

Bilan de la qualité radiologique des eaux du robinet 2008-2009

D. CAAMAÑO¹, J. LOYEN¹, L. GUILLOTIN², B. JEDOR², H. DAVEZAC²,
R. TRACOL³

(Manuscrit reçu le 9 septembre 2011, accepté le 19 février 2012)

RÉSUMÉ

Un bilan de la qualité radiologique des eaux du robinet a été réalisé par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), la Direction générale de la santé (DGS) et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la base principalement des résultats obtenus dans le cadre du contrôle de la qualité radiologique des eaux de distribution publique (ou eaux du robinet). Ce bilan montre que le contrôle est désormais opérationnel sur l'ensemble du territoire français et que la qualité radiologique est globalement satisfaisante, puisque 99,8 % de la population a été alimentée par une eau pour laquelle la dose totale indicative (DTI) respectait en permanence les niveaux fixés par la réglementation. La présence d'uranium a été mesurée par l'IRSN sur 360 échantillons d'eau pour lesquels l'activité alpha globale était supérieure à 0,1 Bq/L ; 3,1 % d'entre eux dépassaient la valeur guide (30 µg.L⁻¹) recommandée par l'Organisation mondiale de la santé pour tenir compte de la toxicité chimique de ce paramètre. À ce niveau de concentration, la présence d'uranium ne présente pas d'enjeu radiologique. Par ailleurs, un bilan historique relatif à la présence de radon-222 dans les ressources en eau utilisées pour la production d'eau du robinet a mis en évidence que 4 % des mesures étaient supérieures à 1 000 Bq.L⁻¹, valeur à partir de laquelle la Commission européenne recommande de mettre en place des actions correctives.

ABSTRACT

Radioactivity in drinking water 2008-2009.
The French Nuclear Safety Authority (ASN), the French Ministry of Health (DGS) and the French Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety (IRSN) presented the results of the radiological quality of drinking water in France. This work is based on the results of the official controls of drinking water quality. The results show that monitoring of radiological drinking water quality is operational all over France, and the radiological drinking water quality is satisfactory. The drinking water complied with the guidelines for the Total Indicative Dose (TID) for 99,8% of the French population. Uranium was measured by the IRSN in 360 water samples with gross alpha activity higher than 0,1 Bq.L⁻¹. For 3,1% of them, the uranium concentration was higher than 30 µg.L⁻¹, which is the OMS guideline for toxicological assessment. A historical survey, produced by the IRSN, on 222-radon in sources designed for the production of drinking water, showed that only 4% of the measurements were above 1000 Bq.L⁻¹. The European Commission recommends that for concentrations in excess of 1 000 Bq.L⁻¹, remedial action should be implemented on radiological protection grounds.

Key word: water / Total Indicative Dose / radon / uranium

¹ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Pôle radioprotection, STEME, 31 rue de l'Ecluse, BP 35, 78116 Le Vésinet Cedex, France.

² Direction Générale de la Santé, bureau de la qualité des eaux, 75350 Paris 07SP, France.

³ Agence régionale de santé de Basse Normandie, 2 place Jean-Nouzille, 14050 Caen cedex 4, France.

1. Introduction

La radioactivité naturelle dans les eaux dépend principalement de la nature géologique des terrains qu'elles traversent, du temps de contact (âge de l'eau), de leur température, de la solubilité des radioéléments rencontrés. L'eau se charge d'éléments radioactifs lors de son passage au travers de certaines roches profondes (roches magmatiques, en particulier, riches en uranium et thorium).

Le code de la santé publique (CSP), transposant la Directive 98/83/CE (Commission européenne, 1998), fixe les modalités du contrôle sanitaire des eaux de distribution publique. Ce contrôle, décidé par le ministère chargé de la santé et mis en œuvre par les Agences régionales de santé (ARS), porte sur l'ensemble des 25 546 unités de distribution (UDI) de France.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), la Direction générale de la santé (DGS), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), en liaison avec les ARS, ont souhaité disposer d'un bilan sur la qualité radiologique des eaux du robinet en France portant sur la période 2008-2009 et présenté dans cet article.

2. Matériel et Méthodes

Stratégie de contrôle de la qualité radiologique

L'arrêté ministériel du 11 juin 2007 modifié, relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution publique, fixe 4 indicateurs de la qualité radiologique des eaux de distribution publique. L'activité alpha globale est un indicateur de présence de radionucléides émetteurs alpha ; l'activité bêta globale résiduelle est un indicateur de présence de radionucléides émetteurs bêta autres que le potassium-40 ; le tritium est un indicateur de radioactivité issue d'activités anthropiques ; la Dose totale indicative (DTI) représente la dose efficace prévisionnelle résultant de l'ingestion de radionucléides présents dans l'eau du robinet durant une année de consommation.

Ces trois premiers indicateurs permettent de connaître le « profil radiologique » des eaux distribuées, compte tenu de la présence des radionucléides naturels caractéristiques des terrains géologiques dans lesquels l'eau prélevée a séjourné (bruit de fond naturel). Ils servent également à détecter une présence anormale de radionucléides, artificiels ou naturels.

