachée au Massif Central, elle se compose de trois zones géologiques :

- une zone granitique sur la majeure partie de son étendue, à l'est de la faille dite « d'Argentat »
- une zone métamorphique, à l'ouest de la faille d'Argentat
- un bassin sédimentaire, gréseux et argileux, autour de la ville de Brive la Gaillarde.

En annexe 4 figurent des cartes géologiques simplifiées de la Corrèze et de brèves explications.

La forte présence de roches granitiques et métamorphiques explique la radioactivité naturelle des eaux de la Corrèze. Par ailleurs, le département de la Corrèze est l'un des 31 départements jugés prioritaires dans la gestion des risques sanitaires liés au radon dans les espaces clos (habitations et établissements recevant du public).

2.1.2 L'eau dans le département de la Corrèze

L'eau est présente partout en Corrèze. Toutefois beaucoup de sources captées ou des forages n'offrent que de faibles débits. Et, faute de réserve en profondeur, la ressource mobilisable reste soumise aux caprices de la météo. Les points de prélèvements se concentrent sur la bande d'affleurement des granites et sur leurs marges, du plateau de Millevaches à la Xaintrie. Dans le sud du département, des aquifères apparaissent en lisière de la couverture sédimentaire du Causse.

Mais d'une façon générale, la ressource en eau n'est pas suffisante aux endroits où la demande est la plus forte, les pompages en rivière et bassin de retenue sont indispensables pour compléter la production offerte par les captages et forages en eau souterraine. (cf. annexe 5)

Les données qui figurent ci-après sont issues de la base SISE-Eaux (Système d'Information en Santé Environnement).

Le département de la Corrèze compte 810 captages dont 535 protégés par une déclaration d'utilité définissant les périmètres de protection. Parmi ces captages il y a 791 captages d'eau souterraine, et 29 captages d'eau superficielle.

Ces captages alimentent 421 unités de distribution. Pour 379 d'entre elles l'alimentation s'effectue par un captage d'eau souterraine, pour 19 par un captage en eau superficielle et 23 par un mélange d'eau (souterraine et superficielle).

La population de la Corrèze s'élève à 241 000 habitants dont 37 % sont alimentés par une ressource souterraine, 31 % par une eau d'origine superficielle et 32 % par une eau issue d'un mélange.

Cette répartition reflète l'existence de nombreux captages d'eau souterraine alimentant de toutes petites unités de distribution (inférieures à 50 habitants). Ces captages sont les plus concernés par la problématique relative à la qualité radiologique de l'eau.

2.2 Prise en compte de la réglementation dans le contrôle de la qualité radiologique des eaux

2.2.1 L'Arrêté du 12 mai 2004 : les indicateurs de suivi

Depuis le 1^{er} janvier 2005 les eaux destinées à la consommation humaine doivent faire l'objet d'analyses radiologiques dont les modalités d'application sont décrites dans l'arrêté du 12 mai 2004. Cette obligation résulte de la directive européenne 98-83/EC du 03 novembre 1998 transposée en droit français par le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 modifié par le décret n°2007-49 du 11 janvier 2007 relatif à la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine.

Dans le cadre d'une telle analyse quatre indicateurs différents peuvent être recherchés :

- l'activité tritium, dont la référence de qualité est de 100 Bq/L
- l'activité alpha globale, dont la valeur guide est de 0,1 Bq/L
- l'activité bêta globale résiduelle, dont la valeur guide est de 1Bq/L
- la dose totale indicative (DTI) qui est calculée à partir des analyses des différents radionucléides naturels et éventuellement artificiels recherchés lorsque l'activité alpha globale et/ou l'activité bêta globale résiduelle dépasse(nt) leur valeur guide ou lorsque l'activité tritium dépasse sa référence de qualité. La DTI permet une estimation de la part de l'exposition aux rayonnements ionisants apportée par la consommation d'eau. La référence de qualité de la DTI est de 0,1 mSv par an.

L'activité alpha globale correspond à l'activité de l'ensemble des radionucléides émetteurs de rayonnements alpha contenus dans l'eau. (cf. annexe 3). Les radionucléides naturels présents dans l'eau et émetteurs d'un rayonnement alpha sont principalement l'²³⁸U, ²³⁴U, le ²³⁰Th, le ²²⁶Ra (radium), le ²²²Rn (radon), le ²¹⁸Po (polonium), le ²¹⁴Po et le ²¹⁰Po. *(Au-delà de ces éléments issus de la chaîne de désintégration de l'uranium 238 il existe d'autres émetteurs alpha.)*

L'activité bêta globale résiduelle correspond à l'activité de l'ensemble des radionucléides émetteurs de rayonnements bêta contenus dans l'eau à l'exception de celle du ⁴⁰K. Les radionucléides émetteurs d'un rayonnement bêta sont principalement le ²³⁴Th, le ²³⁴Pa (proactinium), le ²¹⁴Pb (plomb), le ²¹⁴Bi (bismuth), le ²¹⁰Pb et le ²¹⁰Bi. *(Au-delà de ces éléments issus de la chaîne de désintégration de l'uranium 238 il existe d'autres émetteurs bêta)*

Pour ce qui est du **tritium** (T ou ³H), il est considéré comme un indicateur de contamination d'origine anthropique, sa présence est le reflet d'une situation anormale et nécessite une enquête environnementale et la mise en place d'actions correctives.

La **DTI** représente la dose efficace résultant de l'incorporation des radionucléides pendant une année de consommation, à savoir 730 L pour un adulte, soit 2 litres par jour. Sont exclus du calcul de la DTI, en application de l'arrêté du 12 mai 2004 le radon ²²²Rn et ses

descendants à vie courte, à savoir, le ^{218}Po , le ^{214}Pb , l' ^{218}At (astate), le ^{214}Bi , le ^{214}Po et le ^{210}Tl (thallium).

2.2.2 La circulaire du 13 juin 2007 : gestion du risque sanitaire

La circulaire du 13 juin 2007 relative au contrôle et à la gestion du risque sanitaire lié à la présence de radionucléides dans les eaux destinées à la consommation, à l'exception des eaux conditionnées et des eaux minérales naturelles apporte aux directions départementales des affaires sanitaires et sociales (DDASS) les outils d'aide à la gestion des dépassements des valeurs guides et des références de qualité.

Lorsque les valeurs mesurées en activité alpha globale et bêta globale résiduelle sont respectivement inférieures à 0,1 Bq/L et 1 Bq/L la DTI est supposée inférieure ou égale à 0,1 mSv/an.

Dans le cas d'un dépassement d'une des valeurs guides en activité alpha globale ou bêta globale résiduelle il doit être procédé à des analyses complémentaires afin d'identifier et de quantifier les différents radionucléides naturels présents dans l'eau et calculer la DTI.

Les modalités de calcul de la DTI figurent en annexe 6.

Dans les cas où la DTI est comprise entre 0,1 et 0,3 mSv/an, les actions correctrices ne sont pas nécessairement recommandées sauf s'il existe des solutions simples de substitution telles que le raccordement à un autre réseau ou la dilution de l'eau avec une autre ressource et si leur faisabilité ne soulève pas de difficulté technico-économique particulière.

Dans les cas où la DTI des eaux dépasse les 0,3 mSv/an, il convient de rechercher au cas par cas des solutions de réduction des expositions en tenant compte des moyens existants. Par précaution, l'utilisation de ces eaux pour la boisson et la préparation des aliments sera déconseillée pour les nourrissons, les enfants et les femmes enceintes.

La circulaire prévoit également les actions impératives à mettre en œuvre dans les cas où la DTI dépasse 1mSv/an. Selon le récent rapport conjoint de la Direction Générale de la Santé (DGS) de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) sur la qualité radiologique de l'eau mise en distribution en France 2005-2007 ce cas ne s'est pas présenté en France depuis la mise en place de la réglementation.

Dans le département, les dépassements n'ont jamais concerné l'activité tritium. La circulaire prévoit néanmoins la mise en place d'analyses complémentaires dans le cas d'un non respect de la référence de qualité pour l'activité tritium.

Les dépassements des valeurs guides observés dans le département sont uniquement la résultante de la présence de radionucléides naturels.

2.3 Application de la réglementation

2.3.1 Obligations réglementaires : les analyses de référence

La notion d'analyse de référence est précisée dans la circulaire susmentionnée du 13 juin 2007, d'une manière générale il s'agit de la première analyse réalisée conformément aux dispositions de l'arrêté du 12 mai 2004. Elle permet de déterminer le contenu des analyses périodiques et notamment de savoir s'il est nécessaire de procéder à la recherche des radionucléides spécifiques pour calculer la DTI.

Depuis le 02 janvier 2004, le service santé environnement a réalisé 2083 prélèvements en vue de l'analyse de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine. Il convient de mettre ces chiffres en regard de ceux annoncés dans le bilan national sur la qualité radiologique de l'eau mise en distribution en France réalisé par l'ASN, IRSN et la DGS qui précise qu'en moyenne chaque département en réalise 170 par an. En Corrèze cette moyenne s'élève à 520.

Ces résultats ont notamment permis d'identifier les réseaux où la DTI était supérieure à 0,1 mSv/an, voire à 0,3 mSv/an et sur lesquels des investigations complémentaires étaient nécessaires.

2.3.2 Les analyses complémentaires : campagne 2008

La lecture des résultats des analyses de référence a conduit à la mise en place d'études complémentaires.

D'une part, compte tenu des variations susceptibles d'être observées sur les concentrations de radionucléides dissous dans l'eau il a été convenu sur les réseaux concernés de procéder à plusieurs calculs de DTI répartis sur l'année 2008 afin d'estimer la valeur moyenne annuelle et le cas échéant de prendre les dispositions prévues par la circulaire du 13 juin 2007.

D'autre part, un examen attentif des calculs de DTI laisse apparaître que pour certaines analyses le respect des valeurs guides en activité alpha et bêta ne garantit pas le respect de la référence de qualité pour la DTI. Cette observation concerne en particulier les réseaux pour lesquels l'activité bêta globale résiduelle est supérieure à 0,2 Bq/L mais néanmoins inférieure à 1 Bq/L. Pour une activité bêta globale résiduelle égale à 198mBq/L ($\approx 0,2$ Bq/L) due exclusivement au ^{210}Pb la DTI atteint 0,1 mSv/an.

La campagne de mesures de 2008 a concernée au total 80 unités de distribution (UDI) réparties au sein de 45 unités de gestion (UGE) pour lesquelles les premières analyses montraient une DTI supérieure à 0,1 mSv par an et/ou l'activité bêta globale résiduelle était supérieure ou égale à 0,2 Bq/L.

Cette campagne d'analyses a été en partie (65%) financée par la DDASS, le budget global d'une telle campagne avoisinant les 25 000 €. Pour réduire les coûts d'une analyse certains paramètres ont été éliminés des recherches car ne présentant pas d'intérêt particulier pour la présente étude, il s'agit du tritium et du potassium.

L'absence de recherche du tritium se justifie par le fait que la radioactivité des eaux en Corrèze résulte uniquement de la présence de radionucléides naturels. Et compte tenu de la faible minéralisation des eaux du département, la recherche de potassium ne présente que peu d'intérêt.

Pendant cette campagne d'analyse le service santé environnement a également eu à gérer un incident survenu sur un réseau de distribution de l'eau ayant eu pour conséquence un accroissement considérable mais bref de l'activité radiologique de l'eau.

2.4 Incident sur le réseau d'O. : Mise en évidence d'une forte exposition

Le samedi 27 septembre 2008 au soir, le réservoir (150 m³) de la commune d'O. s'est rapidement vidé. Le schéma du réseau figure en annexe 7.

Aussi, pour permettre aux captages de réalimenter le réservoir, la distribution d'eau a été interrompue pendant une partie de la journée du 28 septembre.

La remise en charge du réseau, qui dispose de plusieurs antennes, a entraîné une forte dégradation de la qualité des eaux. Cette dégradation était visuellement importante, couleur rougeâtre et forte turbidité, sur l'antenne de distribution de l'eau qui alimente le bourg d'O. Sur les autres antennes alimentées par le même réservoir, il n'est pas apparu d'altération évidente de la qualité de l'eau distribuée.

Dans le cadre de la campagne d'analyse de la radioactivité des eaux, mentionnée ci-dessus, un prélèvement a été réalisé le lundi 29 septembre 2008 au point de surveillance du bourg d'O. Sa programmation ce jour-là étant le fruit du hasard.

Les résultats d'analyses du lundi 29 septembre ont confirmés la dégradation de la qualité de l'eau perçue sur l'antenne alimentant le bourg et mis en évidence une radioactivité particulièrement élevée incompatible avec une eau destinée à la consommation humaine.

Les résultats les plus notables de cette analyse sont :

- Activité alpha globale 8,48 Bq/L
- Activité bêta globale 31,20 Bq/L
- Dose totale indicative 60 mSv/an

Au préalable pourtant, les analyses indiquaient que cette eau présentait une radioactivité naturelle légèrement supérieure à la référence de qualité fixée à 0,1 mSv par an pour la DTI, mais pouvant être autorisée pour la consommation humaine.

Par ailleurs, une analyse réalisée dans le cadre du contrôle sanitaire le 30 septembre par le laboratoire départemental des eaux ne relevait pas de dégradation particulière de la

qualité organoleptique de l'eau, la turbidité était normale tout comme les activités alpha et bêta.

L'hypothèse initiale s'oriente vers la remise en suspension de particules chargées en éléments radioactifs au moment de la réouverture du réseau. Cette hypothèse est confirmée par une turbidité importante lors de la remise en service de la distribution de l'eau. L'hypothèse d'un acte de malveillance est également évoquée.

Compte tenu des différents éléments, sous sol géologique induisant une radioactivité naturelle des eaux destinées à la consommation, relief accidenté, hétérogénéité des matériaux constitutifs des réseaux et maintenance insuffisante, l'éventualité d'incident tel que celui survenu à O. doit être envisagée sur l'ensemble du département de la Corrèze. Aussi, une campagne d'enquêtes environnementales assorties d'analyses des eaux de purges et d'analyses radon aux captages et en distribution a été conduite au premier trimestre 2009.

2.5 Investigations menées par le Service Santé Environnement : campagne 2009

La forte exposition ponctuelle relevée par l'incident d'O. couplée aux premiers résultats de la campagne d'analyses complémentaires de 2008 ont conforté le service santé environnement dans la nécessité d'investigations complémentaires.

L'analyse des premiers résultats de la campagne d'analyses 2008 et la connaissance des réseaux ont permis de sélectionner 16 réseaux répartis au sein de 13 UGE présentant des risques potentiels. Aussi, ces réseaux ont fait l'objet d'une campagne particulière d'analyses assorties d'une investigation pratique sur les installations, la maintenance des réseaux, la topographie locale.

Les deux objectifs principaux de cette étude étant d'étudier :

- l'influence des caractéristiques du réseau sur la teneur en radon de l'eau tout au long du système de production et de distribution
- les liens éventuels entre les caractéristiques du réseau (matériaux, topographie), l'exploitation (entretien des installations, mise en place de programme de purge) et la variabilité de la qualité radiologique de l'eau

Cette campagne a été réalisée par un adjoint sanitaire du service santé environnement disposant des compétences et de la connaissance du terrain nécessaires. Cet agent a été mobilisé pendant trois mois sur cette seule mission. Au-delà de l'investissement en personnel, cette étude a nécessité un budget d'environ 9000€.

La mission s'est effectuée en deux parties, la première consacrée à des investigations de terrain, la seconde à la réalisation de prélèvements au niveau des points de purges pour

l'analyse de l'activité radiologique et au niveau des captages et au robinet du consommateur en vue d'une recherche de radon.

La réalisation des enquêtes (questionnaire d'enquête en annexe 8) a permis de :

- Identifier les personnes responsables de la gestion du réseau
- Etudier le synoptique des réseaux, l'existence de différentes antennes
- Prendre en compte les contraintes topographiques
- Connaître les matériaux constitutifs des réseaux
- S'informer sur la maintenance du (des) réseau(x)

À la suite de ces investigations, il est défini par l'ingénieur d'études sanitaires et l'adjoint sanitaire des points de purges pertinents pour réaliser les analyses représentatives. Au préalable à l'analyse, l'adjoint sanitaire s'assure de l'existence d'une vanne de purge, le cas échéant invite la collectivité à mettre en place une installation permettant la réalisation de purges et facilitant dans la mesure du possible les prélèvements.

Les purges en vue d'analyses ont toutes été réalisées selon une démarche identique qui figure en annexe 9. Cette démarche a été élaborée et validée avec l'aide du service d'appui technique pour le développement durable des territoires sous direction de l'eau et des milieux de la Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture.

