

Radioactivité des eaux de boisson en France

1 Origine de la radioactivité de l'eau

La radioactivité naturelle dans les eaux dépend de la nature géologique des terrains qu'elles traversent, du temps de contact (âge de l'eau), de la température, de la solubilité des radioéléments à vie longue qui restent sur notre planète 4,6 milliards d'années après sa création à partir d'une nébuleuse autour de la formation du soleil. Pratiquement parmi les radionucléides, il ne subsiste que les éléments à vie très longue, l'uranium 238, le thorium 232 l'uranium 235 et leurs descendants (radon, ^{210}Pb , ^{228}Ra , ^{226}Ra ...) auxquels se rajoutent le Potassium 40 et le tritium anthropique.

Parmi les roches les plus riches en minéraux radioactifs, on citera celles provenant de la fusion en profondeur de la croûte terrestre formant un magma (d'où le nom de roches magmatiques, plutoniques et roches refondues appelées métaphoriques) qui, en se refroidissant donnent entre autres des granites. Ces granites sont relativement riches en minéraux contenant de l'uranium, du thorium et du potassium. Elles peuvent ensuite se retrouver émergentes à la surface du globe lors des bouleversements consécutifs à la tectonique des plaques et aussi par l'érosion naturelle de la surface terrestre.

Lors de sa circulation dans les fissures de ces granites l'eau se charge d'éléments radioactifs, de leurs éléments de filiation et de minéraux inactifs (fer, Mn...).

Les eaux souterraines circulant dans les fractures de toutes ces roches magmatiques présentent souvent une radioactivité naturelle notable due à la dissolution ou à l'entraînement des éléments rencontrés, le radon 222, le potassium 40 ainsi que des composés de l'uranium, du thorium et du radium (226 et 228).

L'eau peut aussi se charger de radioactivité dans certaines couvertures sédimentaire de l'ère tertiaire

Hormis ces zones uranifères et radifères bien localisées où les sources des eaux de consommation sont à contrôler, de façon générale les roches et sédiments de surface ont une radioactivité faible et ne contaminent pratiquement pas le cycle de l'eau (évaporation, pluie et retour à la mer par les rivières) comme le montre le tableau suivant :

Eau de pluie	0,3 à 1 Bq/L (^3H , ^{14}C)
Eau de rivière	0,07 Bq/L (radium 226) 0,07 Bq/L (potassium 40) 11 Bq/L (Tritium)
Eau de Mer	14 Bq/L (potassium 40)
Eau minérale	1 à 2 Bq/L (radium226, radon222)

Tableau 1 : radioactivité des eaux naturelles

2 L'eau du robinet [1]

En France les ARS aidées par les techniciens de l'IRSN procèdent périodiquement à des analyses sur plus de 25546 UDI (**Unité de Distribution d'eau potable**) concernant la quasi-totalité de la population française.

Le code de la santé publique (CSP) et les textes pris pour application, transposant la directive européenne 98/83/CE, fixent les modalités du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine. La fréquence des analyses au niveau des UDI est variable selon les volumes journaliers d'eau distribuée et la taille de la population desservie (1 ou plusieurs fois par mois pour les grandes villes).

L'arrêté ministériel du 11 janvier 2007 [2] fixe 4 indicateurs de la qualité radiologique des eaux du robinet ainsi que des valeurs guides et des références de qualité en partant des recommandations de l'OMS qui a considéré que la consommation annuelle de l'eau ne devait pas dépasser de plus de 5% le total de la dose naturelle ou artificielle (cosmique et médicale) reçue par un individu soit $2,4 \times 0,05 = 0,12 \text{ mSv/an}$.

Pour éviter les analyses spécifiques de chaque radionucléide, le calcul et l'addition des Equivalents de doses correspondants qui seraient complexes et coûteuses, l'OMS a choisi une approche plus simple basée les activités volumiques globales α et β appelée la Dose Totale Indicative (DTI).