Ces indicateurs sont associés à des valeurs guides (activité alpha globale : $0,1 \text{ Bq.L}^{-1}$; activité bêta globale résiduelle : 1 Bq.L^{-1}) ou à des références de

qualité (tritium : 100 Bq.L⁻¹ ; DTI : 0,1 mSv.an⁻¹) fixées par la réglementation (arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine). Ces valeurs ne constituent pas des limites de potabilité mais peuvent déclencher des analyses complémentaires et des actions correctives.

La stratégie d'analyse repose sur la mesure périodique des trois premiers indicateurs (activité alpha globale, activité bêta globale résiduelle, tritium). La DTI est réputée inférieure ou égale à 0,1 mSv.an⁻¹ lorsqu'ils respectent les valeurs guides ou les références de qualité. En cas de dépassement d'une de ces valeurs, il est procédé à d'autres analyses afin d'identifier et de quantifier les radionucléides naturels (polonium-210, plomb-210, radium-226, radium-228, uranium-234, uranium-238), et/ou artificiels (carbone-14, strontium-90, cobalt-60, iode-131, césium-134, césium-137, plutonium-238, plutonium-239, américium-241) présents dans l'échantillon (ASN, 2007). Sur la base des résultats de la mesure des activités des radionucléides, la DTI est calculée en tenant compte de la totalité des radionucléides mis en évidence, à l'exclusion du radon-222 et de ses descendants à vie courte (polonium-214, polonium-218, plomb-214, astate-218, bismuth-214, thallium-210). Comme préconisé par l'OMS (WHO, 2011), la DTI est calculée à partir de la formule suivante, basée sur une consommation de 730 litres par an pour un adulte :

$$DTI = 730 * (\sum_i (C_i * h(g)_i)) * 10^{-3}$$

où :

DTI : dose totale indicative par ingestion d'eau pour un adulte (en mSv.an⁻¹) ;

C_i : activité volumique exprimée du radionucléide i (en Bq.L⁻¹) ;

h(g)_i : coefficient de dose efficace engagée par unité d'incorporation du radionucléide i ingéré par un individu adulte (âge > 17 ans) (en Sv.Bq⁻¹). Les coefficients de dose sont fixés par l'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.

Lorsque le dépassement de la DTI est dû à des radionucléides naturels présents du fait des caractéristiques géologiques du sous-sol, une démarche prudente et pragmatique de gestion des situations de non-conformité est suivie (ASN, 2007). Elle est décrite dans la figure 1. Elle consiste à prendre en compte le nombre de personnes concernées, les moyens disponibles pour réduire l'activité radiologique, les difficultés et les éventuels inconvénients liés à leur mise en œuvre (risque de développement microbologique lié à la mise en service d'un système de filtre mal maîtrisé, par exemple). Un renforcement du contrôle (augmentation de la fréquence, suivi de paramètres spécifiques) est alors mis en œuvre.

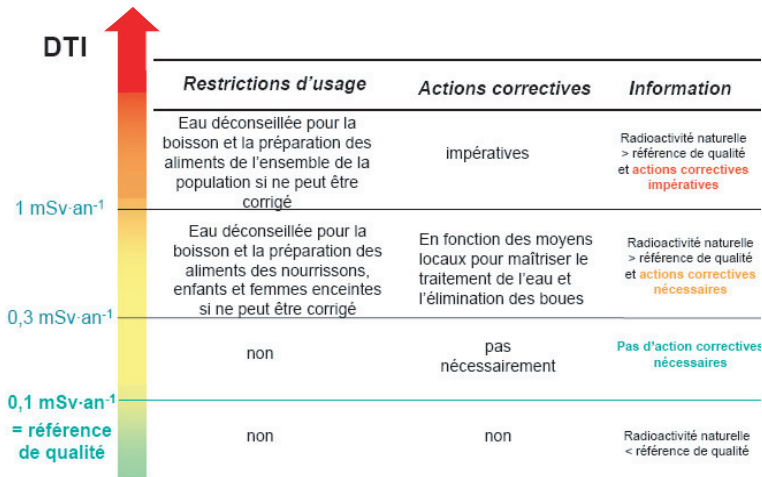


Figure 1 – Description des modalités de gestion des situations pour lesquelles la DTI dépasse la référence de qualité.

Organisation du contrôle de la qualité radiologique

Les agences régionales de santé (ARS) sont chargées de la mise en œuvre de ce contrôle, au titre de l'article R. 1321-15 du code de la santé publique.

Les prélèvements pour analyse sont effectués au point de mise en distribution (point représentatif de la qualité de l'eau au robinet du consommateur, figure 2).

Une première analyse des paramètres indicateurs de la qualité radiologique de l'eau (activité alpha globale, activité bêta globale résiduelle, tritium) permet de déterminer ensuite le contenu des analyses périodiques, en particulier de savoir s'il est nécessaire de procéder à la recherche de radionucléides spécifiques, en complément à la mesure des trois indicateurs. Très majoritairement, les analyses périodiques concernent les seuls paramètres indicateur de la qualité radiologique. Leur fréquence tient compte des débits journaliers ou de la population desservie ; elle est comprise entre 0,1 analyse par an pour les unités de distribution desservant moins de 50 habitants (fréquence minimale) et au moins 12 analyses par an pour les unités de distribution desservant plus de 625 000 habitants (fréquence maximale). Les fréquences d'analyse sont fixées par l'arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution.