3 Exploitation des données de la campagne 2008 et d'O. : Résultats, discussion et propositions de gestion

3.1 Présentation des résultats de l'étude 2008

Cette campagne s'est déroulée au cours du dernier trimestre 2008, au total 87 analyses ont été réalisées.

Pour chacune de ces analyses et quelque soit le résultat des activités alpha globale et bêta globale les radionucléides nécessaires au calcul de la Dose Totale Indicative ont été recherchés. (Rappel : le tritium et le potassium n'ont pas été recherchés cf. 2.3.3).

Pour l'exploitation des données relatives à cette campagne les résultats des analyses réalisées à O. après l'incident n'ont pas été pris en compte. Ils sont considérés comme non représentatifs.

Le tableau des résultats figure en annexe 10.

Pour l'ensemble des échantillons, à savoir 86 analyses :

Activité alpha globale moyenne : 0,08 Bq/L ; Activité bêta globale moyenne : 0,23 Bq/L

DTI moyenne : 0,11 mSv/an avec une DTI minimum de 0,01 mSv/an et une DTI maximum de 0,41 mSv/an

À l'analyse des résultats quatre profils existent.

Profil	Définition	Pourcentage
1	les activités alpha et bêta respectent les valeurs guides et la DTI est inférieure à 0,1 mSv/an	43 %
2	les activités alpha et bêta respectent les valeurs guides et la DTI est supérieure à 0,1 mSv/an	24%
3	les activités alpha et/ou bêta ne respectent pas les valeurs guides et la DTI est inférieure à 0,1 mSv/an	16,5%
4	les activités alpha et/ou bêta ne respectent pas les valeurs guides et la DTI est supérieure à 0,1 mSv/an	16,5%

Ces résultats mettent en évidence que pour 24 % des analyses, les critères d'estimation de la DTI établis dans la circulaire d'application du 13 juin 2007 ne sont pas vérifiés. Cela démontre donc la nécessité de disposer de plus amples connaissances sur la qualité radiologique des eaux de la Corrèze, afin d'adapter les modalités de contrôle au contexte et s'assurer d'une protection satisfaisante de la santé des populations.

3.2 Variation de la DTI au cours du temps

Les analyses ont mis en évidence une variation notable de la DTI au cours du temps. Des exemples, pour l'un des réseaux les mesures de la DTI vont de 0,22 à 0,41 mSv/an avec une moyenne de 0,34 mSv/an, pour un autre de 0,12 à 0,36 mSv/an avec une moyenne de 0,22 mSv/an.

Pour étudier le degré de significativité d'un point de vue statistique de ces variations, il faudrait disposer de plusieurs mesures, toutes choses égales par ailleurs, sur un même réseau. Néanmoins, notre attention mérite d'être attirée sur cette variabilité de la DTI et ainsi de l'exposition réelle de la population. La DTI moyenne comme indicateur d'exposition aux radionucléides présents dans l'eau doit être prise en compte avec précaution en l'absence d'un nombre suffisant de mesures.

Aussi, compte tenu du contexte, notamment du sous sol géologique à prédominance granitique du département de la Corrèze, une analyse tous les 5 ans, comme le prévoient les textes réglementaires, sur les captages à faible débit ne semble pas permettre un suivi satisfaisant de la qualité radiologique des eaux distribuées. Une adaptation du contrôle sanitaire, dans sa fréquence ou dans les paramètres analysés devrait donc être mise en place.

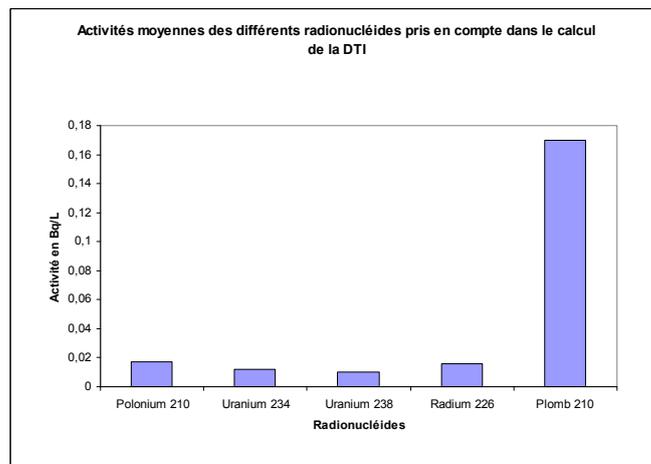
3.3 Contribution importante du ²¹⁰Pb à la Dose Totale Indicative

Parmi les analyses dont la DTI est supérieure à 0,1 mSv/an, 21 sur 35 (60%) respectent pourtant les valeurs guides en activité alpha globale et bêta globale.

Et 80% des analyses dont la DTI est supérieure à 0,1 mSv/an ont une activité bêta globale supérieure à 0,2 Bq/L.

3.3.1 Origine du ^{210}Pb

L'analyse de l'activité des différents radionucléides pris en compte dans le calcul de la dose totale indicative met en évidence une nette prédominance de l'activité du ^{210}Pb .



NB : Pour le calcul des activités moyennes des différents radionucléides les valeurs inférieures au seuil de détection ont été considérées comme nulles.

Les activités en ^{235}U et ^{228}Ra sont toutes inférieures au seuil de détection. Ces deux éléments sont issus respectivement des chaînes de désintégration de l'uranium 235 et du thorium 232 peu rencontrées dans la région.

Pour l'ensemble des DTI supérieures à 0,1 mSv/an, l'activité du ^{210}Pb est prépondérante, cette observation a été confirmée par le laboratoire Pe@rl qui travaille sur cette thématique depuis plusieurs années avec le service Santé Environnement de la DDASS de la Haute Vienne.

Le ^{210}Pb peut provenir de la désintégration des éléments radioactifs présents dans l'eau issus de la chaîne de l' ^{238}U . La présence majoritaire de captages par drain dans les couches superficielles du sol et la faible minéralisation des eaux tendent à démontrer un temps de parcours limité de l'eau au sein des roches et donc une faible dissolution des éléments minéraux.

L'activité en ^{210}Pb dans les eaux de Corrèze ne peut donc pas s'expliquer uniquement par la désintégration des éléments minéraux dissous issus de la chaîne de l' ^{238}U .

La dissolution du radon, présent dans les sols, dans l'eau les traversant est sans doute la voie majoritaire de contamination des eaux par le ^{210}Pb . D'autres arguments confirment l'hypothèse d'une dissolution du radon dans l'eau pour expliquer la présence importante de ^{210}Pb :

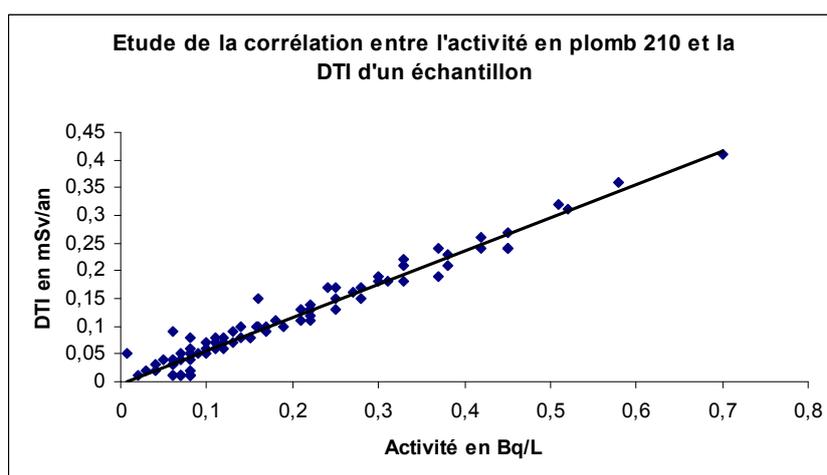
- ✓ l'étude du ratio $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$: à l'équilibre et sans apport externe, ce ratio est de 1 et permet de qualifier l'eau de « vieille ». Le ratio moyen observé est de 10,6. Ce qui signifie qu'il y a un apport de ^{210}Pb supplémentaire, suite à la désintégration du gaz radon, qui s'ajoute à la désintégration du ^{226}Ra présent dans l'eau.

- ✓ l'étude du ratio $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$: de la même façon ce ratio devrait être de 1 si l'équilibre radioactif était atteint. Le ratio moyen observé est de 10. Le plomb présent n'a donc pas eu le temps de se désintégrer en polonium.

Une lecture des activités représentées par 1 Bq du radionucléide tête de filiation en fonction de son âge - chaîne du ^{222}Rn – (annexe 11) montre qu'au bout de 2 heures pour une activité en radon de 1 Bq, l'activité en ^{210}Pb est de $3,25 \cdot 10^{-6}$ Bq. Les activités en radon dans les eaux captées de la Corrèze sont de l'ordre du kilobecquerel, l'activité en ^{210}Pb est alors de l'ordre de 3 millibecquerels. Cela tend à expliquer la forte présence de ^{210}Pb dans des eaux qualifiées de « jeunes ». Le ^{210}Pb apparaît très rapidement dès lors que l'activité du radon dans l'eau est conséquente. Cette même lecture indique une quantité négligeable de polonium au bout de 2h pour une activité en radon de 1Bq.

3.3.2 Contribution du ^{210}Pb à la DTI

Par ailleurs, l'étude de corrélation entre l'activité du ^{210}Pb et la Dose Totale Indicative révèle un coefficient de $R=0,97$. Ce résultat très proche de 1 indique une forte corrélation.



Il convient ici de rappeler qu'une DTI de 0,1 mSv/an due exclusivement au ^{210}Pb est atteinte pour une activité bêta globale résiduelle égale à 198 mBq/L ($\approx 0,2$ Bq/L). Cette remarque associée à la forte corrélation entre l'activité du ^{210}Pb et la DTI permet d'affirmer que la présence de ^{210}Pb explique la grande majorité des dépassements de la référence de qualité fixée pour la Dose Totale Indicative (0,1 mSv/an).

3.3.3 Proposition d'adaptation du contrôle sanitaire

Si une forte corrélation a pu être mise en évidence entre l'activité du ^{210}Pb et la DTI, cette corrélation n'existe pas en ce qui concerne les activités alpha globale et bêta globale. Cette absence de corrélation est à prendre en compte dans la mise en place du contrôle sanitaire des eaux. La seule mesure des activités alpha globale et bêta globale résiduelle ne permet pas de s'assurer de la qualité radiologique des eaux du département de la Corrèze.

Pour compléter la conclusion du chapitre précédent sur la nécessité d'adapter le contrôle sanitaire, au-delà de l'augmentation de la fréquence des analyses il serait intéressant d'associer aux mesures régulières des activités alpha et bêta une mesure de l'activité du ^{210}Pb afin d'avoir une idée plus juste de la qualité radiologique des eaux. Par ailleurs, la pertinence d'une valeur guide de 1Bq/L pour l'activité bêta globale résiduelle dans un contexte tel que celui de la Corrèze mérite d'être étudiée. Le calcul de la DTI d'une eau pourrait être déclenché, en Corrèze, pour une activité alpha globale supérieure à 0,1 Bq/L et/ou une activité bêta globale résiduelle supérieure à 0,2 Bq/L.

De plus, la commission européenne dans sa recommandation du 20 décembre 2001 attire l'attention des États membres sur la prise en compte des concentrations de ^{210}Po et ^{210}Pb dans l'eau : *article 5 d) Au-delà d'une concentration de référence de 0,1 Bq/L pour le ^{210}Po et de 0,2 Bq/L pour le ^{210}Pb , il conviendrait d'examiner la nécessité éventuelle de mesures correctives en vue de protéger la santé humaine.*

Sur les bases de cette recommandation européenne et du constat de cette campagne, il est nécessaire d'inclure l'activité du ^{210}Pb dans le suivi de la qualité radiologique des eaux dans le département de la Corrèze, en complément de l'analyse des activités alpha et bêta globale.

3.4 Présentation et analyse des résultats du suivi du réseau d'O.

L'ensemble des résultats d'analyses effectuées sur le réseau d'O. figure en annexe 12 du rapport.

L'hypothèse principale émise pour expliquer les résultats est une remise en suspension de dépôts accumulés au point bas du réseau. On peut raisonnablement penser qu'un réseau, constitué en partie de fonte, vieux d'une quarantaine d'années soumis à l'agressivité de l'eau présente des aspérités propres à favoriser les dépôts. La remise en eau du réseau a provoqué des variations de pression suffisamment importantes pour décoller les dépôts. Si l'impact du relargage des dépôts fût plus important sur l'antenne du Bourg, c'est probablement du fait d'une différence de tirage entre les différentes antennes. (cf. annexe 7)

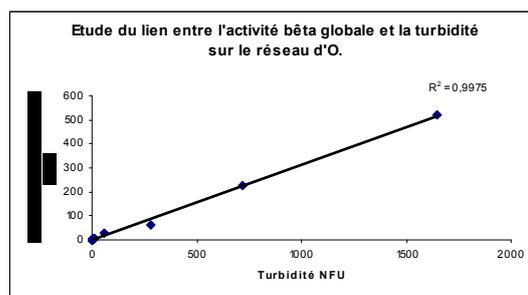
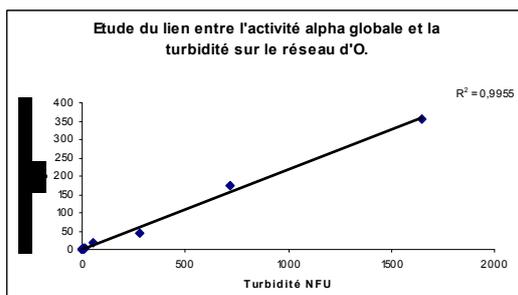
L'absence de purges sur l'ensemble de ce réseau est en faveur de l'accumulation de dépôts au niveau du point le plus bas.

3.4.1 Étude du lien entre les activités alpha et bêta globales et la turbidité

Des particules remises en suspension semblent s'être accumulées dans les canalisations au niveau du point le plus bas du réseau situé au fond d'un vallon. Par ailleurs, une partie de l'antenne de distribution de l'eau du Bourg est en fonte, matériau reconnu pour favoriser les dépôts.

La turbidité observée lors de l'incident et les résultats relatifs à la qualité radiologique de l'eau laissaient supposer un lien important entre la turbidité et les paramètres indicateurs de l'activité radiologique de l'eau. À la suite de l'incident plusieurs types d'analyses ont donc été réalisés sur ce réseau, la majeure partie d'entre elles portant sur la turbidité et les activités alpha et bêta

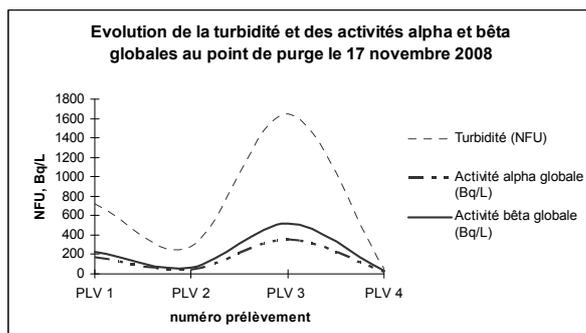
Toutes choses égales par ailleurs, sur ce réseau un suivi régulier de la turbidité a permis d'obtenir une indication sur la qualité radiologique de l'eau et la nécessité, le cas échéant, de mettre en place des analyses plus précises.



Au-delà des analyses réalisées à la suite de l'incident, au niveau des points de surveillance existants, il a été décidé de mettre en œuvre un programme de purges deux fois par semaine puis toutes les semaines au niveau le plus bas du réseau et d'analyser les eaux du point de purge mensuellement dans un premier temps puis tous les deux mois. Les purges ont été mises en œuvre comme indiqué dans l'annexe 9. L'objectif étant de nettoyer le réseau des impuretés accumulées au cours des quarante dernières années et d'étudier l'impact de la mise en place de purges sur la variabilité de la qualité radiologique de l'eau.

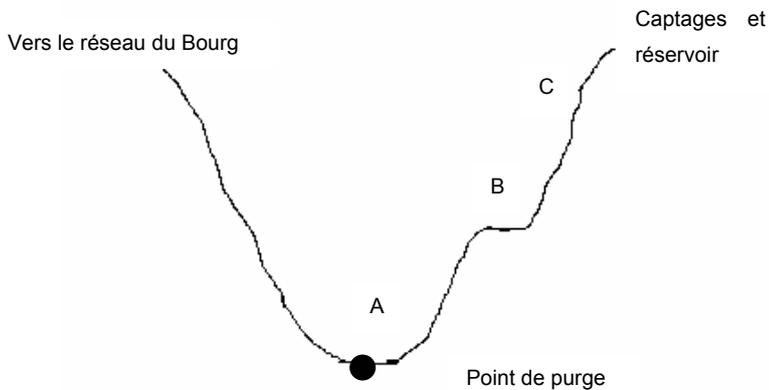
La première campagne d'analyse des purges du 17 novembre 2008 met en évidence de très fortes turbidités assorties d'activités alpha et bêta très importantes. De plus, des dépôts organiques sont observés lors des prélèvements, cela conforte l'hypothèse d'une accumulation notable de matériaux chargés en radionucléides.