La DTI constitue globalement une « enveloppe » de la dose efficace résultant de l'ingestion de radionucléides présents dans l'eau au cours d'une année de consommation (2 litres par jour pour un adulte)

Les indicateurs de la qualité radiologique de l'eau apparaissent sur le tableau suivant :

Indicateur	Nature	Valeur	Référence réglementaire
Activité alpha globale	Valeur guide	0,1 Bq/L	Arrêté du 11 janvier 2007
Activité bêta globale résiduelle		1 Bq/L	
Tritium	Référence de qualité	100 Bq/L	
Dose Totale Indicative(DTI)		0,1 mSv/an	

Tableau 2 : les indicateurs de la qualité radiologiques de l'eau

L'expérience montre que les isotopes ^{226}Ra , ^{234}U , ^{238}U , ^{222}Rn sont les principaux contributeurs à l'activité α dans l'eau. L'uranium 235 n'est pas prédominant en raison de ses propriétés radiologiques et de sa relative faible concentration dans l'isotope de l'uranium.

Le Potassium 40 naturel contribue aussi à la radioactivité des eaux mais son absorption dans l'organisme est réglée naturellement par des mécanismes d'homéostasie. Il n'est donc pas pris en compte dans les calculs de l'activité bêta en becquerels

On mesure aussi le tritium, le ^{210}Pb , le ^{228}Ra qui peuvent contribuer à l'activité β .

Pour ne pas oublier des radionucléides d'origine artificielle autres que le ^3H notamment pour les adductions proches des centres nucléaires et hôpitaux, des analyses préalables sont réalisées pour balayer tout le spectre des radionucléides et cibler les plus prégnants.

Sur la base des analyses réalisées par l'IRSN et les laboratoires agréés par la COFRAC (*Comité français d'accréditation des labos et organismes certificateurs et d'inspection*), l'examen des radionucléides présents dans les eaux naturelles montre que le radium 226 et majoritairement les isotopes de l'uranium (234 et 238) sont les principaux contributeurs à une activité alpha globale supérieure à 0,1 Bq/L.

Le cas particulier de l'uranium

L'uranium, dont l'activité est mesurée pour le calcul de la DTI, présente également une toxicité chimique en particulier pour le rein et l'intestin. Sur cette base, l'OMS a fixé une valeur guide de 15 $\mu\text{g/L}$. Ce problème de toxicité chimique prévaut généralement sur celui de sa radio toxicité.

Les valeurs mesurées en France se situent dans une fourchette allant de 0,14 à 114 $\mu\text{g/L}$ La valeur moyenne obtenue est de 2,22 $\mu\text{g/L}$.

Le Radon

Dès que l'eau est en contact avec l'air, un phénomène de dégazage se produit, par exemple lors du soutirage de l'eau au robinet, dans les châteaux d'eau ou dans les installations de traitement. La commission européenne a cependant recommandé aux Etats membres de mettre en œuvre des actions correctives au-delà de 1 000 Bq/L, mesures justifiées au plan de la radioprotection en tenant compte de la configuration des stockages et réseaux de distribution et de la présence éventuelle de ses descendants très radiotoxiques que sont le ^{210}Pb et le ^{210}Po .

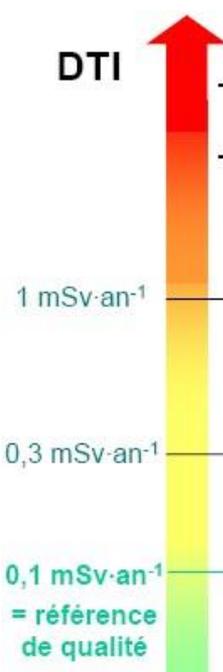
Le Tritium

La référence de qualité de 100 Bq/L de tritium peut être comparée à la valeur guide de 10 000 Bq/L retenue par l’OMS en 2004 et qui conduirait à une dose efficace de l’ordre de 0,1 mSv/an pour la consommation quotidienne de 2 litres d’eau. L’activité de 100 Bq/L en tritium conduirait quant à elle à une exposition de 1,3 µSv/an.