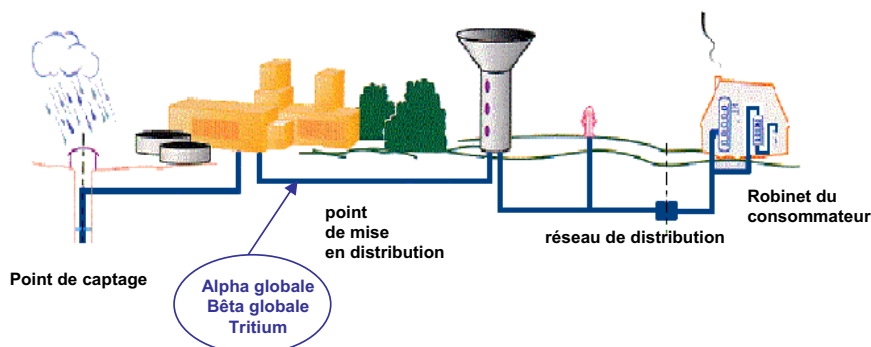


Figure 2 – Point de prélèvement pour l'évaluation de la qualité radiologique de l'eau du robinet.

Des adaptations peuvent être apportées à ces programmes d'analyses, notamment :

- la fréquence d'échantillonnage des paramètres radiologiques peut être réduite lorsqu'une stabilité des valeurs est observée sur une période de temps significative. Cette possibilité s'applique en particulier aux ressources souterraines bien protégées vis-à-vis d'une éventuelle contamination provenant de rejets de radionucléides, naturels ou artificiels ;
- le contrôle du tritium peut être exclu, pour les unités de distribution de taille inférieure à 500 habitants, si les eaux distribuées sont susceptibles de ne pas le contenir. C'est le cas des ressources souterraines, en l'absence de toute activité à proximité susceptible de rejeter ce radionucléide ;
- par la prise en compte de la présence éventuelle d'activités nucléaires ou d'activités minières, passées ou existantes, relevant de l'article 83 du Code minier.

Les valeurs des trois premiers indicateurs (activité alpha globale, activité bêta globale résiduelle, tritium) sont issues directement d'analyses effectuées en laboratoire à partir des échantillons d'eau prélevée (la DTI est obtenue par calcul, comme mentionnée plus haut).

Les analyses et les prélèvements sont réalisés par des laboratoires agréés par le Ministère chargé de la santé, après avis de l'ASN et de l'IRSN.

Origine des données ayant permis la réalisation du bilan de la qualité radiologique de l'eau du robinet 2008-2009

Ce bilan, présenté dans cet article, a été établi à partir de 43 sources de données :

1. Les résultats des analyses réalisées dans le cadre du contrôle de la qualité radiologique des eaux du robinet, pour les années 2008 à 2009, présenté plus

haut. En complément une enquête spécifique effectuée auprès des ARS a permis d'évaluer la qualité radiologique des eaux distribuées au robinet des consommateurs durant l'année 2009 au regard de la DTI. En outre, cette enquête incluait une demande particulière relative à l'analyse de radon-222 dans l'eau.

2. Les analyses des radionucléides, et notamment des isotopes de l'uranium, réalisées entre 2008 et 2009 par l'IRSN dans le cadre du contrôle sanitaire ; sur la base des activités des différents isotopes de l'uranium, l'IRSN a calculé la masse d'uranium correspondant selon la formule :

$$m = ((A / \lambda) / N) \cdot M_X .$$

où :

m : masse d'un composé X,

A : activité,

M_X : masse molaire du composé X,

N : nombre d'Avogadro (correspond au nombre d'atomes dans une mole),
 $N = 6,02 \cdot 10^{23}$

Ce calcul a permis de quantifier la présence d'uranium pondéral. Elle est interprétée au regard de la valeur guide provisoire ($30\text{-}\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) proposée par l'OMS pour tenir compte du risque lié à la toxicité chimique de l'uranium (WHO, 2011).

3. Les résultats liés à la présence de radon-222 dans l'eau recensés par l'IRSN à partir des données historiques internes à l'IRSN. Un bilan historique (1977-2003) a été rédigé à partir de l'exploitation de 2 000 valeurs (IRSN, 2010).

3. Résultats

3.1. Mise en œuvre du contrôle sanitaire

L'examen de l'évolution du nombre de prélèvements au cours du temps montre un pic d'activité observé en 2005-2006, lié à la mise en place par les ARS du contrôle de la qualité radiologique des eaux de consommation (Fig. 3). Le volume de prélèvements diminue les années suivantes et semble se stabiliser autour de 12 000 prélèvements annuels. En 2009, le nombre de prélèvements pour la mesure du tritium rejoint le nombre de prélèvements pour la mesure de l'activité alpha globale. La recherche du tritium doit être systématique pour chaque échantillon. Le rapprochement observé du nombre de prélèvements pour la mesure du tritium et pour la mesure de l'activité alpha globale indique que la mise en œuvre du contrôle est satisfaisante puisque, conformément à la stratégie d'analyse retenue,

pour chaque échantillon une mesure de l'activité du tritium et une mesure de l'activité alpha globale doivent être réalisées. Le contrôle sanitaire de la qualité radiologique des eaux de consommation est désormais opérationnel.