La turbidité a varié au cours de cette purge de 56 NFU à 1650 NFU, l'activité alpha globale de 19,4 Bq/L à 354,84 Bq/L, l'activité bêta globale de 27,18 Bq/L à 519,5 Bq/L, la variation observée n'est cependant pas continue.



Prélèvement	1	2	3	4
Turbidité - NFU	720	280	1650	56
Activité alpha - Bq/L	175	45	354	19
Activité bêta - Bq/L	223	62	519	27

Cette variabilité des paramètres étudiés peut s'expliquer par la topographie du terrain qui s'apparente au schéma suivant :



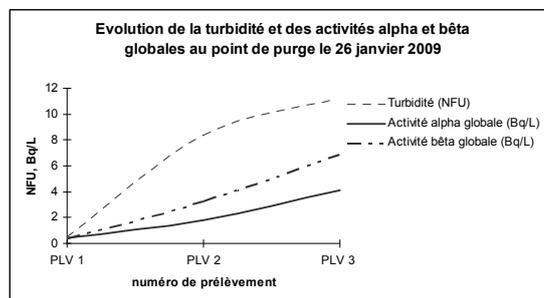
La première purge semble avoir nettoyé la partie basse du tronçon A du réseau. La diminution de la turbidité lors de la deuxième purge indique que cette purge prolonge les effets de la première. Néanmoins, lors des deux premières purges,

l'accélération de la colonne d'eau n'a pas permis aux dépôts présents dans les tronçons B et C de descendre jusqu'à l'exutoire. Ces dépôts ont vraisemblablement été éliminés par les deux dernières purges.

3.4.2 Proposition d'éléments de gestion et analyses complémentaires

Ce bref exemple illustre l'importance dans le cas présent de mettre en place un programme de purges régulier afin d'éviter l'accumulation de dépôts tout au long des canalisations. L'analyse fine de la topographie et des réseaux (diamètres des canalisations et de l'exutoire) à l'aide d'un ingénieur en hydraulique doit permettre de définir un protocole adapté et le temps de purge nécessaire à un bon entretien des réseaux.

Les campagnes suivantes d'analyse de l'eau de purge suivent toutes un profil identique, les résultats des activités alpha et bêta restent néanmoins supérieurs aux valeurs guides.



Ce profil d'augmentation continue des différents paramètres peut s'expliquer par une absence d'entretien pendant les quarante dernières années mais également aussi par une accumulation rapide des dépôts dans un point bas tel que celui-ci. Cette accumulation rapide des dépôts est en faveur du maintien sur le réseau de purges régulières selon un protocole établi tenant compte des spécificités de ce réseau.

Afin de confirmer cette hypothèse, il sera réalisé des analyses de radionucléides sur les matières en suspension des échantillons filtrés (retentat) issus des purges de réseau. Une telle analyse permettra d'estimer la part de la radioactivité engendrée par l'accumulation de radionucléides dans les matières en suspension et celle proprement due à la présence de radionucléides dissous.

3.4.3 Étude de la présence de radon dans l'eau

Au-delà des analyses de radioactivité, et compte tenu de la forte teneur en ^{210}Pb résultant en partie de la désintégration du radon, des recherches supplémentaires ont été effectuées dans les échantillons d'eau, elles ont permis de mettre en évidence une quantité importante de radon dans les eaux du réseau. (cf. annexe 7)

Ces mesures révèlent (cf. annexe 12) une concentration moyenne au robinet du consommateur de 690 Bq/L. Au niveau des captages cette concentration moyenne est de 1280 Bq/L. Ces valeurs sont à rapprocher des valeurs mentionnées dans l'article 5 de la recommandation de la commission européenne du 20 décembre 2001 concernant la protection de la population contre l'exposition au radon dans l'eau potable. Cet article précise que pour l'eau fournie dans le cadre d'une activité commerciale ou publique, il conviendrait de prendre les mesures suivantes :

Au-delà d'une concentration de 100 Bq/L, les États membres devraient fixer un niveau de référence pour le radon, utilisé pour déterminer si des mesures correctives sont nécessaires pour protéger la santé humaine.....Pour les concentrations supérieures à 1000 Bq/L les mesures correctives sont jugées justifiées au plan de la protection de la santé humaine.

Pourtant, aujourd'hui la concentration en radon ne fait l'objet d'aucun suivi dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine. Si on rappelle qu'une concentration en radon de 1000 Bq/L au robinet équivaldrait à un apport de 100 à 200 Bq/m³ dans l'habitat (*Recommandation Européenne du 20 décembre 2001*), le suivi de la présence de radon dans l'eau pourrait alors s'inscrire dans les campagnes de mesures d'exposition réalisées dans les espaces clos. Car si trop peu d'études ont été menées sur la toxicité du radon ingéré, les effets dus à une inhalation de radon ne sont plus aujourd'hui à démontrer.

3.4.4 Analyse des conséquences sanitaires par l'ASN

Interrogée sur les conséquences sanitaires d'un tel événement l'ASN a estimé, dans l'hypothèse où les habitants du bourg auraient effectivement consommé l'eau contaminée pendant 2 jours, à raison de 2 litres par jour, que la DTI aurait été majorée de 0,33 mSv/an. Cette valeur de 0,33 mSv/an est à comparer à la dose efficace moyenne mondiale annuelle par habitant due aux différentes sources d'exposition aux rayonnements d'origine naturelle de 2,4 mSv/an. L'ASN précise également dans son courrier que la survenue d'un tel incident reste préoccupante et qu'il est nécessaire de

prévenir tout nouvel incident de même nature. À ce titre, les actions proposées à savoir : mise en place d'un programme de purge, modification du système d'adduction en eau potable et suppression de la partie en fonte sont jugées satisfaisantes.

4 Exploitation des données de la campagne 2009

4.1 Synthèse des enseignements de la campagne 2008 et de l'incident d'O.

La campagne menée en 2008 et la survenue de l'incident d'O. conduisent à formuler, pour le département de la Corrèze, les conclusions suivantes

Compte tenu de la variabilité temporelle de la DTI, il est nécessaire de maintenir un suivi régulier de la qualité radiologique des eaux, au-delà des fréquences mentionnées dans l'arrêté du 11 janvier 2007.

La forte corrélation entre l'activité du ^{210}Pb et la DTI, impose un suivi de l'activité en ^{210}Pb en plus des activités alpha et bêta globales. Pour une activité en ^{210}Pb supérieure ou égale à 0,2 Bq/L, la conclusion pourra raisonnablement s'orienter vers une DTI supérieure à 0,1 mSv/an.

L'incident d'O. a mis en évidence combien l'absence d'entretien des réseaux et la topographie peuvent être des facteurs propres à favoriser l'accumulation de dépôts potentiellement chargés en radionucléides. Une identification des réseaux potentiellement à risque est donc nécessaire.

Enfin, le suivi de concentration en radon dans l'eau est un indicateur qui mérite d'être pris en compte afin de s'assurer d'une protection satisfaisante de la santé des populations.

4.2 Présentation des résultats de la campagne 2009 et difficultés rencontrées

4.2.1 Grande hétérogénéité des paramètres à prendre en compte

Suite aux observations et conclusions relatives à la campagne 2008 et l'incident d'O. des investigations ont été conduites sur certains réseaux identifiés comme potentiellement à risque. Les investigations conduites ont été assorties à la fois d'analyses de l'activité radiologique de l'eau au niveau des points de purges et de recherche de radon dans l'eau d'une part au niveau des captages et d'autres part au niveau du robinet du consommateur. Les différents résultats obtenus figurent en annexe 13.

Compte tenu du trop faible nombre d'analyse, et de la grande hétérogénéité des données les analyses statistiques réalisées n'ont pas permis de confirmer les hypothèses

avancées. La puissance statistique était insuffisante et un modèle multi-varié d'analyse serait sans doute plus approprié.

Cette campagne d'analyses avait pour objectifs d'étudier :

- les liens éventuels entre les caractéristiques du réseau (matériaux, topographie), l'exploitation (entretien des installations, mise en place de programme de purge) et la variabilité de la qualité radiologique de l'eau.
- l'influence des caractéristiques du réseau sur la teneur en radon de l'eau tout au long du système de production et de distribution.

Il est notamment impossible de mettre en évidence une corrélation entre la turbidité et les paramètres alpha et bêta comme ce fut le cas dans l'exploitation des données relatives à l'incident survenu à O.

Cette absence de corrélation s'explique par la variation de trop nombreux paramètres. Dans cette étude, aucun réseau n'est identique. Les diamètres des canalisations sont tous différents, la topographie des réseaux diffère, les capacités de production en eau sont propres à chaque réseau et la maintenance mise en place n'est pas partout similaire. Une certaine homogénéité existe en ce qui concerne les canalisations, l'ensemble des réseaux dispose de canalisations en PVC, avec persistance pour certains de portions en fonte.

Or, chacun de ces paramètres peut avoir une influence différente sur la variabilité de la qualité radiologique de l'eau.

Le diamètre des canalisations est évidemment à prendre en compte pour réaliser des purges propres à évacuer les dépôts éventuels accumulés dans le réseau. Par ailleurs pour une meilleure efficacité des purges via une accélération suffisante de la colonne d'eau le diamètre de l'exutoire devrait être au moins identique à celui de la nourrice ce qui n'est pas le cas aujourd'hui sur l'ensemble des réseaux.

Comme dans le cas d'O. la topographie du terrain représente un facteur important, l'existence d'un point bas propice à l'accumulation des dépôts n'est pas systématique. Si certains réseaux ont une topographie en « U » d'autres sont en pentes douces.

Pour ce qui est des capacités de production en eau, celles-ci peuvent induire, en fonction de la demande, une stagnation de l'eau dans certaines portions du réseau. Stagnation propice aux dépôts potentiellement chargés en radionucléides naturels.

4.2.2 Importance de la maintenance et de l'entretien des réseaux

La maintenance et l'entretien des installations sont effectués de façon plus ou moins consciencieuse en fonction des unités de gestion. Les résultats démontrent pourtant que par de simples gestes certains réseaux pourraient voir une nette amélioration de la qualité radiologique de l'eau. Deux exemples :

Sur UGE 11, au point de prélèvement *Compiègne*, en début de purge la turbidité était de 0,4 NFU, l'activité alpha de 0,15 Bq/L et l'activité bêta de 0,21 Bq/L en fin de purge la turbidité est de 0,66 NFU, l'activité alpha de 0,034 Bq/L et l'activité bêta de 0,107 Bq/L.

Dans ce cas, la pratique d'une purge a visiblement permis d'éliminer les accumulations de contaminants. Il convient de noter que sur ce point de prélèvement le diamètre de l'exutoire est de 40 mm pour une nourrice de 110 mm, l'accélération de l'eau lors de la purge s'en trouve affaiblie, mais reste suffisante pour un nettoyage du réseau. De plus, sur ce réseau la topographie, descente en pente douce, ne permet pas une accumulation de contaminants aussi conséquente qu'au sein du réseau d'O.

Sur UGE 13, unité de distribution de *Rigaudie*, point de prélèvement *point bas amont réservoir*, en début de purge la turbidité est de 11 NFU, l'activité alpha de 0,101 Bq/L et l'activité bêta de 0,412 Bq/L à la fin de la purge les valeurs sont respectivement de 0,46 NFU, 0,094 Bq/L et 0,333 Bq/L. Ces résultats caractérisent une accumulation possible de contaminants et l'efficacité des purges. Au matériau constitutif du réseau près (absence de portion en fonte) la configuration de ce réseau se rapproche de celle du réseau d'O.

Sur ce résultat une précision est à apporter, au regard des conclusions des chapitres précédents on peut vraisemblablement penser que la DTI en fin de purge est supérieure à 0,1 mSv/an.

Ces deux exemples montrent non seulement que des pratiques simples peuvent permettre de contenir les variabilités de la qualité radiologique de l'eau, mais également que chaque réseau est unique et qu'il convient d'adopter une gestion des risques au cas par cas.

4.2.3 Proposition d'une classification des réseaux en fonction du risque

Les réseaux ayant fait l'objet de cette étude, ont été classés selon une échelle de risque grâce à un examen attentif des réseaux en parallèle à l'analyse des résultats.

Pour la détermination du risque les critères suivants ont guidé la classification :

- l'existence de contraintes topographiques (de l'absence à la forte contrainte)
- l'évolution des paramètres turbidité et activités alpha et bêta au cours des purges (les purges permettent-elles ou non de diminuer les activités alpha et bêta globale et/ou la turbidité ?)
- la maintenance et l'entretien des réseaux

L'échelle de risque adoptée, par comparaison avec le réseau d'O., est la suivante :

- risque faible (absence de contraintes topographiques, la pratique de purges diminue notablement les activités alpha et bêta globales et la turbidité)
- risque modéré (contraintes topographiques existantes mais faibles, entretien soigné et régulier du réseau, la pratique de purge ne modifie pas particulièrement la turbidité et les activités alpha et bêta globale)

- risque important (forte contrainte topographique, entretien insuffisant pour remédier aux fortes activités alpha et bêta globale, la pratique de purge ne suffit pas à diminuer la turbidité et les activités alpha et bêta)

Tout ce travail de classification a été effectué en collaboration étroite avec l'adjoint sanitaire chargé des investigations et des prélèvements qui dispose d'une connaissance précieuse du terrain.

Sur les 16 réseaux étudiés 13 d'entre eux ont pu être classés : 2 en risque faible, 6 en risque modéré et 5 en risque important. Pour les 3 réseaux restants : pour l'un des investigations supplémentaires sont nécessaires, pour un autre la classification est sans objet car il doit dans un avenir proche être raccordé à une autre ressource moins problématique ; enfin pour le dernier les résultats sont à revoir faute d'avoir pu disposer d'une vanne de purge satisfaisante.

En fonction de cette classification des courriers de recommandations seront adressés aux collectivités. Ils reprendront les éléments essentiels de maintenance et de suivi analytique afin, notamment, de contenir les variations de la qualité radiologique de l'eau et d'assurer une protection satisfaisante de la santé des populations.

4.2.4 Nécessité de la prise en compte du radon dans l'eau par les gestionnaires de réseaux

Les investigations menées, en parallèle, sur le paramètre radon mettent en évidence une moyenne de 944 Bq/L au niveau des captages, les valeurs s'étendant de 293 à 2003 Bq/L. En ce qui concerne les réseaux (au robinet du consommateur) les valeurs s'étendent de 5,5 à 1240 Bq/L avec une moyenne de 448 Bq/L. Les enquêtes réalisées et les résultats démontrent que cette problématique est mal perçue par les personnes en charge des réseaux, les possibilités d'aération sont faibles sur l'ensemble des réseaux et méritent d'être réétudiées. Un seul des réseaux étudiés dispose d'un dispositif d'aération (cf. photo en annexe 14) mais celui-ci est mal dimensionné et ne permet donc pas d'atteindre les objectifs recherchés, avant l'aérateur la concentration en radon est de 1290 Bq/L, après de 1240 Bq/L, les résultats parlent d'eux-mêmes.

La mise en place de système de dégazage du radon bien qu'indispensable risque néanmoins de soulever une nouvelle problématique relative à la minéralisation des eaux. L'eau en Corrèze est agressive. Le dégazage du radon, par sur-verse ou mise en place d'un aérateur induira également une élimination du CO₂. Pour une eau peu minéralisée comme celle de la Corrèze, il y a intérêt à conserver une partie du CO₂ agressif pour permettre à l'eau de consommer les carbonates de calcium et de magnésium au cours de l'étape de neutralisation et favoriser la re-minéralisation. Dans l'hypothèse de la mise en place d'un système de dégazage du radon, la conception des installations de mise à

l'équilibre calco-carbonique s'en trouvera modifiée. Il faudra par exemple prévoir une injection de CO² pour faciliter la consommation de calcaire, qui remplace progressivement les installations à base de neutralite. Une alternative consisterait à mettre en place un système de dégazage après l'étape de neutralisation, afin d'éliminer le radon et le CO₂ en excès.