Conditions d’acceptation de l’eau appliquées en France

Compte tenu de tout ce qui précède les limites d’acceptation de l’eau sont résumées sur le tableau suivant :

En l’absence de radionucléides artificiels :



	<i>Restrictions d’usage</i>	<i>Actions correctives</i>	<i>Information</i>
1 mSv·an ⁻¹	Eau déconseillée pour la boisson et la préparation des aliments de l’ensemble de la population si ne peut être corrigé	impératives	Radioactivité naturelle > référence de qualité et actions correctives impératives
0,3 mSv·an ⁻¹	Eau déconseillée pour la boisson et la préparation des aliments des nourrissons, enfants et femmes enceintes si ne peut être corrigé	En fonction des moyens locaux pour maîtriser le traitement de l’eau et l’élimination des boues	Radioactivité naturelle > référence de qualité et actions correctives nécessaires
0,1 mSv·an ⁻¹ = référence de qualité	non	pas nécessairement	Pas d’action correctives nécessaires
	non	non	Radioactivité naturelle < référence de qualité

Tableau 3: limites d’acceptation de l’eau en France

La qualité radiologique des eaux au robinet du consommateur

L’évaluation effectuée en 2009 montre que l’eau distribuée en France était de qualité radiologique très satisfaisante :

- 99,83 % de la population desservie par le réseau de distribution et pour laquelle la qualité radiologique de l’eau a été évaluée (soit 60,5 millions de personnes concernées) a été alimentée par une eau dont la qualité respectait en permanence les valeurs guides et références de qualité fixées par la réglementation.
- Environ 100 000 personnes ont été alimentées par une eau dont la DTI moyenne a dépassé la référence de qualité, 1327 d’entre elles l’ont été par de l’eau dont la DTI moyenne était supérieure à 0,3 mSv/an.

Pour ces dernières, des dispositions spécifiques (information, recherche des causes et de solutions techniques) ont été ou sont en cours de mise en œuvre.

Conclusion.

Les résultats sur 12000 prélèvements annuels montrent que la qualité radiologique de l’eau du robinet est satisfaisante sur la période 2008-2009, comme elle l’était sur la période 2005-2007. Les situations de dépassement de la référence de qualité de la DTI ont concerné un nombre très faible de personnes en 2008-2009 ; les quelques situations conduisant à des restrictions d’usage (DTI > 0,3 mSv/an) présentent les mêmes caractéristiques entre les deux périodes et des mesures correctives sont prévues

3-Les eaux minérales commercialisées en bouteilles [3], [4]

Contrairement à l'eau du robinet, les eaux conditionnées ou embouteillées sont uniquement destinées à la boisson. Elles sont embouteillées dans des usines avant d'être mises sur le marché par lots dans les circuits de distribution et sont ainsi considérées comme un produit alimentaire à part entière. Cependant, du fait de leurs caractéristiques, ces eaux font l'objet d'une réglementation spécifique (articles R.1322-1 et suivants du Code de la santé publique transposant les dispositions de la directive 2009/54/CE complétée par l'arrêté du 14 mars 2007). Ces dispositions concernent les critères de qualité des eaux, les traitements possibles et les mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et de source conditionnées ainsi que de l'eau minérale naturelle distribuée en buvette publique. On distingue trois types d'eaux conditionnées suivant leur origine, leur stabilité et les traitements auxquels elles ont été soumises :

- l'eau minérale naturelle
- l'eau de source naturelle
- l'eau rendue potable par des traitements)

Les eaux rendues potables comme les eaux du robinet,

Elles sont peu commercialisées en France sinon données en carafe dans les restaurants.

Les eaux minérales sont des eaux de source. En France, une eau ne peut être qualifiée de minérale que si elle a été reconnue comme étant bénéfique pour la santé par l'Académie Nationale de Médecine (article 2 du décret 80-369 du 6 juin 1989). Une eau minérale issue d'une source chaude ou tiède et utilisée à des fins thérapeutiques est appelée « eau thermale ». Le nom d'« eau thermale » ne répond pas à une définition officielle précise. Contrairement aux eaux d'adduction, les eaux minérales et thermales sont provisoirement exclues du champ réglementaire relatif à la qualité des eaux de consommation humaine (décret 02001-1220 du 20/12/2001) et ce n'est que dans le cadre de demande d'agrément comme eau minérale (ou de leur renouvellement) que les exploitants de ces ressources se voient souvent imposer des analyses de radioactivité. En France il existe autant d'eaux minérales qu'il ya de sources, soit plus d'un millier qui sont distribuées sous 110 marques d'eaux plates, gazeuses ou aromatisées.