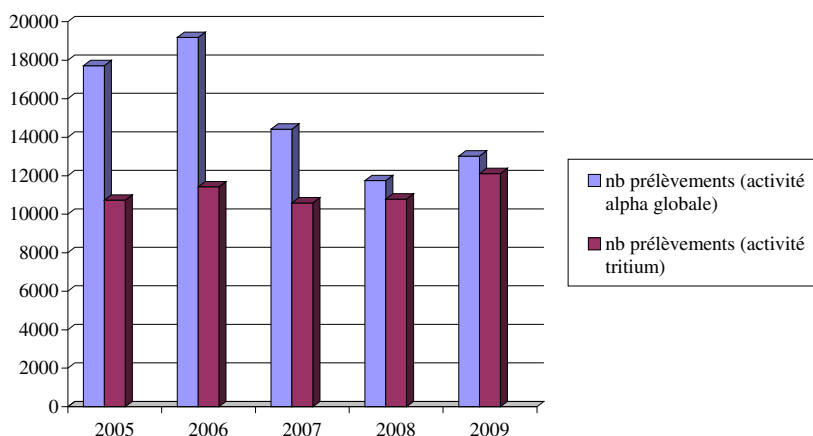


Figure 3 – Évolution du nombre de prélèvements annuels pour la mesure de l'activité alpha globale et le tritium (2005-2009).

3.2. Qualité radiologique des eaux du robinet

Activité alpha globale, activité bêta globale résiduelle et tritium

Une première analyse a porté sur les paramètres indicateurs : activité alpha globale, activité bêta globale résiduelle et tritium. On constate que sur les deux années (2008 et 2009) :

- plus de 95 % des échantillons prélevés ont présenté une activité alpha globale inférieure ou égale à la valeur guide (approximativement 24 700 échantillons) ;
- tous les dépassements de la valeur guide de l'activité alpha globale sont liés à la présence de radionucléides d'origine naturelle ;
- plus de 99 % des échantillons prélevés ont présenté une activité bêta globale résiduelle inférieure ou égale à la valeur guide (approximativement 24 600 échantillons) ;
- aucun dépassement de la référence de qualité en tritium n'a été constaté (approximativement 22 900 échantillons),

Sur la base des analyses réalisées par l'IRSN sur les échantillons pour lesquels l'activité alpha globale est supérieure à $0,1 \text{ Bq.L}^{-1}$, il ressort que le radium-226 et les isotopes de l'uranium (uranium-234 et uranium-238) sont les principaux

TABLEAU I
Unité de distribution et population pour lesquelles la qualité radiologique de l'eau du robinet a été évaluée en 2009.

Situation 2009	Unités de distribution		Population alimentée par un réseau de distribution	
	En nombre	En pourcentage	En nombre	En pourcentage
Données non disponibles	5 281	20,7 %	2 158 145	3,4 %
Données ayant permis d'évaluer la qualité radiologique de l'eau	20 214	79,3 %	60 630 214	96,6 %
Total	25 495	100 %	62 788 359	100 %

contributeurs à une activité alpha globale supérieure à $0,1 \text{ Bq.L}^{-1}$. Le plomb-210 est présent à des activités importantes dans certains échantillons, et parfois sans autre radionucléide présent.

Dans les eaux d'origine souterraine, les dépassements des valeurs des indicateurs de la qualité radiologique sont un peu plus fréquents pour l'activité alpha globale (5,32 % soit 1 058 analyses) que dans les eaux d'origine superficielle (0,84 % soit 71 dépassements). Les dépassements de l'activité bêta globale résiduelle sont aussi peu fréquents dans les eaux d'origine souterraine (0,04 %, soit 17 dépassements) que dans les eaux d'origine superficielle (0,12 %, soit 11 dépassements).

Évaluation de la qualité radiologique

La qualité radiologique est appréhendée au regard de la DTI.

La DTI a pu être évaluée pour approximativement 60 630 200 personnes en 2009. La population pour laquelle la DTI n'a pu être évaluée (données non disponibles) représente 3,4 % de la population desservie par le réseau de distribution en 2009 (Tab. I).

Pour les personnes pour laquelle la qualité radiologique de l'eau a été évaluée en 2009, les résultats sont les suivants (Tab. II) :

- 99,8 % ont été alimentées par une eau dont la qualité respectait en permanence les niveaux fixés par la réglementation (DTI < $0,1 \text{ mSv}$) (approximativement 60 527 700 personnes);
- 0,2 % ont été alimentées par une eau dont la DTI moyenne a dépassé la référence de qualité (approximativement 102 500 personnes) ;

TABLEAU II
Qualité radiologique des eaux distribuées au robinet du consommateur en 2009.