Aujourd'hui, les producteurs d'eaux en Corrèze n'ont pas pris la mesure du problème généré par la présence de radon dans l'eau. Cet état de fait demande donc une mobilisation du service Santé Environnement en matière d'information et de préconisations techniques. Ces préconisations devraient pouvoir être formulées au moment des études préalables à la mise en place des périmètres de protection. De nombreux captages étant déjà protégés et réhabilités des programmes de travaux supplémentaires devront être conduits.

D'une manière générale pour les deux problématiques soulevées, variabilité de la qualité radiologique de l'eau et présence de radon dans l'eau une étroite collaboration avec les services financiers du Conseil Général et des Agences de l'eau permettrait d'envisager la prise en charge d'une partie des travaux nécessaires pour obtenir une qualité radiologique de l'eau satisfaisante et assurer la protection de la santé des populations.

Conclusion

Les différentes études menées par le service santé environnement de la Corrèze ont confirmé combien il est difficile d'évaluer de manière précise l'exposition des populations aux risques liés à la présence de radionucléides dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Les valeurs guides actuellement utilisées pour les activités alpha et bêta et notamment bêta ne permettent pas, compte tenu du contexte local, de déclencher de manière fiable le calcul de la DTI.

Par ailleurs, les variations observées de la DTI pour un même réseau, ne permettent pas, dans une perspective de gestion du risque de se satisfaire de mesures ponctuelles. En outre, s'il devait être établi, pour chaque réseau, une dose totale indicative moyenne, il faudra veiller à un nombre de mesures suffisants permettant la prise en compte de la variabilité temporelle.

Sans attendre une évolution réglementaire qui ne saurait être adaptée à l'ensemble du territoire national, la Corrèze se doit de mettre en place un suivi particulier des réseaux, qui ont été ou seront identifiés comme, présentant des risques susceptibles d'induire une exposition des populations anormalement élevée.

Le suivi mis en place devra être analytique et technique :

- analytique par la mise en place d'analyses, au moins une fois par an, des paramètres activité alpha globale, activité bêta globale résiduelle, activité en ^{210}Pb , et le cas échéant, calcul de la DTI et suivi des concentrations en radon au robinet du consommateur
- technique, par l'appui apporté aux collectivités dans la conception de protocoles afin de garantir une maintenance soignée des réseaux. Ces protocoles devront notamment prendre en compte les nombreux facteurs susceptibles d'induire une variabilité de la qualité radiologique de l'eau. Une attention particulière devra être accordée à la topographie et à l'accumulation possible de contaminants chargés en radionucléides en certains points du réseau. Pour les installations concernées par la présence de radon il conviendra d'étudier les différentes possibilités permettant un dégazage efficace de l'eau.

Les résultats obtenus montrent bien la nécessité d'ajuster le suivi au cas par cas et que même sur le territoire de la Corrèze les suivis mis en place n'ont aucune vocation à être généralisés.

Cet effort d'adaptation réclame un investissement et un travail conséquent de l'ensemble du service santé environnement, au niveau :

- de l'identification des risques,
- de l'analyse et de la compréhension des résultats
- de la veille du respect des préconisations formulées aux collectivités.

Il convient, néanmoins, de souligner que les analyses radiologiques des eaux sont coûteuses, que les collectivités ne bénéficient en général que de faibles moyens financiers et que les budgets alloués au service santé environnement ne peuvent pas faire face à de telles dépenses vouées à se répéter.

Il est bien entendu que, l'ensemble des résultats et des mesures prises devra faire l'objet d'une publicité réfléchie auprès des populations concernées, leur permettant de disposer d'une information claire et précise sur la qualité de l'eau qu'elles consomment.

Enfin, une analyse des risques sanitaires liés à la qualité radiologique des eaux ne saurait être pertinente sans une identification claire des dangers, une connaissance approfondie des risques liés à l'ingestion d'eau chargée en radionucléides et sans mesure précise de l'exposition des populations.

Le présent rapport démontre que l'identification des dangers n'est pas, à ce jour, complète. Se pose notamment la question de l'inclusion du radon présent dans l'eau dans les dangers.

Les publications sur les risques sanitaires liés à l'ingestion d'eau chargée en radionucléides sont encore trop peu nombreuses.

Et, les études, réalisées par le service santé environnement de la Corrèze qui ont fait l'objet du présent rapport, mettent en évidence les difficultés de mesure de l'exposition des populations aux radionucléides présents dans l'eau.

Bibliographie

Articles de périodiques

ASKOY A., AL-JARALLAH M., AL-HADDAD M.N., "Natural radioactivity in the scale of water well pipes", *Journal of environmental radioactivity*, 2002, volume 61, n°1, pages 33 à 40.

BAEZA A., SALAS A., LEGARDA F., "Determining factors in the elimination of uranium and radium from groundwaters during a standard potabilization process", *Science of the total environment*, 2008, volume 406, n° 1-2, pages 24 à 34

DIXON K.L., LEE R.G., SMITH J., ZIELINSKI P., "Evaluating aeration technology for radon removal", *Journal- American Water Works Association*, 1991, volume 83, n°4, pages 141 à 148.

FISHER Eileen L., FUORTES Laurence J., VALENTINE Richard L., MEHRHOFF Marinea, FIELD R. William, "Dissolution of 226 Ra from pipe-scale deposits in a public water supply", *Environment International*, 2000, volume 26, n°1-2, pages 69 à 73

HABERER K., RAFF O., "Removal of naturally occurring radionuclides from drinking water", *Vom wasser*, 1999, volume 93, pages 305 à 324

MARIET C., "Mesure de la radioactivité de l'eau potable: un problème complexe", *Technique Sciences et Méthode*, 2006, volume 5, pages 12 à 16

METIVIER H., ROY M., "Dose efficace liée à la consommation d'eau minérale naturelle par l'adulte et le nourrisson", *Radioprotection*, 1997, volume 32, n°4, pages 491 à 499

PICAT Ph. , CALMET D., LOUVAT D., VRAY F., LEMAITRE N., LINDEN G., BARBEY P., PIGREE G., BOURCIER T., LEVY F., LE BAR S., BARON Y., DELACROIX D., PANAIVA E., DE BRYUNE T., HERVE J-Y., BEGUINEL P., CABANNE N., DE PAEPE A., SANTUCCI C., PROT T., MATRAY J-L., TILLIE J-L., "Radioactivité d'origine naturelle dans l'environnement en France : niveaux non perturbés par l'homme.", *Radioprotection*, 2002 volume 37, n°3, pages 283 à 327.

Guides, Rapports, Notes technique et communications

ASN, DGS (Direction Générale de la Santé) et IRSN, 2009, “La qualité de l’eau mise en distribution en France”, 2005-2007, disponible sur le Réseau d’Echanges en Santé Environnement (RESE) depuis le 10 juin 2009.

ASN, 2007, “Surveillance de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine”, *Présentation du diaporama à l’ASTEE* (Association Scientifique et Technique pour l’Eau et l’Environnement), 4 mai 2007, Johanna FITE.

ASN, 2006, “Rappels sur la radioactivité et l’exposition des populations aux rayonnements ionisants”, *Présentation du diaporama à la DRASS du Limousin*, 3 octobre 2006, Johanna FITE, Dominique MAISON

AUSTRALIAN DRINKING WATER GUIDELINES, chapitre 7, *Radiological quality of drinking water*.

BÖHM L., 2007, “Etude de potables de Bretagne et perspective d’évaluation du risque sanitaire éventuel lié au radon”, *Mémoire de fin d’études*, ENSP, 51 pages.

DE GUIDO I., 2000, “La radioactivité dans les eaux de consommation”, *Mémoire de fin d’études*, ENSP, 52 pages.

GODET J.L., LINDEN G., Note : “Radioactivité des eaux destinées à la consommation humaine”, novembre 1999, document consulté sur le Réseau d’Echanges en Santé Environnement (RESE) le 20 mai 2009.

GRENETIER N., 2002, “Évaluation de l’impact sanitaire consécutif à la pollution des eaux par les activités d’extraction et de traitement de l’uranium en Haute Vienne”, *Mémoire de fin d’études*, ENSP, 64 pages

IRSN, 2008, “Efficacité des techniques de potabilisation sur la qualité radiologique de l’eau”, *étude bibliographique DEI/SESUC n°2008-029*.

IRSN, 2006, “Analyse de la radioactivité des eaux”, *Bilan des résultats obtenus en 2007 pour les eaux d’adduction et pour les eaux minérales et thermales*, Rapport DEI/STEME n°2008-05.

IRSN, 2006, RANNOU A., AUBERT B., SCANFF P., "Exposition de la population française aux rayonnements ionisants", Rapport DRPH/SER 2006/2.

IRSN, 2006, "Analyse de la radioactivité des eaux destinées à la consommation humaine", *Bilan des résultats obtenus en 2004-2005*, Rapport DEI/STEME, n° 2006/3

IRSN, 2006, "Consommation d'eaux à teneur élevée en radionucléides naturels, risques pour les nourrissons et les jeunes enfants", rapport DRPH/SER n°2006/4

LIMAIR, La surveillance de l'air en Limousin, Université de Limoges, "Le risque radon et ses remédiations", Rapport 2005.

NEW HAMPSHIRE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SERVICES, 2004, "Dissolved mineral radioactivity in drinking water".

SANTÉ Canada, Fiche eau potable « le Radon », révisée en Avril 1995

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, "A regulators' Guide to the management of radioactive residuals from drinking water treatment technologies", Office of water, juillet 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006, GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY 3rd edition, chapitre 9, Radiological aspects

Textes réglementaires

COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE, Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Journal Officiel des Communautés Européennes L 330, publication 5 décembre 1998, pages 32 à 54

COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE, Recommandation de la commission du 20 décembre 2001 concernant la protection de la population contre l'exposition au radon dans l'eau potable, 2001/928/Euratom, Journal Officiel des Communautés Européennes L344, publication du 28 décembre 2001, pages 85 à 88

MINISTÈRE DE LA SANTÉ, Décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles, Journal Officiel de la République Française, 22 décembre 2001, 20318 à 20399

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS, Décret n°2007-49 du 11 janvier 2007 relatif à la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine, Journal Officiel de la République Française, 12 janvier 2007, texte 20 sur 143

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS, Arrêté du 11 janvier 2007 relatif programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R.1321-10, R.1321-15 et R.1321-16 du Code de la Santé Publique, Journal Officiel de la République Française, 17 février 2007, texte 22 sur 94

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS, Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du Code de la Santé Publique, Journal Officiel de la République Française, 6 février 2007, texte 17 sur 121

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS, Arrêté du 28 juin 2006 fixant la liste des laboratoires agréés par le ministère chargé de la santé pour la réalisation des prélèvements et des analyses du contrôle sanitaire, Journal Officiel de la République Française, 28 juillet 2006, texte 39 sur 107

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS, Arrêté du 12 mai 2004 fixant les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine, Journal Officiel de la République Française, 18 juin 2004, texte 41 sur 117

MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DE LA FAMILLE ET DES PERSONNES HANDICAPÉES, Arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, Journal Officiel de la République Française, 13 novembre 2003, texte n°2, page 58003

MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS, Circulaire n°DGS/EA4/2007/232 du 13 juin 2007 relative au contrôle et à la gestion du risque sanitaire liés à la présence de radionucléides dans les eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux conditionnées et des eaux minérales naturelles.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS, Circulaire n°DGS/SD7A/2007/57 du 02 février 2007 relative aux modifications apportées aux dispositions réglementaires du Code de la Santé Publique par le décret n°2007-49 du 11 janvier 2007 relatif à la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS, Circulaire n°DGS/SD7A/2007/39 du 23 janvier 2007 relative à la mise en œuvre des arrêtés du 11 janvier 2007 concernant les eaux destinées à la consommation humaine

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PROTECTION SOCIALE, Circulaire du 29 juillet 2004 relative aux missions des Directions Régionales et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales dans le domaine de la radioprotection

Sites internet consultés

ASN Autorité de Sûreté Nucléaire

www.asn.fr site consulté le 18 mai 2009, dernière consultation le 06 juillet 2009

CEA Commissariat à l'énergie atomique

www.cea.fr site consulté le 19 mai 2009, dernière consultation le 06 juillet 2009

IRSN Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

www.irsn.org site consulté le 18 mai 2009, dernière consultation le 06 juillet 2009

LITHOTEQUE du Limousin

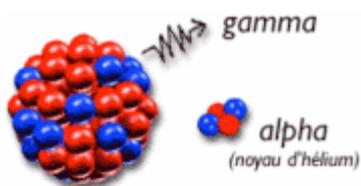
<http://www.ac-limoges.fr/svt/accueil/html/litho/index.htm> , site visité le 20 mai 2009, dernière visite le 06 juillet 2009

Réseau intranet du ministère de la Santé – Réseau d'échanges en santé environnementale (RESE)

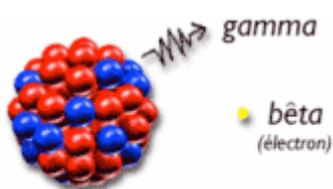
Liste des annexes

Annexe 1- Schéma des différents types de rayonnements ionisants	II
Annexe 2 - Les différentes unités de mesures de la radioactivité	III
Annexe 3 - Chaines de désintégration de l'uranium 238 et du thorium 232	IV
Annexe 4 - Éléments de géologie du département de la Corrèze	VI
Annexe 5 - Ressources et besoins en eau	IX
Annexe 6 - Modalités de calcul de la Dose Totale Indicative	X
Annexe 7 - Synoptique du réseau d'O.	XI
Annexe 8 - Questionnaire d'investigation pour la campagne 2009	XIII
Annexe 9 - Modalités de mise en œuvre des purges	XVII
Annexe 10 - Tableau des résultats de la campagne 2008	XVIII
Annexe 11 - Filiation de l'uranium 238	XXII
Annexe 12 - Tableau des résultats du suivi du réseau d'O.	XXIII
Annexe 13 - Tableau des résultats de la campagne 2009	XXIV
Annexe 14 - Photo Aérateur	XXVIII

Annexe 1 – Schéma des différents types de rayonnements ionisants



Le rayonnement α : émission d'un noyau d'hélium (constitué de 2 protons et de 2 neutrons) appelé aussi "particule α ". La portée dans l'air de ces particules est de quelques centimètres, elles sont arrêtées par une simple feuille de papier ;

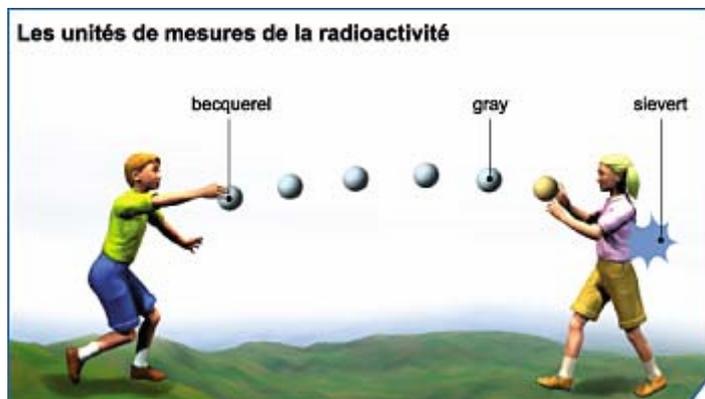


Le rayonnement β : transformation d'un neutron en proton accompagnée par l'émission d'un électron. Il suffit d'une feuille d'aluminium ou d'une vitre en verre ordinaire pour interrompre le parcours des électrons ;

Le rayonnement γ : émission d'un rayonnement électromagnétique, de même nature que la lumière visible ou les rayons X, mais beaucoup plus énergétique et donc plus pénétrant. Plusieurs centimètres de plomb ou plusieurs décimètres de béton sont nécessaires pour les arrêter.

Source ANDRA : www.andra.fr

Annexe 2 – Les différentes unités de mesures de la radioactivité

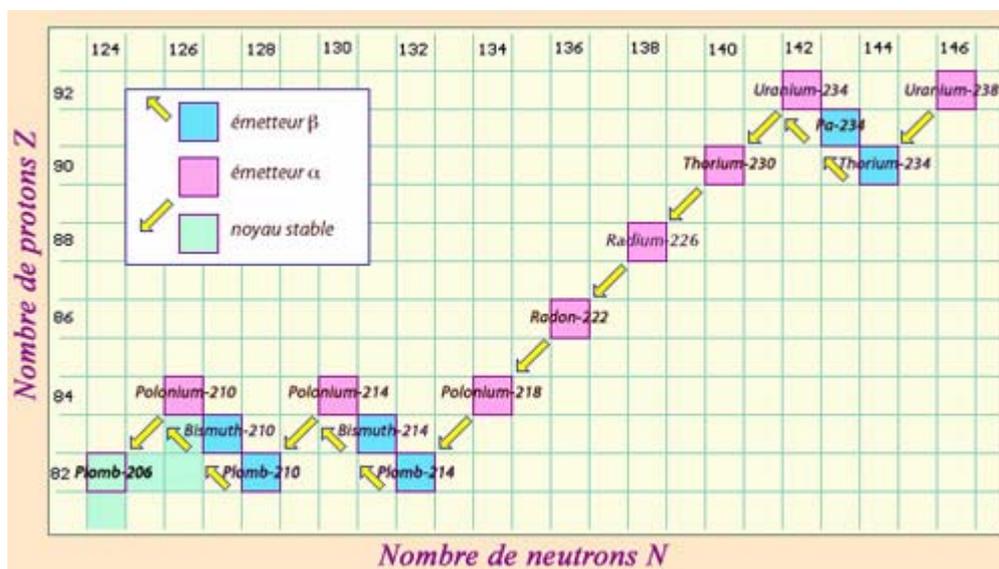


Cette image permet de symboliser la relation entre les trois unités de mesure de la radioactivité : un enfant lance des objets en direction d'une camarade. Le nombre d'objets envoyés peut se comparer au becquerel (nombre de désintégrations par seconde) ; le nombre d'objets reçus par la camarade, au gray (dose absorbée) ; les marques laissées sur son corps selon la nature des objets, lourds ou légers, au sievert (effet produit).

Source CEA : www.cea.fr

Annexe 3 – Chaines de désintégration de l'uranium 238 et du thorium

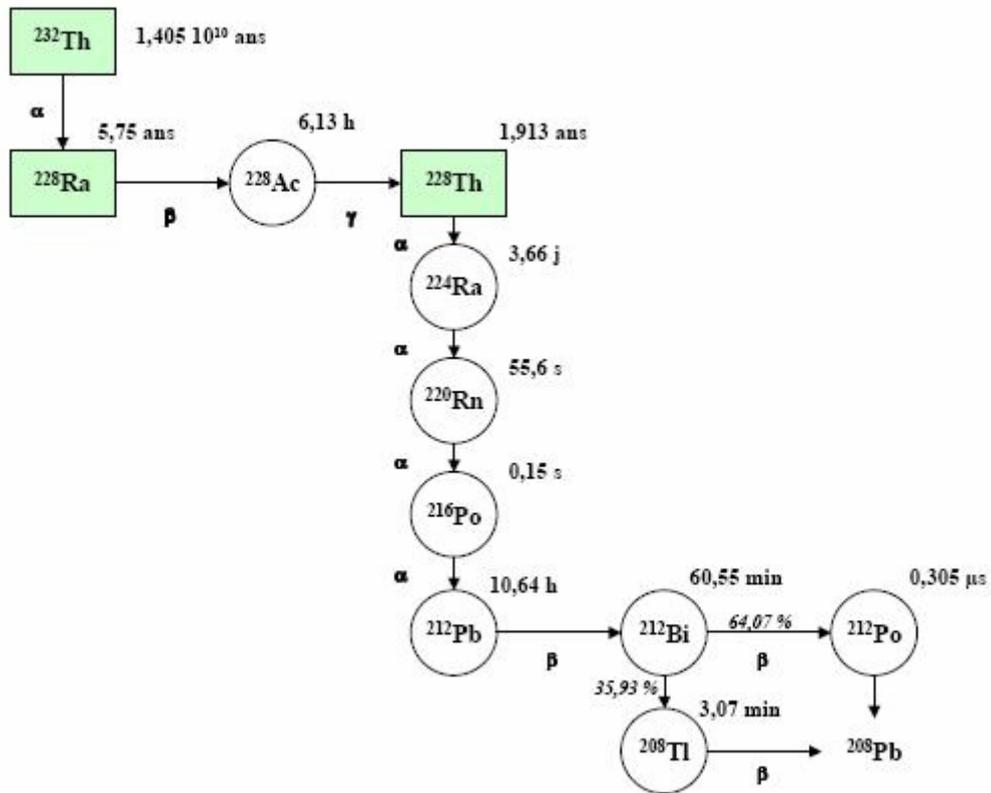
232



De l'uranium 238 au plomb 206

Le diagramme montre le cheminement sur la carte des noyaux de la cascade de désintégrations partant de l'uranium-238 et se terminant au Plomb-206 stable, avec ses 82 protons et 124 neutrons. Les désintégrations alpha diminuent de 2 unités les nombres de protons et de neutrons, alors que les désintégrations bêta-moins diminuent de 1 les neutrons et augmentent de 1 les protons. Les cheminements alpha sont corrigés à intervalles réguliers par des désintégrations bêta qui permettent d'atteindre le meilleur équilibre entre protons et neutrons. ©IN2P3

Source : www.laradioactivité.com

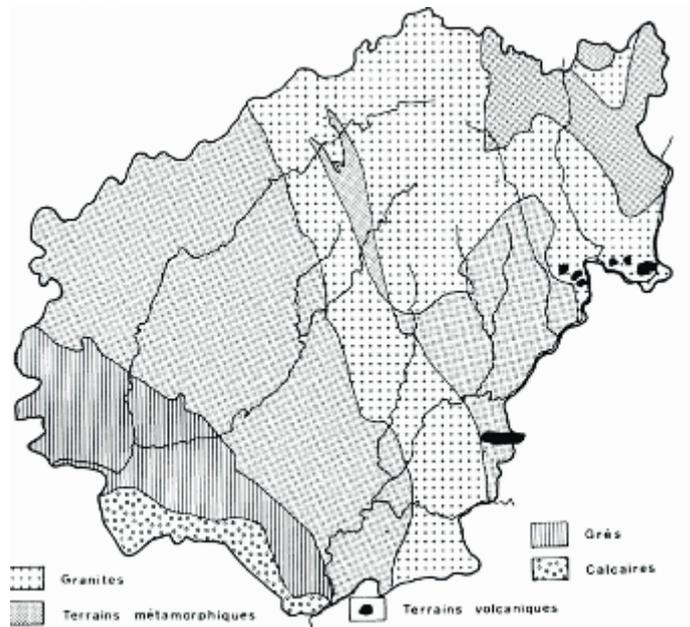


Chaine de désintégration du thorium 232 jusqu'au plomb 208

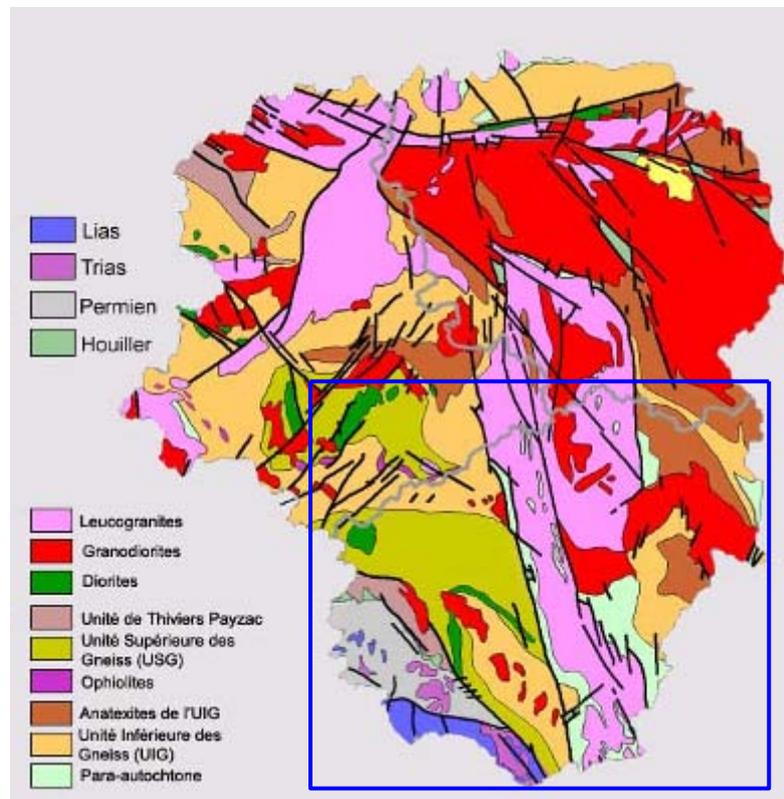
Source : www.jldamysite.com (lycée jean Durand – Castelnaudary)

Cette chaine de désintégration du thorium 232 est donnée à titre purement informatif, la région Limousin est plus particulièrement concernée par la désintégration du l'uranium 238.

Annexe 4 – Éléments de géologie du département de la Corrèze



Carte simplifiée de la géologie en Corrèze



Source : Lithothèque du Limousin-Académie de Limoges

La Corrèze s'inscrit à la frontière de deux grandes provinces géologiques : le Massif Central et le Bassin d'Aquitaine. On y trouve en grande majorité des plateaux cristallins, qui se rattachent au

Massif central. Le sud-ouest de la Corrèze est composé de formations sédimentaires du Bassin d'Aquitaine. La formation des roches cristallines est la conséquence de la formation de la chaîne hercynienne au cours de l'ère primaire. Depuis la fin du Primaire et début du secondaire, les reliefs de cette chaîne hercynienne ont été érodés. La base de toute montagne est constituée de roches cristallines, cette zone, dite profonde, parvenue à effleurement après érosion, constitue le soubassement des formations sédimentaires qui la recouvrent.

Le socle cristallin se constitue des roches métamorphiques et des roches magmatiques granitiques.

Les roches métamorphiques sont issues des matériaux de l'écorce, comprimés et enfoncés dans le manteau lors de la formation de la chaîne hercynienne.

Les affleurements du socle métamorphique se caractérisent par une superposition de bancs présentant une structure feuilletée déterminée soit par des micas abondants disposés selon des surfaces parallèles (micaschistes), soit par une alternance de rubans minéraux sombres (mica noir, amphibole) ou clairs (quartz, feldspath) dans le gneiss.

Sur la carte les roches métamorphiques se concentrent au niveau des Unités supérieure et inférieure des gneiss, de l'unité de Thiviers et de la zone para-autochtone.

Les roches magmatiques dérivent de la cristallisation par refroidissement de magmas. Leur texture est une association de minéraux en grains ne possédant aucune orientation particulière, il s'agit de la structure équate des roches granitiques. Toutefois dans un magma visqueux en cours de refroidissement, peut se produire un écoulement ou un aplatissement qui engendre une orientation des premiers minéraux apparus dans le liquide : lamelles de mica noir, aiguilles d'amphibole, tablettes de feldspath.

Trois ensembles de roches magmatiques se mettent en place successivement et chacun d'entre eux correspond à un mode de fusion et à un site de mise en place différents :

- diorites quartziques : roches formées de feldspath et d'amphibole associés à un peu de quartz, qui se sont intercalées dans les gneiss de l'unité supérieure.

- granites et granodiorites à biotite et/ou amphibole : composés de quartz, feldspath et de mica noir, parfois d'un peu d'amphibole.

- leucogranites : roches plutoniques provenant de la fusion partielle de la croûte terrestre. En raison du contraste de résistance à l'érosion existant entre les leucogranites et leur environnement métamorphique, les massifs de leucogranite constituent les reliefs les plus remarquables du Limousin (plateau de Millevaches).

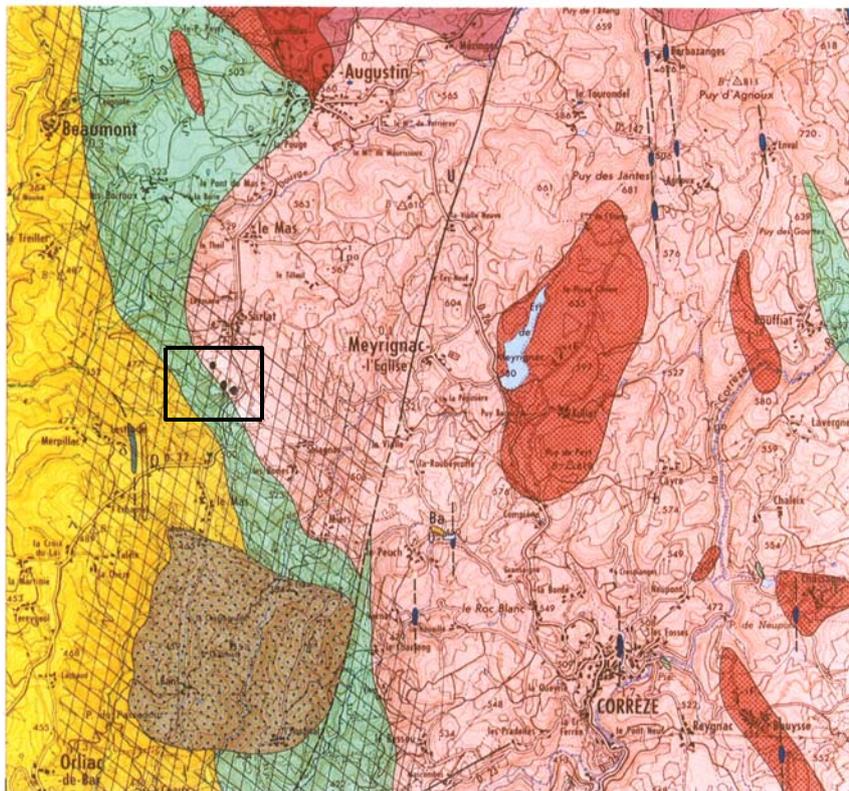
Sur la carte ci-dessus les zones de roches magmatiques sont indiquées comme leucogranites, granodiorites et diorites.

L'ensemble des roches contient des teneurs plus ou moins importantes d'uranium et de thorium et par conséquent de radium élément père du ^{222}Rn et du ^{210}Pb . de façon à fournir une première approche sur la présence de radionucléides naturels dans l'eau le tableau suivant donne l'activité massique en radium des grandes familles de roches.

Type de roches	Teneur en ^{226}Ra (Bq.kg $^{-1}$)		Teneur en ^{228}Ra (Bq.kg $^{-1}$)	
	Moyenne	Gamme	Moyenne	Gamme
granite	78	1-370	111	0,4-1030
basalte	11	0,4-41	10	0,2-36
calcaire	45	0,4-340	60	0,1-540
argile, grès	60	1-990	50	0,8-1470
gneiss	50	1-1800	60	0,4-420
schiste	37	1-660	49	0,4-370

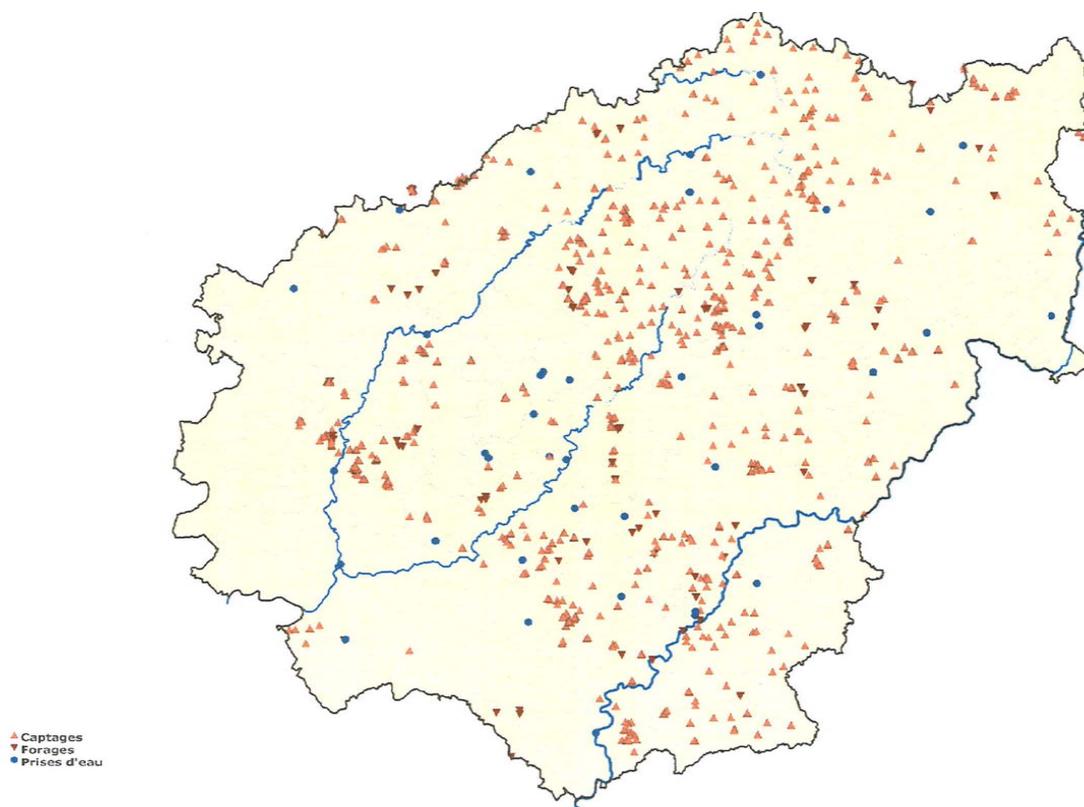
Les concentrations élevées de radium, et par conséquent de ses descendants dont le radon, sont associés, en général, aux roches plutoniques et en particulier granitique. Le basalte contient relativement peu d'uranium alors que le granite en contient beaucoup.