Situation 2009	Unités de distribution		Population alimentée par un réseau de distribution	
	En nombre	En pourcentage	En nombre	En pourcentage
DTI < 0,1	20 117	99,5 %	60 527 747	99,8 %
0,1 < DTI ≤ 0,3	94	0,5 %	101 140	0,2 %
0,3 < DTI < 1	3	0,0 %	1 327	0,0 %
Total	20 214	100 %	60 630 214	100 %

- parmi ces dernières, 1 327 personnes l'ont été par de l'eau dont la DTI moyenne était supérieure à 0,3 mSv/an. Cette situation a concerné 3 UDI de faible taille, situées dans 3 départements (Guyane, Haute Vienne, Loire). Des dispositions spécifiques (information, recherche des causes, et mise en œuvre de solutions techniques) ont été mises en œuvre par les ARS. Ces dépassements sont dus à des radionucléides d'origine naturelle (plomb-210 et polonium-210).

Ces résultats ont été reportés sur une carte du territoire national (Fig. 4). Il apparaît que les 102 500 personnes alimentées par une eau dont la DTI moyenne a dépassé la référence de qualité en 2009 se répartissent dans 21 départements. La taille des UDI varie de 1 à 1 000 habitants dans 5 départements, de 1 000 à 7 500 habitants dans 9 départements et 7 500 à 15 000 habitants dans 7 départements.

Uranium dans l'eau

A partir des mesures d'activité réalisées par l'IRSN en 2008 et 2009 sur chaque échantillon présentant un dépassement de la valeur guide pour l'activité alpha globale et/ou bêta globale résiduelle (360 échantillons), la concentration massique de l'uranium a été calculée. La valeur moyenne obtenue est de 2,22 µg.L⁻¹ et la moyenne géométrique est égale à 1,44 µg.L⁻¹. Les valeurs sont comprises entre 0,14 µg.L⁻¹ et 114 µg.L⁻¹. Onze résultats ayant fait l'objet d'une analyse d'uranium en vue d'un calcul de DTI dépassent 30 µg.L⁻¹ (3,1 % des échantillons) (Fig. 5).

Présence de radon-222 dans l'eau

Le bilan historique portant sur les mesures de première adduction, réalisées depuis 1977 jusqu'en 2003 sur les ressources en eau utilisées pour la production d'eau du robinet, (IRSN, 2010) a permis de mettre en évidence que pour 4 % des mesures significatives de radon-222 dans l'eau, la valeur de 1 000 Bq.L⁻¹ était dépassée

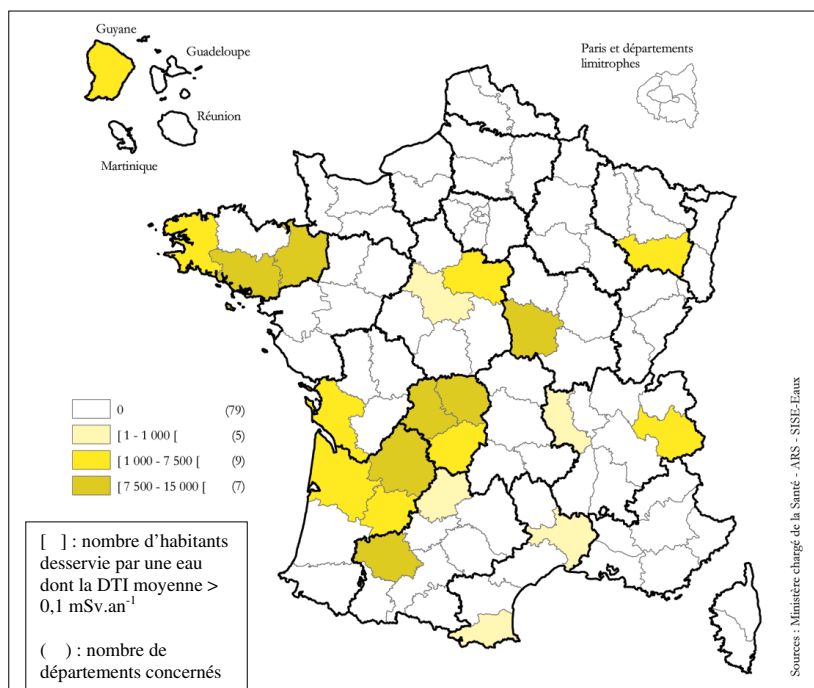


Figure 4 – Population ayant été alimentée par une eau pour laquelle la DTI moyenne > 0,1 mSv.an⁻¹. Année 2009.

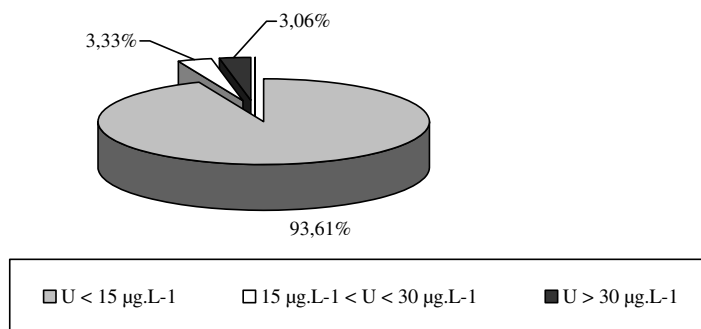


Figure 5 – Distribution des concentrations en uranium pondéral mesurées par l'IRSN présentant une activité alpha globale supérieure à 0,1 Bq.L⁻¹ dans un panel de 360 valeurs significatives d'eau mise en distribution entre 2008 et 2009.

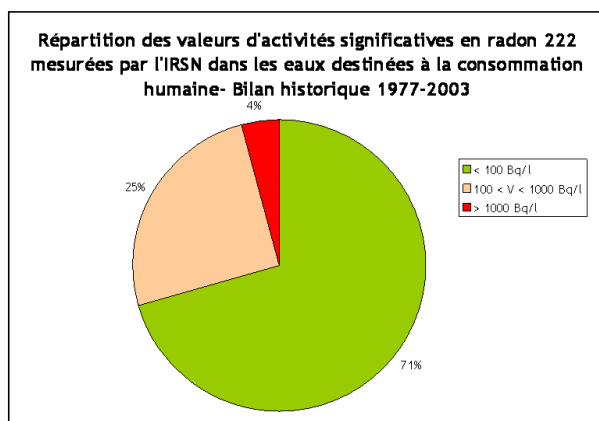


Figure 6 – Distribution des valeurs d'activités significatives en radon-222 mesurées par l'IRSN dans les eaux destinées à la consommation humaine - bilan historique 1977-2003.

(Fig. 6). Ces résultats sont répartis dans des départements déjà concernés par la présence de radon-222 atmosphérique d'origine géologique dans les bâtiments (Fig. 7).

Dans le cadre d'une enquête effectuée par la Direction générale de la santé en 2010, des valeurs de radon-222 supérieures à 1000 Bq.L⁻¹ dans l'eau de certains captages ont été recensées en Limousin, les mesures effectuées au niveau du robinet du consommateur mettant en évidence des valeurs beaucoup plus faibles.

4. Discussion

Dépassement des valeurs guide et références de qualité des indicateurs de la qualité radiologique

Dans les eaux d'origine souterraine, les dépassements des valeurs guide et références de qualité sont un peu plus fréquents pour l'activité alpha globale et la DTI que dans les eaux d'origine superficielle. Cette différence s'explique vraisemblablement par le fait que les ressources en eau d'origine souterraine traversent des terrains (roches plutoniques ou métamorphiques profondes) contenant généralement plus de radionucléides naturels que les ressources en eau d'origine superficielle (qui sont en contact essentiellement avec des roches sédimentaires).

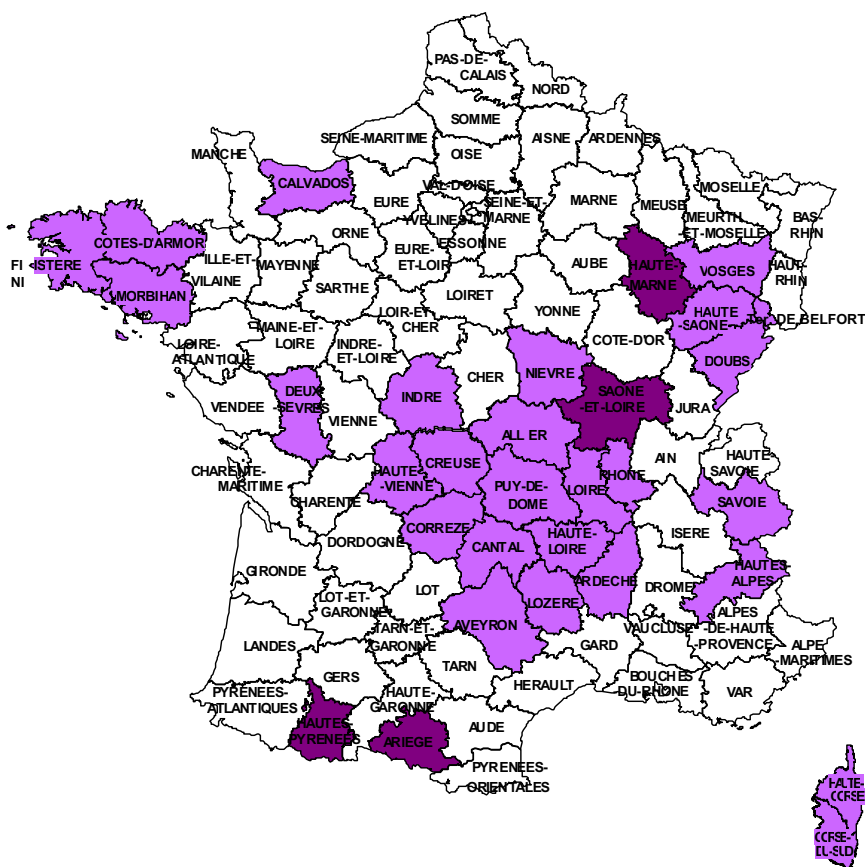


Figure 7 – Carte des 31 départements prioritaires pour la mesure du radon dans les établissements recevant du public.

Qualité radiologique des eaux du robinet globalement satisfaisante

Ce bilan indique que la qualité radiologique des eaux du robinet est globalement satisfaisante. Les situations de dépassement de la DTI ($DTI > 0,1 \text{ mSv.an}^{-1}$) ont concerné un nombre de personnes très faible en 2008-2009 (102 500 personnes), réparties sur peu d'UDI (94 UDI). Les situations conduisant à des restrictions d'usage ($DTI > 0,3 \text{ mSv}$) concernent un faible nombre de personnes (1 327 personnes), alimentées par des UDI de taille faible (taille moyenne : 640 personnes).