La carte suivante précise la localisation des captages d'O.

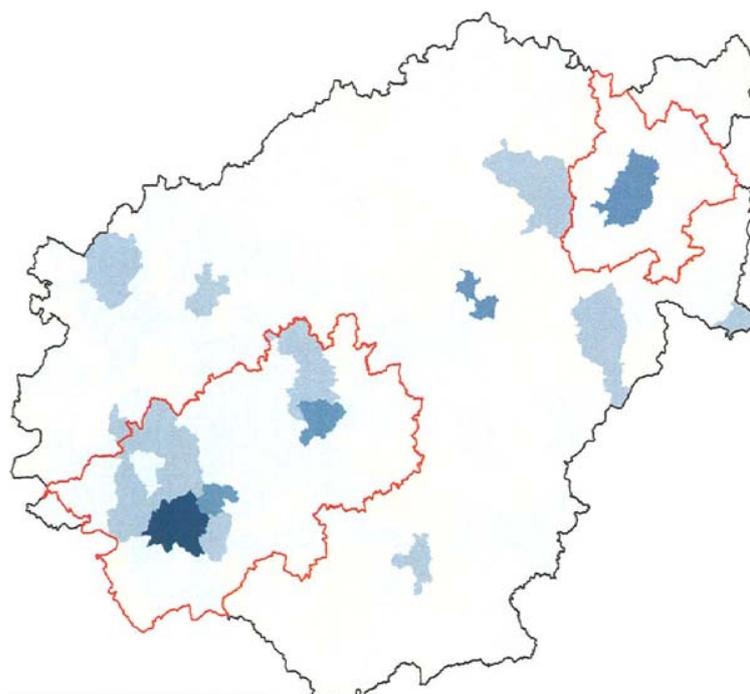


Les captages qui alimentent le réseau d'O. sont situés au sein d'une zone granitique broyée.

Annexe 5 – Ressources et besoins en eau



Source : Document de gestion de l'espace agricole et forestier – DDEA 19



Légende : plus le bleu est marqué plus la demande en eau est importante.

Annexe 6 - Modalités de calcul de la Dose Totale Indicative

La Dose Totale Indicative (DTI) est la dose efficace engagée pour une consommation quotidienne de 2L/j d'eau pendant un an

$$DTI = 2 \times 365 \times (\sum_i (C_i \times h(g)_i))$$

avec

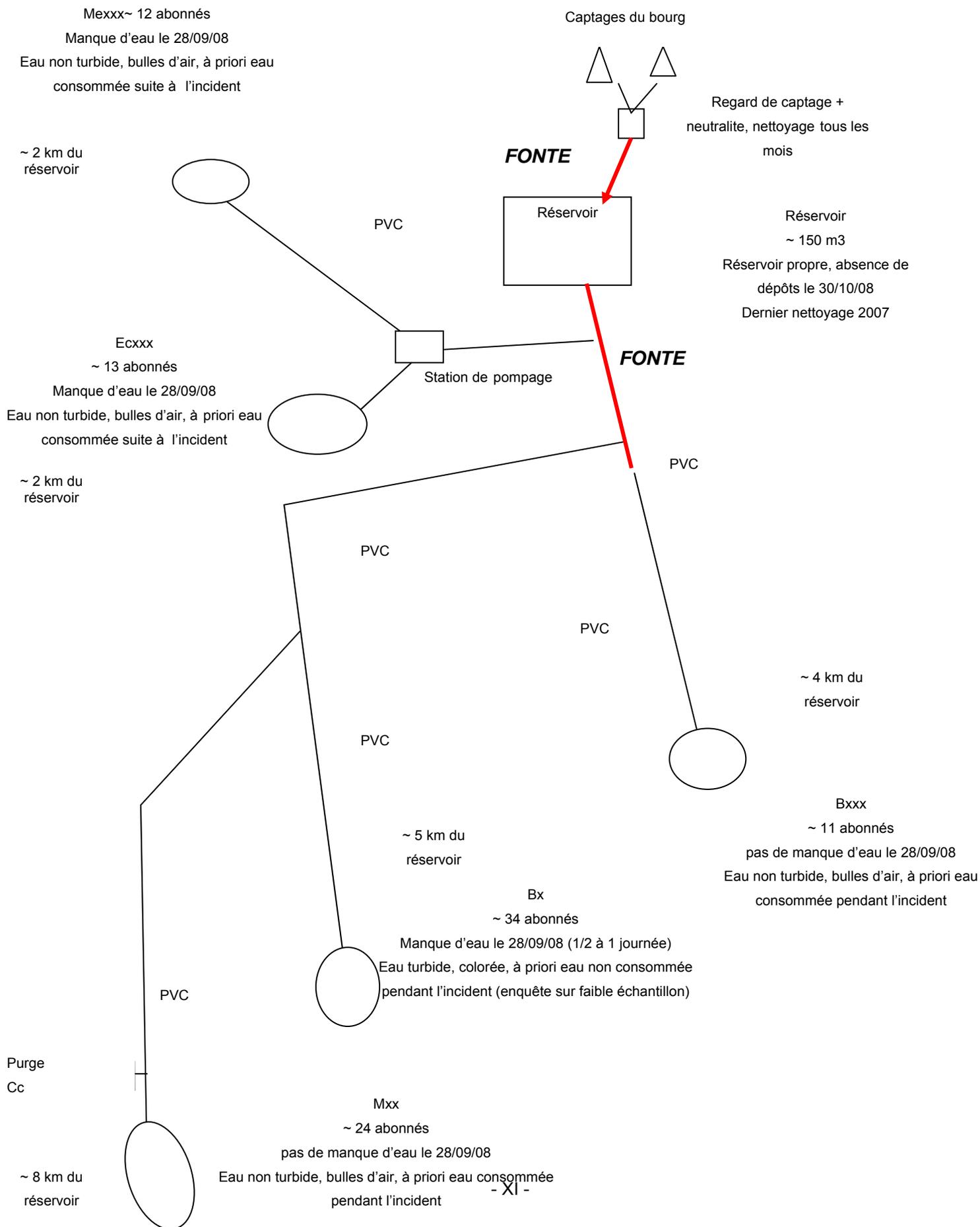
- C_i : activité volumique exprimée en $Bq.L^{-1}$
- $h(g)_i$: dose efficace engagée par unité d'incorporation du radionucléide i ingéré par un individu adulte (âge > 17 ans), figurant en annexe de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003

Remarques :

- o si pour un radionucléide i l'activité est inférieure au seuil de détection ;
 $C_i = 0$ et le radionucléide n'est pas pris en compte
- o les incertitudes associées aux résultats des mesures ne sont pas prises en compte

Source ASN, Présentation à la DRASS Limousin du 3 octobre 2006 INTRODUCTION À LA SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ RADIOLOGIQUE DES EAUX DESTINÉES À LA CONSOMMATION HUMAINE

Annexe 7 – Synoptique du réseau d'O.



Informations complémentaires sur la gestion de l'incident du réseau d'O.

Suite à cet incident et après communication avec la CIRE, la DGS et l'ASN les dispositions suivantes ont été mises en œuvre :

- Enquête environnementale pour déterminer les circonstances de l'incident et les causes d'un tel dépassement de la DTI
- Suivi analytique de la qualité radiologique de l'eau
- Mesures correctives, entretien du réservoir et mise en place d'un programme de purges

En outre, une lettre circulaire a été adressée à l'ensemble des élus afin d'attirer leur attention sur la survenue éventuelle d'incident sur les réseaux d'adduction d'eau destinée à la consommation humaine, l'obligation qui leur est due de tenir informée l'instance sanitaire de tout événement susceptible de nuire à la qualité de l'eau et à la santé de la population et enfin la nécessité d'entretenir l'ensemble des installations de production et de distribution d'eau potable.

Par ailleurs, afin d'estimer l'exposition de la population une enquête a été conduite auprès de la population exposée sur la consommation d'eau pendant les jours suivant l'incident.

Il s'avère que les abonnés de l'antenne du bourg n'ont pas consommé l'eau compte tenu de l'importante turbidité de celle-ci, néanmoins les abonnés des autres antennes indiquent avoir consommé l'eau qui n'avait pas de caractéristiques organoleptiques particulières. Les différentes antennes du réseau (Unité de Distribution du Bourg) sont toutes alimentées par le même réservoir.

Les résultats de l'enquête de terrain menée le 30 octobre 2008 ont permis de préciser les différentes hypothèses.

Pour ce qui est de l'acte de malveillance, à la suite de l'incident il n'a pas été constaté de traces d'effraction et l'ensemble des regards de captage et le réservoir étaient fermés. Par la suite, les résultats d'analyse n'indiqueront pas de présence anormale de tritium.

Les mesures correctives immédiatement mises en place prévoient notamment la réalisation régulière de purges afin de « nettoyer » le réseau des impuretés accumulées pendant les quarante dernières années. Mais également la mise en place d'une sur-verse au niveau du regard de captage afin de favoriser le dégazage du radon.

Le suivi analytique mis en œuvre à la suite de l'incident à consister à réaliser des prélèvements tous les quinze jours jusqu'à la fin du mois de décembre 2008 puis tous les deux mois. Les analyses portaient notamment sur les eaux de purge et avaient pour objet principal d'étudier la relation entre la turbidité et l'activité radiologique des eaux et d'évaluer l'efficacité de la pratique des purges sur la qualité radiologique de l'eau distribuée.

Annexe 8 – Questionnaire d’investigation pour la campagne 2009

GESTION & EXPLOITATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Responsable : **Qualité du responsable :**

Employé : **Qualité de l’employé :**

Documentation

Plans des réseaux à jour présents / absents

Plans des ouvrages présents / absents

Mise en place d’un carnet sanitaire oui / non

Observations diverses :

CAPTAGE PAR DRAINS

Nom du captage :

DUP oui / non année :

Respect prescriptions DUP oui / non

Etat du PPI bon / mauvais

Pratiques sur PPR bonnes / mauvaises

Nature PPR / PPE élevage / culture / bois / autres :

Regard de captage présence / absence

Etanchéité oui / non

Infiltrations présence / absence

Dépôts présence / absence

Incrustations présence / absence

Aération suffisante / insuffisante

Arrivée des drains en surverse oui / non

Hauteur estimée de la surverse :

Nombre d’arrivées :

Etat général de l’ouvrage bon / mauvais

Propreté générale de l’ouvrage bonne / mauvaise

Fréquence de nettoyage de l’ouvrage :

Date du dernier nettoyage :

Observations diverses :

FORAGE

Nom du forage :

DUP oui / non année

Respect prescriptions DUP oui / non

Etat du PPI bon / mauvais

Pratiques sur PPR bonnes / mauvaises

Nature PPR / PPE élevage / culture / bois / autres :

Dépôts sur le fond	présence / absence
Incrustations	présence / absence
Aération	suffisante / insuffisante
Arrivée(s) en surverse	oui / non
Hauteur estimée de la surverse :	
Nombre d'arrivées :	
Etat général de l'ouvrage	bon / mauvais
Propreté générale de l'ouvrage	bonne / mauvaise
Fréquence de nettoyage de l'ouvrage :	
Date du dernier nettoyage :	
Observations diverses :	

REGARD (de concentration ; brise-charge ; autre : _____)

Nom du regard :	
Etanchéité	oui / non
Infiltrations	présence / absence
Dépôts	présence / absence
Incrustations	présence / absence
Aération	suffisante / insuffisante
Arrivée(s) en surverse	oui / non
Hauteur estimée de la surverse :	
Nombre d'arrivées :	
Etat général de l'ouvrage	bon / mauvais
Propreté générale de l'ouvrage	bonne / mauvaise
Fréquence de nettoyage de l'ouvrage :	
Date du dernier nettoyage :	
Observations diverses :	

INSTALLATION DE DESINFECTION

Nom de l'installation :	
Type de désinfection	Tube UV / Pompe doseuse d'Eau de Javel / autre :
Aération de l'ouvrage d'implantation	suffisante / insuffisante
Fréquence des interventions sur l'installation :	
Date de la dernière intervention :	
Fréquence du contrôle d'efficacité de l'installation :	
Date du dernier contrôle d'efficacité :	
Observations diverses :	

UNITE DE TRAITEMENT DE L'AGRESSIVITE

Nom de l'unité de traitement :

Type de traitement neutralisation / reminéralisation / autre :

Dégazage en tête présence / absence

Arrivée sur le(s) filtre(s) en surverse oui / non

Hauteur estimée de la surverse :

Aération de l'ouvrage suffisante / insuffisante

Dépôts en surface présence / absence

Fréquence de nettoyage des filtres :

Date du dernier nettoyage :

Fréquence du contrôle d'efficacité de l'installation :

Date du dernier contrôle d'efficacité :

Observations diverses :

Antenne de

Longueur estimée : Population desservie :

Matériaux des canalisations : fonte / PVC / autre :

Contraintes topographiques oui / non

Type de contraintes :

Vanne de purge présente / absente localisée oui / non

Fréquence des purges : Date de la dernière

purge :

Observations diverses :

Document élaboré par Pierre BONNEL, Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de la Corrèze.

Annexe 9 – Modalités de mise en œuvre des purges

Principe général de la purge : augmentation progressive de la vitesse de l'eau dans les canalisations pour décoller les contaminants présents sur les parois.

Le nettoyage sera plus efficace si le diamètre de l'exutoire correspond à celui de la nourrice.

Normalement, les réseaux doivent être munis de vannes 12, 14 ou 18 tours et non de vanne 1/4 de tours et cela afin d'éviter les « coups de bélier ».

Mise en œuvre de la purge :

1- ouverture très progressive de la vanne jusqu'à $\frac{1}{2}$ de la vitesse maximale, écoulement pendant 5 minutes

2- fermeture très progressive de la vanne, et remise à l'équilibre du réseau – attente de 5 minutes environ

3- ouverture toujours très progressive de la vanne jusqu'au $\frac{3}{4}$ de la vitesse maximale, écoulement pendant 5 minutes

4- idem 2

5- ouverture très progressive de la vanne jusqu'au maximum et écoulement pendant 5 minutes

6- fermeture très progressive

Pour information, les prélèvements réalisés dans le cadre de la campagne 2009 ont été réalisés au cours de l'étape 1 et de l'étape 5

Ce protocole de purge a été scrupuleusement respecté pour l'ensemble des réseaux. ce qui ne signifie pas qu'il soit adapté à chacun.