Risque chimique de l'uranium supérieur au risque radiologique

Dans ses dernières recommandations relatives à la qualité des eaux de boisson (WHO, 2011), l'OMS indique que l'uranium est un métal présentant une toxicité chimique et, sur cette base, fixe une valeur guide provisoire de $30 \mu\text{g.L}^{-1}$. À ce jour, il n'existe pas d'exigence de qualité pour l'uranium dans la directive 98/83/CE (Commission européenne, 1998), actuellement en vigueur, ni dans le Code de la santé publique.

En l'absence de valeur réglementaire, l'interprétation des analyses chimiques de l'uranium requiert de faire appel à l'expertise de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) qui estime qu'une exigence de qualité, équivalente à $15 \mu\text{g.L}^{-1}$ (valeur retenue par l'OMS dans les précédentes lignes directrices, (WHO, 2004)) pourrait être fixée dans la réglementation française (ANSES, 2010). L'ASN et la DGS ont porté cette position dans le cadre des discussions portant sur la révision de la directive européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

L'IRSN indique que sur le plan de la radiotoxicité, la présence d'uranium pondéral à hauteur de $30 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans une eau de boisson conduit à une dose par ingestion de $26 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ pour un adulte de plus de 17 ans consommant annuellement 730 litres de cette eau.

Ces valeurs sont à mettre en regard de la valeur paramétrique retenue pour la DTI de $0,1 \text{ mSv.an}^{-1}$ relative aux eaux destinées à la consommation humaine, fixée par l'OMS, reprise par l'Union européenne (Commission européenne, 1998) et transposée en droit français dans l'article R.1321-20 du Code de la santé publique.

Pour une meilleure prise en compte de l'exposition au radon-222 par ingestion

Le radon-222 est un radionucléide gazeux au comportement très différent des autres radionucléides que l'on peut mesurer dans l'eau. Le risque associé à l'exposition domestique au radon-222 est en premier lieu celui du cancer du poumon (par inhalation), et ce, quelle que soit la voie d'entrée du radon-222 dans les locaux : *via* le bâti ou *via* le dégazage de l'eau du robinet. En effet, le transfert du radon-222 de l'eau vers l'air se fait à tous les niveaux depuis le prélèvement dans la ressource jusqu'au robinet du consommateur ; dans l'habitat, le soutirage d'eau contribue au dégazage du radon-222 dissous dans l'eau. On peut estimer la contribution du dégazage du radon présent dans l'eau domestique à l'activité volumique du radon dans un bâtiment. Ainsi, en retenant un facteur de transfert de 10^{-4} , on estime que $1\ 000 \text{ Bq.L}^{-1}$ de radon-222 dans l'eau domestique conduisent à 100 Bq.m^{-3} de radon-222 dans l'air d'un bâtiment, en moyenne (Commission européenne, 2001).

Au niveau des installations de traitement de l'eau, des méthodes simples et efficaces permettent d'éliminer le radon-222. Des traitements par aération ont montré une efficacité comprise entre 67 et 99 % (Annamäki *et al.*, 2000). La filtration sur filtre à charbon actif en grain a montré une efficacité comprise entre 70 et 100 % (Annamäki *et al.*, 2000). En France, ces systèmes ont été testés par certains traiteurs d'eau et ont montré des efficacités du même ordre de grandeur (SAUR, communication personnelle). Toutefois, ces systèmes de traitement de l'eau ne sont pas sans conséquence vis-à-vis de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants (concentration de radon-222 dans les locaux de travail, présence d'une radioactivité naturelle renforcée), et sont par ailleurs à l'origine de la production de déchets naturellement et faiblement radioactifs.

Un article de revue relatif aux conséquences dosimétriques et sanitaires de l'ingestion de radon-222 via l'eau de boisson (Laurent *et al.*, 2010) permet de dresser le bilan des estimations dosimétriques et épidémiologiques associées à la présence de radon-222 dans l'eau du robinet. Il ressort des premières que l'estomac et la moelle osseuse constituent les tissus les plus irradiés suite à l'ingestion de radon-222 via l'eau du robinet. Les estimations dosimétriques sont variables en fonction du coefficient de dose utilisé. Les estimations de la dose efficace engagée par un adulte suite à l'ingestion d'eau de boisson à raison de 2 L.jour⁻¹ pendant un an et contenant 1 000 Bq.L⁻¹ sont comprises entre 0,14 et 7,3 mSv. La Commission européenne indiquait des ordres de grandeur comparables, pour un même scénario d'exposition, compris entre 0,2 et 1,8 mSv (Commission européenne, 2001). Les études épidémiologiques analysées par les auteurs ne permettent pas de conclure compte tenu de faiblesses méthodologiques.

Aussi, à ce jour, compte tenu des incertitudes sur les effets du radon par ingestion, conduisant à une grande variabilité des coefficients de dose par ingestion, il ne fait pas partie des radionucléides retenus pour le calcul de la DTI. En outre, compte tenu de son état gazeux, le risque prépondérant est celui lié à l'inhalation de radon.