Annexe 10 – Tableau des résultats – Campagne 2008

Date	n° rapport d'analyses crecep	activité alpha globale	activité bêta globale	D470 polonium 210	D416 uranium 234	D416 uranium 235	D416 uranium 238	D415 radium 226	D469 plomb 210	D467 radium 228	DTI calculée (mSv/an)
02/09/2008	C08R 7952	0,09 +/- 0,03	0,23 +/- 0,08	<0,0012	<0,004	<0,004	<0,004	<0,003	0,10 +/- 0,03	<0,05	0,05
24/11/2008	C08R 10570	0,11	0,27	0,013	0,005	<0,005	0,014	<0,04	0,28	<0,05	0,15
21/10/2008	C08R 9595	0,04 +/- 0,02	0,14 +/- 0,06	0,078 +/- 0,007	0,003 +/- 0,003	<0,006	0,009 +/- 0,005	<0,05	0,160 +/- 0,040	<0,06	0,15
18/11/2008	C08R 10333	0,06 +/- 0,02	0,18 +/- 0,07	0,0076 +/- 0,0022	<0,005	<0,005	<0,005	0,06 +/- 0,03	0,17 +/- 0,05	<0,06	0,1
08/12/2008	C08R 11025	0,06	0,18	0,0124	<0,006	<0,006	<0,006	<0,05	0,11	<0,07	0,07
24/11/2008	C08R 10569	0,04	0,16	0,008	0,023	<0,006	0,044	<0,04	0,1	<0,05	0,06
08/12/2008	C08R 11022	0,14	0,31	0,0126	0,009	<0,004	0,024	0,06	0,1	<0,07	0,07
08/12/2008	C08R 11029	0,1	0,27	0,0152	0,042	<0,005	0,026	0,04	0,11	<0,07	0,08
08/12/2008	C08R 11027	0,05	0,27	0,0352	0,008	<0,004	0,017	<0,05	0,22	<0,06	0,14
02/09/2008	C08R 7950	0,02 +/- 0,02	0,14 +/- 0,07	<0,0031	<0,011	<0,011	<0,011	<0,03	0,02 +/- 0,02	<0,05	0,01
23/09/2008	C08R 8727	0,03 +/- 0,02	0,15 +/- 0,07	0,0048 +/- 0,0016	<0,004	<0,004	<0,004	<0,03	<0,08	<0,03	0,01
23/09/2008	C08R 8728	0,04 +/- 0,02	0,12 +/- 0,06	0,0059 +/- 0,0018	<0,006	<0,006	<0,006	<0,03	<0,08	<0,02	0,01
23/09/2008	C08R 8729	0,04 +/- 0,02	0,18 +/- 0,07	0,0046 +/- 0,0025	<0,004	<0,004	<0,004	<0,03	0,19 +/- 0,06	<0,03	0,0997
04/11/2008	C0R 10002	0,06 +/- 0,02	0,27 +/- 0,08	0,0051 +/- 0,0024	<0,008	<0,008	<0,008	0,03 +/- 0,02	0,33 +/- 0,06	<0,06	0,18
06/10/2008	C08R 9154	0,11 +/- 0,02	0,28 +/- 0,08	0,0186 +/- 0,0024	<0,005	<0,005	<0,005	0,12 +/- 0,04	0,25 +/- 0,05	<0,06	0,17
13/10/2008	C08R 9368	0,09 +/- 0,03	0,08 +/- 0,07	<0,001	0,002 +/- 0,002	<0,004	0,004 +/- 0,003	<0,04	0,06 +/- 0,030	<0,06	0,03
08/09/2008	C08R 8229	0,02 +/- 0,02	0,07 +/- 0,06	0,003 +/- 0,001	<0,006	<0,006	<0,006	<0,03	0,09 +/- 0,04	<0,05	0,05
08/09/2008	C08R 8228	0,01 +/- 0,02	0,06 +/- 0,07	<0,0007	0,025 +/- 0,007	<0,004	0,012 +/- 0,005	<0,03	0,06 +/- 0,04	<0,05	0,03
25/11/2008	C08R 10582	0,04	0,18	0,0278	0,013	<0,005	<0,005	<0,04	0,14	<0,05	0,1
15/09/2008	C08R 8496	0,14 +/- 0,03	0,25 +/- 0,08	0,011 +/- 0,002	0,008 +/- 0,004	<0,004	0,011 +/- 0,005	0,03 +/- 0,02	0,12 +/- 0,04	<0,02	0,08
17/11/2008	C08R 10326	0,03 +/- 0,02	0,12 +/- 0,07	<0,0010	<0,005	<0,005	0,005 +/- 0,003	<0,05	<0,06	<0,06	<0,01
15/09/2008	C08R 8493	0,02 +/- 0,02	0,07 +/- 0,07	0,006 +/- 0,002	0,017 +/- 0,005	<0,003	0,012 +/- 0,005	<0,05	0,06 +/- 0,03	<0,03	0,04
15/09/2008	C08R 8492	0,09 +/- 0,02	0,27 +/- 0,07	<0,006	0,038 +/- 0,009	<0,004	0,026 +/- 0,008	0,03 +/- 0,03	0,37 +/- 0,07	<0,02	0,19
25/11/2008	C08R 10580	0,14	0,19	0,0094	<0,004	<0,004	<0,004	<0,04	0,06	<0,05	0,04
29/09/2008	C08R 8936	0,03 +/- 0,02	0,13 +/- 0,07	0,0033 +/- 0,0008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	0,11 +/- 0,04	<0,05	0,06
25/11/2008	C08R 10583	0,16	0,29	0,0477	0,186	<0,006	0,069	<0,04	0,33	<0,05	0,22
23/09/2008	C08R 8724	0,14 +/- 0,03	0,24 +/- 0,08	0,0017 +/- 0,001	<0,004	<0,004	<0,004	<0,03	<0,08	<0,02	0,01
23/09/2008	C08R 8726	0,05 +/- 0,02	0,13 +/- 0,06	0,0022 +/- 0,0009	<0,006	<0,006	<0,006	<0,03	<0,08	<0,03	0,01
09/12/2008	C08R 11023	0,06	0,16	0,0068	<0,004	<0,004	<0,004	<0,05	<0,07	<0,07	0,01
29/09/2008	C08R 8939	8,18 +/- 0,54	31,20 +/- 1,94	38 +/- 1,6	0,2999 +/- 0,031	0,020 +/- 0,007	0,303 +/- 0,031	0,14 +/- 0,04	52,1 +/- 6,8	<0,05	60
28/10/2008	C08R 9811	0,23 +/- 0,03	0,39 +/- 0,08	0,009 +/- 0,002	<0,004	<0,004	<0,004	0,06 +/- 0,030	0,158 +/- 0,04	<0,06	0,1

09/09/2008	C08R 8224	0,03 +/- 0,02	0,07 +/- 0,06	0,018 +/- 0,003	0,008 +/- 0,004	<0,004	<0,004	<0,02	0,38 +/- 0,08	<0,02	0,21
09/09/2008	C08R 8225	0,05 +/- 0,02	0,15 +/- 0,07	<0,001	0,049 +/- 0,011	<0,005	0,015 +/- 0,006	<0,03	0,15 +/- 0,05	<0,02	0,08
23/09/2008	C08R 8719	0,17 +/- 0,03	0,35 +/- 0,03	0,0876 +/- 0,0054	0,066 +/- 0,013	<0,005	0,053 +/- 0,011	<0,03	<0,08	<0,02	0,08
23/09/2008	C08R 8718	0,06 +/- 0,02	0,24 +/- 0,07	0,0046 +/- 0,0019	<0,004	<0,004	<0,004	<0,02	<0,08	<0,02	0,01
30/09/2008	C08R 8934	0,16 +/- 0,03	0,3 +/- 0,08	0,0054 +/- 0,0020	<0,004	<0,004	<0,004	0,08 +/- 0,04	0,27 +/- 0,06	<0,05	0,16
18/11/2008	C08R 10329	0,14 +/- 0,03	0,35 +/- 0,08	0,0100+/- 0,0022	0,015 +/- 0,006	<0,005	0,007+/- 0,005	0,08 +/- 0,03	0,28 +/- 0,06	<0,07	0,17
18/11/2008	C08R 10332	0,16 +/- 0,03	0,31 +/- 0,07	0,0089+/- 0,0027	0,007+/- 0,006	<0,009	<0,009	0,07 +/- 0,02	0,21 +/- 0,05	<0,07	0,13
18/11/2008	C08R 10334	0,01 +/- 0,02	0,10 +/- 0,06	0,0043+/- 0,0016	<0,005	<0,005	<0,005	0,06 +/- 0,03	<0,08	<0,06	0,02
18/11/2008	C08R 10331	0,07 +/- 0,02	0,13 +/- 0,07	0,0021+/- 0,0015	0,016+/- 0,006	<0,005	0,004+/- 0,003	0,03+/- 0,02	0,17+/- 0,04	<0,06	0,09
22/12/2008	C09R0002	0,12	0,63	0,0371	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	0,45	<0,07	0,27
22/12/2008	C09R0001	0,09	0,33	0,0221	0,004	<0,003	0,007	<0,04	0,25	<0,07	0,15
14/10/2008	C08R 9367	0,06 +/- 0,02	0,10 +/- 0,07	0,007+/- 0,002	<0,009	<0,009	<0,009	<0,04	0,080+/- 0,020	<0,06	0,05
07/10/2008	C08R 9152	0,10 +/- 0,02	0,39 +/- 0,08	0,0230+/- 0,0034	<0,007	<0,007	<0,007	0,06 +/- 0,02	0,42+/- 0,07	<0,06	0,24
18/11/2008	C08R 10330	0,09 +/- 0,02	0,22 +/- 0,07	0,0182+/- 0,0024	<0,006	<0,006	<0,006	<0,05	0,45 +/- 0,08	<0,06	0,24
16/12/2008	C08R11284	0,11	0,3	0,0554	0,071	<0,005	0,056	<0,05	0,52	<0,03	0,31
09/09/2008	C08R 8227	0,06 +/- 0,02	0,07 +/- 0,06	0,002 +/- 0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,03	0,07 +/- 0,04	<0,04	0,04
23/09/2008	C08R 8721	0,04 +/- 0,03	0,4 +/- 0,07	0,011 +/- 0,002	0,005 +/- 0,003	<0,004	0,012 +/- 0,005	<0,03	0,05 +/- 0,04	<0,03	0,04
23/09/2008	C08R 8720	0,03 +/- 0,02	0,2 +/- 0,07	0,0087 +/- 0,0019	<0,004	<0,004	<0,004	<0,02	0,04 +/- 0,04	<0,03	0,03
29/09/2008	C08R 8938	0,28 +/- 0,04	0,48 +/- 0,09	0,0041+/- 0,0014	<0,004	<0,004	<0,004	<0,03	<0,07	<0,05	0,01
18/11/2008	C08R 10328	0,06 +/- 0,02	0,21 +/- 0,07	0,0047+/- 0,0017	0,006+/- 0,004	<0,005	0,007 +/- 0,004	<0,004	0,14 +/- 0,04	<0,06	0,08
25/11/2008	C08R 10578	0,13	0,27	0,0117	<0,005	<0,005	<0,005	<0,04	0,11	<0,05	0,07
13/10/2008	C08R 9365	0,17 +/- 0,03	0,29 +/- 0,08	0,015 +/- 0,003	0,004+/- 0,003	<0,004	0,014+/- 0,006	<0,04	0,450+/- 0,080	<0,06	0,24
13/10/2008	C08R 9369	0,05 +/- 0,02	0,19 +/- 0,06	0,003 +/- 0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,05	0,130+/- 0,040	<0,06	0,07
24/11/2008	C08R 10577	0,11	0,29	0,0675	0,011	<0,007	0,004	<0,04	0,51	<0,05	0,32
23/12/2008	C09R0006	0,13	0,4	0,0698	0,011	<0,003	0,013	<0,05	0,7	<0,06	0,41
15/09/2008	C08R 8491	0,05 +/- 0,02	0,09 +/- 0,07	0,005 +/- 0,002	<0,004	<0,004	<0,004	0,03 +/- 0,02	0,007 +/- 0,003	<0,02	0,05
15/09/2008	C08R 8495	0,03 +/- 0,02	0,16 +/- 0,07	0,004 +/- 0,002	0,015 +/- 0,006	<0,006	0,015 +/- 0,006	<0,03	0,25 +/- 0,05	<0,03	0,13
02/09/2008	C08R 7953	0,10 +/- 0,02	0,23 +/- 0,07	0,010 +/- 0,002	0,008 +/- 0,004	<0,005	0,008 +/- 0,004	<0,03	0,15 +/- 0,03	<0,05	0,08
02/09/2008	C08R 7954	0,10 +/- 0,02	0,19 +/- 0,07	0,010 +/- 0,003	0,004	<0,004	<0,004	0,08 +/- 0,02	0,13 +/- 0,03	<0,05	0,09
04/11/2008	C08R 9998	0,16 +/- 0,03	0,33 +/- 0,08	0,0028+/- 0,0012	<0,006	<0,006	<0,006	0,06+/- 0,04	0,18+/- 0,04	<0,06	0,11
04/11/2008	C08R 9999	0,07 +/- 0,02	0,11 +/- 0,07	0,0099+/- 0,0023	0,003+/- 0,003	<0,007	0,008+/- 0,005	<0,05	0,12+/- 0,03	<0,06	0,07
08/12/2008	C08R 11024	0,05	0,2	<0,0037	<0,004	<0,004	<0,004	0,04	<0,07	<0,06	0,01
09/12/2008	C08R 11028	0,17	0,54	0,0351	0,051	<0,004	0,058	0,06	0,24	<0,07	0,17

18/11/2008	C08R 10335	0,03 +/- 0,02	0,08 +/- 0,06	0,0049 +/- 0,0015	<0,006	<0,006	<0,006	<0,04	0,04 +/- 0,03	<0,05	0,02
16/12/2008	C08R11285	0,02	0,07	0,0052	<0,004	<0,004	<0,004	<0,05	0,08	<0,06	0,04
03/11/2008	C08R 10001	0,18 +/- 0,03	0,24 +/- 0,08	0,0026 +/- 0,0012	0,173 +/- 0,023	<0,005	0,184 +/- 0,024	<0,05	0,08 +/- 0,03	<0,06	0,05
03/11/2008	C08R 10000	<0,03	0,2 +/- 0,07	0,0053 +/- 0,0016	<0,007	<0,007	<0,007	<0,05	0,03 +/- 0,02	<0,06	0,02
06/10/2008	C08R 9155	0,05 +/- 0,02	0,16 +/- 0,07	0,0090 +/- 0,0021	<0,007	<0,007	<0,007	0,05 +/- 0,03	0,22 +/- 0,05	<0,06	0,13
15/09/2008	C08R 8494	0,07 +/- 0,02	0,18 +/- 0,07	0,006 +/- 0,002	0,004 +/- 0,003	<0,004	0,005 +/- 0,003	0,05 +/- 0,02	0,08 +/- 0,04	<0,03	0,06
23/12/2008	C09R0005	0,04	0,24	0,024	<0,003	<0,003	0,018	<0,05	0,16	<0,06	0,1
23/12/2008	C09R0007	0,07	0,13	0,041	0,009	<0,003	0,007	<0,04	0,38	<0,07	0,23
20/10/2008	C08R 9599	0,12 +/- 0,03	0,23 +/- 0,07	0,004 +/- 0,001	0,005 +/- 0,003	<0,004	0,003 +/- 0,002	<0,05	0,120 +/- 0,030	<0,06	0,06
20/10/2008	C08R 9596	0,08 +/- 0,02	0,25 +/- 0,08	0,030 +/- 0,004	0,029 +/- 0,008	<0,004	0,021 +/- 0,006	<0,05	0,310 +/- 0,060	<0,07	0,18
20/10/2008	C08R 9598	0,11 +/- 0,03	0,29 +/- 0,08	0,006 +/- 0,003	0,015 +/- 0,007	<0,006	<0,006	<0,05	0,220 +/- 0,050	<0,06	0,12
20/10/2008	C08R 9597	0,07 +/- 0,02	0,18 +/- 0,06	0,005 +/- 0,002	0,009 +/- 0,004	<0,004	0,006 +/- 0,003	<0,05	0,210 +/- 0,050	<0,06	0,11
24/11/2008	C08R 10573	0,05	0,29	0,0496	0,051	<0,005	0,035	<0,04	0,42	<0,05	0,26
24/11/2008	C08R 10571	0,08	0,29	0,0662	<0,003	<0,003	<0,003	<0,04	0,37	<0,05	0,24
24/11/2008	C08R 10575	0,03	0,24	0,0342	0,009	<0,007	0,004	<0,04	0,3	<0,05	0,18
22/12/2008	C09R0004	0,06	0,18	0,0463	0,032	<0,005	0,023	<0,05	0,33	<0,06	0,21
22/12/2008	C09R0003	0,09	0,47	0,0625	0,019	0,012	0,012	0,04	0,58	<0,06	0,36
08/09/2008	C08R 8230	0,04 +/- 0,02	0,06 +/- 0,06	0,009 +/- 0,002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,03	<0,06	<0,05	0,01
29/09/2008	C08R 8935	0,07 +/- 0,02	0,24 +/- 0,07	<0,0034	<0,005	<0,005	<0,005	<0,03	0,22 +/- 0,05	<0,05	0,11
29/09/2008	C08R 8937	0,08 +/- 0,02	0,22 +/- 0,07	0,0738 +/- 0,0061	<0,004	<0,004	<0,004	<0,03	0,06 +/- 0,03	<0,05	0,09
09/12/2008	C08R 11026	0,16	0,37	0,0105	0,012	<0,003	<0,003	0,04	0,07	<0,06	0,05
06/10/2008	C08R 9153	0,22 +/- 0,03	0,49 +/- 0,09	0,0287 +/- 0,0033	<0,004	<0,004	<0,004	0,09 +/- 0,03	0,30 +/- 0,06	<0,06	0,19
02/09/2008	C08R 7951	0,06 +/- 0,02	0,24 +/- 0,07	0,019 +/- 0,003	<0,007	<0,007	<0,007	<0,04	0,22 +/- 0,04	<0,05	0,13

Annexe 11- Filiations de l'uranium 238

Activités en Bq représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge



Annexe 3

Filiations de l'Uranium 238 (suite)

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.
Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

I - Tête de la filiation : Radium 226 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radium 226							
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	100 ans	éq. séc.
Ra - 226	1600 a	1	1	1	1	1	1	1	1
Rn - 222	3,8235 j	$1,80 \cdot 10^1$	$1,65 \cdot 10^1$	$8,37 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Po - 218	3,05 mn	$1,74 \cdot 10^2$	$1,65 \cdot 10^2$	$8,37 \cdot 10^2$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pb - 214	26,8 mn	$1,27 \cdot 10^3$	$1,61 \cdot 10^3$	$8,36 \cdot 10^3$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Bi - 214	19,9 mn	$9,47 \cdot 10^3$	$1,58 \cdot 10^4$	$8,35 \cdot 10^4$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Po - 214	16,37 ms	$9,46 \cdot 10^3$	$1,58 \cdot 10^4$	$8,35 \cdot 10^4$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pb - 210	22,26 a	$2,70 \cdot 10^8$	$6,60 \cdot 10^8$	$4,55 \cdot 10^9$	$8,01 \cdot 10^9$	$3,02 \cdot 10^9$	$2,67 \cdot 10^9$	$9,67 \cdot 10^9$	1,01
Bi - 210	5,013 j	$< 10^{10}$	$2,84 \cdot 10^9$	$1,19 \cdot 10^9$	$7,40 \cdot 10^9$	$2,96 \cdot 10^9$	$2,61 \cdot 10^9$	$9,67 \cdot 10^9$	1,01
Po - 210	138,38 j	$< 10^{10}$	$3,44 \cdot 10^{10}$	$2,41 \cdot 10^9$	$1,42 \cdot 10^9$	$1,58 \cdot 10^9$	$2,53 \cdot 10^9$	$9,66 \cdot 10^9$	1,01
Activité totale pour 1 Bq de Ra 226 :		1,1	1,8	5,2	6,0	6,1	6,8	8,9	9,0

V - Tête de la filiation : Radon 222 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radon 222				
		0,1 h	1 h	2 h	3 h	équilibre
Rn - 222	3,8235 j	1	1	1	1	1
Po - 218	3,05 mn	$7,44 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00
Pb - 214	26,8 mn	$6,66 \cdot 10^2$	$7,63 \cdot 10^1$	$9,54 \cdot 10^1$	$9,94 \cdot 10^1$	1,00
Bi - 214	19,9 mn	$4,92 \cdot 10^3$	$4,95 \cdot 10^1$	$8,61 \cdot 10^1$	$9,73 \cdot 10^1$	1,00
Po - 214	16,37 ms	$4,92 \cdot 10^3$	$4,95 \cdot 10^1$	$8,61 \cdot 10^1$	$9,72 \cdot 10^1$	1,00
Pb - 210	22,26 a	$4,73 \cdot 10^8$	$7,16 \cdot 10^1$	$3,25 \cdot 10^1$	$6,59 \cdot 10^1$	$1,02 \cdot 10^1$
Bi - 210	5,013 j	$< 10^{10}$	$1,13 \cdot 10^9$	$1,19 \cdot 10^9$	$4,01 \cdot 10^9$	$8,84 \cdot 10^9$
Po - 210	138,38 j	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$
Activité totale pour 1 Bq de Rn 222 :		1,8	3,8	4,7	4,9	5,0

VI - Tête de la filiation : Plomb 214 (1^{er} descendants)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plomb 210				
		10 mn	20 mn	30 mn	1 h	3 h
Pb - 214	26,8 mn	1	1	1	1	1
Bi - 214	19,9 mn	$3,33 \cdot 10^7$	$6,38 \cdot 10^7$	$9,16 \cdot 10^7$	1,62	3,11
Po - 214	16,37 ms	$3,33 \cdot 10^7$	$6,38 \cdot 10^7$	$9,16 \cdot 10^7$	1,62	3,11
Pb - 210	22,26 a	$1,09 \cdot 10^7$	$4,67 \cdot 10^7$	$1,13 \cdot 10^8$	$5,77 \cdot 10^7$	$2,33 \cdot 10^8$
Activité totale pour 1 Bq de Pb 214 :		1,7	2,3	2,8	4,2	7,2

VI - Tête de la filiation : Plomb 210 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plomb 210					
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	éq. Séc.
Pb - 210	22,26 a	1	1	1	1	1	1
Bi - 210	5,013 j	$1,37 \cdot 10^2$	$1,29 \cdot 10^1$	$7,49 \cdot 10^0$	1,00	1,00	1,00
Po - 210	138,38 j	$3,45 \cdot 10^4$	$3,30 \cdot 10^4$	$2,25 \cdot 10^3$	$3,73 \cdot 10^3$	$8,43 \cdot 10^3$	1,02
Activité totale pour 1 Bq de Pb 210 :		1,0	1,1	1,8	2,4	2,8	3,0

Annexe 12 – Tableau des résultats du suivi du réseau d'O.

Date	HEURE	LIEU	Turbidité NFU	ALPHA Bq/l	BETA Bq/l	TRITIUM Bq/l	U234 Bq/l	U238 Bq/l	RAD226 Bq/l	RAD228 Bq/l	POL210 Bq/l	PB210 Bq/l	DTI mSv/an	Radon Bq/l
09/03/2004		Réservoir bourg	0,36	0,27	0,13									
27/04/2004		Réservoir bourg		0,27	0,19								0,17	
27/07/2004		Réservoir bourg		0,23	0,12								0,11	
06/03/2006		Réservoir bourg	0,34	0,29	0,39	<9								
15/05/2006		Captage la	0,41	0,09	0,37	<9								
12/12/2006	15h30	Captage la		0,099	0,35	<9	<0,0041	<0,0037	<0,031	<0,03	0,015	0,32	0,18	
12/12/2006	15h40	MCA Sa		0,176	0,315	<9	0,007	0,06	0,052	<0,029	0,017	0,27	0,16	
12/12/2006		Réservoir bourg		0,2	0,42	<9							0,15	
05/07/2007		MCA Sa	0,79	0,12	0,49	<9								
23/10/2007		Réservoir bourg	0,54	0,22	0,42									
10/03/2008		Réservoir bourg	0,49	0,28	0,42									
29/09/2008		Bourg restaurant		8,48	31,2		0,299	0,3	0,14	<0,05	38,5	52	60	
30/09/2008	12h15	Bourg	0,45	0,158	0,21	<8								
28/10/2008		Bourg	0,11	0,23	0,39		<0,04	<0,04	0,06	<0,06	0,0089	0,158	0,1	500
30/10/2008	11h00	Moxx	0,47	0,443	0,158	<8								
30/10/2008	11h00	Mexx	0,52	0,286	0,335	<8								
30/10/2008	11h30	Echxx	0,47	0,391	0,118	<8								
30/10/2008	12h00	Bourg restaurant	0,41	0,4	0,324	<8								
30/10/2008	14h00	Bxx	0,41	0,363	0,152	<8								
30/10/2008	14h30	Purge Cc	1,22	1,077	1,346	<8								
12/11/2008	10h05	Réservoir bourg	<0,3											797
12/11/2008	10h30	Echxx	<0,3											572
12/11/2008	10h55	Restaurant bourg	0,49											694
12/11/2008	9h10	Sa1	0,39											1086
12/11/2008	9h25	Sa2	0,3											1506
12/11/2008	9h40	Captage Sa3	0,33											1251
17/11/2008	10h00	Purge	720	175,29	223,6									
17/11/2008	10h15	purge	280	45,44	62,48									
17/11/2008	10h20	Purge	1650	354,84	519,5									
17/11/2008	10h50	purge	56	19,4	27,18									
11/12/2008	11h00	Bourg restaurant	0,55	0,13	0,13	<6,6	0,003	0	0,05	<0,025	0,0154	0,11	0,079	
18/12/2008	9h15	purge	0,55	0,189	0,45									
18/12/2008	9h30	purge	1,2	0,616	1,12									
18/12/2008	9h45	purge	1,82	1,269	1,862									
26/01/2009	9h45	purge	0,53	0,433	0,377									
26/01/2009	10h00	purge	8,4	1,774	3,262						1,53	3,54		
26/01/2009	10h15	purge	11,3	4,107	6,833									
25/03/2009	9h45	purge	0,37	0,376	0,467									
25/03/2009	10h00	purge	1,89	0,315	0,041	<6,3	0,006	0,01	0,053	<0,031	0,289	0,65	0,59	
25/03/2009	10h15	purge	7,24	3,13	4,765									

Annexe 13 – Tableau des résultats de la campagne 2009

Purges

UGE	UDI	Date enquête	Risque	Maintenance réseau	Point plv purge	Date	Turb	Alpha	Beta	Diamètre	Matériaux	
1	B	05/01/2009	NC	purge	Aval voie ferrée vallon 1	25/02/2009	1,1	<0,015	<0,07	60	Fonte +PVC	
					Aval voie ferrée vallon 2	25/02/2009	272	1,574	3,276			
					Station d'épuration 1	25/02/2009	50	1,593	2,661	90	PVC	
					Station d'épuration 2	25/02/2009	39	1,954	3,739			
2	E	06/01/2009	faible	purge à la demande	Chemin bas 1	04/02/2009	5,6	1,087	2,323	40	PVC	
					Chemin bas 2	04/02/2009	2,37	0,406	0,905			
3	B	07/01/2009	faible	purge une fois par an	Antenne les r A1	18/02/2009	0,83	0,088	0,173	25	PVC	
					Antenne les r A2	18/02/2009	0,43	0,087	0,155			
					Antenne R E 1	18/02/2009	0,61	0,058	0,136	40	PVC	
					Antenne R E 2	18/02/2009	0,7	0,072	0,129			
	La g	07/01/2009	modéré			Ma 1	18/02/2009	1,3	0,249	0,434	35	PVC
						Ma 2	18/02/2009	1,5	0,237	0,353		
4	B	08/01/2009	important	purge à la demande	Sou1	05/02/2009	2,85	0,385	0,699	40	PVC	
					Sou 2	05/02/2009	4,82	1,002	2,036			
					Entre M et B 1	05/02/2009	4,36	0,659	1,144	32	PVC	
					Entre M et B 2	05/02/2009	3,61	0,778	1,301			
5	C	12/01/2009	NC	absence de purge	Point bas vallon 1	18/03/2009	0,36	0,134	0,625	25	PVC	
					Point bas vallon 2	18/03/2009	1,57	0,63	1,55			
6	B	13/01/2009	NC	absence de purge	Derrière le château 1	12/02/2009	0,37	0,176	0,327	25	PVC	
					Derrière le château 2	12/02/2009	<0,30	0,15	0,21			
7	B	14/01/2009	important	purge deux fois par an	L 1	19/02/2009	2,4	1,938	3,292	90	PVC	
					L2	19/02/2009	14	17,01	22,95			
					Fr 1	19/02/2009	3	1,82	1,909	32	PVC	
					Fr 2	19/02/2009	3	1,898	2,637			
8	B	15/01/2009	modéré	purge à la	La B1	11/02/2009	0,54	0,304	0,69	50	PVC	

				demande	La B 2	11/02/2009	0,59	0,291	0,585		
					Moulin de B 1	11/02/2009	3,25	0,259	0,683	32	PVC
					Moulin de B 2	11/02/2009	0,65	0,868	1,862		
9	B	19/01/2009	modéré	purge à la demande	Entre M et RSV 1	26/02/2009	2,2	1,281	2,229	60	Fonte +PVC
					Entre M et RSV 2	26/02/2009	1,5	1,009	1,842		
					Passage à niveau 1	26/02/2009	8,9	0,61	0,914	32	Fonte +PVC
					Passage à niveau 2	26/02/2009	22,9	1,433	1,919		
10	B	20/01/2009	modéré	absence de purge	Point bas avant B 1	18/03/2009	<0,30	0,187	0,333	25	PVC
					Point bas avant B 2	18/03/2009	23,3	3,708	4,553		
11	Le B	21/01/2009	important	purge à la demande	N 1	12/02/2009	0,61	0,058	0,127	150	Fonte +PVC
					N 2	12/02/2009	1,68	0,74	1,131		
					C 1	12/02/2009	0,4	0,15	0,21	110	PVC
					C 2	12/02/2009	0,66	0,034	0,107		
12	Le B	22/01/2009	important	purge deux fois par an	M1	25/02/2009	4,3	0,164	0,336	32	PVC
					M 2	25/02/2009	1,1	0,265	0,536		
13	C	29/01/2009	modéré	purges toutes les trois semaines	Point bas amont C 1	12/03/2009	1,1	0,157	0,311	50	PVC
					Point bas amont C 2	12/03/2009	0,96	0,286	0,435		
	R	29/01/2009	important		Point bas amont R 1	12/03/2009	11	0,101	0,412	40	PVC
					Point bas amont R 2	12/03/2009	0,46	0,094	0,333		
	F	29/01/2009	modéré		F village 1	12/03/2009	5,1	1,302	4,645	63	PVC
					F village 2	12/03/2009	1,8	0,986	2,099		

Annexe 13 – Tableau des résultats de la campagne 2009

Radon

UGE	UDI	Date enquête	Risque	Maintenance réseau	Point plv radon	Date	Teneur Rad
1	B	05/01/2009	NC	purge	Eau brute forage les R	02/02/2009	1442
					Atelier municipal	02/02/2009	127
2	E	06/01/2009	faible	purge à la demande	Robinet eau brute reg. chloration	17/02/2009	1642
					Dans le réservoir	17/02/2009	
					Réseau	17/02/2009	712
3	B	07/01/2009	faible	purge une fois par an	L sortie drain	10/02/2009	633
					Dans le réservoir	10/02/2009	163
					Antenne R	10/02/2009	103
	La g	07/01/2009	modéré		Regard capt. B	10/02/2009	746
					réseau La G	10/02/2009	700
4	B	08/01/2009	important	purge à la demande	Sortie drain M 1	16/02/2009	714
					Sortie drain M 2	16/02/2009	792
					Robinet sortie réservoir	16/02/2009	586
					Réseau La M	16/02/2009	490
5	C	12/01/2009	NC	absence de purge	Arrivée réservoir	09/03/2009	1447
					Réseau	09/03/2009	499
6	B	13/01/2009	NC	absence de purge	Dans le réservoir	17/03/2009	398
					Réseau	17/03/2009	141
7	B	14/01/2009	important	purge deux fois par an	Robinet après UV (sortie réservoir)	03/02/2009	347
					Réseau village M	03/02/2009	270
					O 1(dans un 2ème temps)	10/03/2009	541
					O 2(dans un 2ème temps)	10/03/2009	434
					O 3(dans un 2ème temps)	10/03/2009	897
					O 3'(dans un 2ème temps)	10/03/2009	1091
					O4(dans un 2ème temps)	10/03/2009	2003
8	B	15/01/2009	modéré	purge à la demande	Robinet forage	03/02/2009	1419
					Sortie réservoir	03/02/2009	428
					Réseau B	03/02/2009	5,5
9	B	19/01/2009	modéré	purge à la demande	Captage M	16/03/2009	366
					Captage P	16/03/2009	293
					Sortie réservoir	16/03/2009	114
					Réseau bourg	16/03/2009	63

10	B	20/01/2009	modéré	absence de purge	Bache STAPO	23/03/2009	1055
					Réseau G	23/03/2009	775
11	Le B	21/01/2009	important	purge à la demande	Puy B 1A	24/02/2009	966
					Puy B 1B	24/02/2009	751
					Puy B 1C	24/02/2009	664
					Puy B 2	24/02/2009	1046
					Robinet eau traitée	24/02/2009	276
					Réseau C	24/02/2009	101
12	Le B	22/01/2009	important	purge deux fois par an	Captage Bourg	24/03/2009	351
					Réseau bourg	24/03/2009	526
13	C	29/01/2009	modéré	purges toutes les trois semaines	Captage	23/02/2009	806
					Réseau	23/02/2009	960
	R	29/01/2009	important		Captage	23/02/2009	1516
					Réseau	23/02/2009	1240
	F	29/01/2009	modéré		Captage	23/02/2009	1290
					Aval Regard d'aération	23/02/2009	1240
				Réseau	23/02/2009	627	

Annexe 14 – Photo Aérateur