La Commission européenne a recommandé aux États-membres (Union Européenne, 2001), et en particulier dans le cadre d'une eau fournie au public :

- au-delà de 100 Bq.L⁻¹, de fixer un niveau de référence pour le radon-222, utilisé pour déterminer si des mesures correctives sont nécessaires pour protéger la santé humaine et de mettre en œuvre des actions correctives au-delà de 1 000 Bq.L⁻¹ (mesures justifiées au plan de la protection radiologique) ;
- d'exiger des mesures de la concentration en radon-222, s'il existe des motifs particuliers de soupçonner que le niveau de référence peut être dépassé ;
- d'organiser le contrôle des deux descendants à vie longue du radon-222 qui sont les plus radiotoxiques, le plomb-210 et le polonium-210.

Ce dernier point est d'ores et déjà pris en compte par la réglementation française pour le contrôle sanitaire, alors que les deux premiers points n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une traduction réglementaire⁴.

Même si la présence de radon-222 dans l'eau du robinet ne présente pas d'enjeu sanitaire immédiat, ce sujet devrait être traité sur la base des principes de radioprotection applicables dans le cas des faibles doses d'exposition aux rayonnements ionisants. Ainsi le principe de justification s'applique : les bénéfices liés au traitement du radon dans l'eau (détriment radiologique évité) doivent être supérieurs aux inconvénients découlant de ces actions (par exemple : coût, maintenance, développement microbiologique s'agissant de système par filtration). De même, le principe d'optimisation s'applique : l'exposition de la population aux rayonnements doit être réduite à un niveau aussi bas que raisonnablement possible.

Ainsi, l'ASN, la DGS et l'IRSN s'accordent sur la nécessité de prendre en compte la problématique liée à la présence de radon-222 dans l'eau du robinet.

5. Conclusion

Le contrôle de la qualité radiologique est mis en œuvre de manière satisfaisante par les ARS et le nombre annuel de prélèvements est stabilisé autour de 12 000. Les données issues de ce bilan 2008-2009 des résultats du contrôle montrent que la qualité radiologique de l'eau est satisfaisante. Les situations de dépassement de la référence de qualité de la DTI conduisant à des restrictions d'usage ($DTI > 0,3 \text{ mSv.an}^{-1}$) concernent un faible nombre de personnes desservies par de petites UDI. Des sujets d'intérêt (présence de radon-222) sont bien identifiés et doivent s'inscrire prochainement dans la réglementation nationale.

RÉFÉRENCES

Annamäki M., Turtiainen T., Salonen L., Uri P., Mehtonen J., Koskela S., Turunen H., Perfler R., Staubmann K., Weingartner A., Haberer K., Wilken R-D., Raff O., Funk H., Akkermann-Kubillus A., Jungclas H., Weber R., Rauße C., Mjönes L., Hagberg N., Jaakkola T., Lehto J., Vaaramaa K., Kelokaski P., Riekkinen I., Eevanne H., Schönhofer F., Kraklik C., Irlweck K., Katzlberger C. (2000) *Treatment Techniques for Removing Natural Radionuclides from Drinking Water*, STUK-A169, Helsinki.

ANSES (2010) Avis du 31 janvier 2010 relatif à la détermination d'une exigence de qualité en uranium pondéral dans les eaux destinées à la consommation humaine.

⁴ Toutefois, une directive européenne relative à la présence de radionucléides dans les eaux de consommation humaine (à l'exception des eaux minérales naturelles) non encore publiée, imposera aux Etats membres de mettre en œuvre le contrôle du radon dans ces eaux.

- 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 n°262 du 13 novembre 2003, p.58003.
- 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* n°31 du 6 février 2007, p. 2180.
- Arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif au programme de prélèvement et d'analyse 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 n°41 du 17 février 2007, p. 2916.
- Arrêté du 24 janvier 2005 modifié relatif aux conditions d'agrément des laboratoires pour la réalisation des prélèvements et des analyses du contrôle sanitaire des eaux, Journal officiel de la République française n°44 du 22 février 2005, p. 2949
- 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 n°140 du 18 juin 2004, p. 10911.
- ASN (2007) Délibération n°2007-DL-003 du 7 mars 2007.
- Commission Européenne (2001) Recommandation concernant la protection de la population contre l'exposition au radon-222 dans l'eau potable, *Journal officiel de l'Union européenne* du 28 décembre 2001, p. 85-88.
- Commission Européenne (1998) Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. JO L 330 du 5 décembre 1998, p. 32-54.
- IRSN (2010) Mesure du radon-222 dans l'eau des captages AEP : bilan historique des mesures réalisées entre 1977 et 2003.
- IRSN (2009) Analyse de la radioactivité des eaux. Bilan des résultats obtenus en 2009 pour les eaux d'adduction et pour les eaux minérales et thermales.
- Laurent O., Guseva Canu I., Blanchardon E. (2010). Conséquences dosimétriques et sanitaires de l'ingestion de radon via l'eau de boisson, *Radioprotection* **45**, 551-559.
- WHO (2004) Guidelines for drinking-water quality. Vol 1. Third Edition. Geneva: World Health Organization press.
- WHO (2011) Guidelines for drinking-water quality, fourth edition. Geneva: World Health Organization press.