La France produit de l'ordre 3,6 milliards de litres d'eau conditionnée avec un taux d'exportation de 17% et un chiffre d'affaire de l'ordre de 3 milliards d'euros. Il est actuellement concentré entre les mains de trois grands groupes. Danone, Nestlé et le groupe Castel qui rassemblent environ 70 % de la production nationale en volume et 80 % du chiffre d'affaire.

La Direction générale de la santé (DGS) et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ont confié à l'IRSN, la réalisation d'une enquête nationale afin de disposer d'un état des lieux récent et exhaustif de la qualité radiologique des eaux conditionnées produites en France en 2012.

L'étude s'est déroulée sur 12 mois. Ces analyses ont porté au total sur 142 eaux conditionnées (75 eaux de sources et 67 eaux minérales naturelles).

Il ressort de cette enquête que :

- toutes les eaux conditionnées analysées présentent une activité volumique en tritium très faible.
- toutes les eaux conditionnées analysées présentent une activité bêta inférieure à 1 Bq/L
- 108 des 142 eaux conditionnées analysées ont une activité alpha globale inférieure ou égale à la valeur guide de 0,1 Bq/L
- toutes les eaux analysées présentent des concentrations en uranium inférieure à 15 µg/L
- S'agissant des 34 eaux conditionnées dont l'indicateur d'activité α dépasse la valeur de 0,1 Bq/L, la DTI calculée est inférieure ou égale à la référence de qualité définie pour l'eau du robinet (0,1 mSv/an) pour 28 d'entre-elles. Pour les six autres échantillons, qui sont des eaux minérales naturelles, la DTI calculée est supérieure à 0,1 mSv/an mais toujours inférieure à 0,3 mSv/an, valeur en deçà de laquelle, pour les eaux destinées à la consommation humaine, il n'est pas nécessairement recommandé d'action correctrice.

Conclusion

La photographie ainsi réalisée, à partir d'échantillons prélevés en 2012, montre que la qualité radiologique des eaux conditionnées produites en France est globalement satisfaisante. L'exposition aux rayonnements ionisants apportée par la consommation de ces eaux est négligeable et les risques liés à leur ingestion pour le consommateur, s'il existe, peut également être considéré comme très faible.

4-Procédés spécifiques de traitement pour réduire la radioactivité des eaux d'adduction et des eaux conditionnées.

En général, en France, les eaux du robinet destinées à la consommation courante ne sont pas traitées spécifiquement pour diminuer la radioactivité sinon pour certaines une aération pour dégazer le radon.

Concernant les eaux en bouteilles il faut remarquer que les analyses ont été faites sur le produit fini et non au niveau des griffons, ce qui ne permet pas de déceler les eaux qui ont été traitées pour des raisons commerciales comme c'est le cas de la plupart des eaux gazeuses. Les producteurs sont généralement discrets sur le sujet et publient peu sur leur procédé de traitement.

En principe, comme mentionné précédemment les eaux minérales n'ont pas le droit d'être traitées.

Les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer, consistent à éliminer les éléments instables que sont les gaz, le fer et le manganèse, par l'aération (ajout d'ozone après autorisation), la décantation et la filtration. Les eaux naturellement gazeuses, qui contiennent du gaz carbonique dissous, peuvent également être regazéifiées avant d'être embouteillées. L'élimination du fer (50mg/L) et du manganèse (10à 20mg/L) (imposée pour des questions de limpidité et de goût de l'eau) s'avère utile pour éliminer l'uranium et le radium en raison de l'adsorption de ces derniers par les hydroxydes ou oxyhydroxydes de fer précipités et sur des filtres chargés d'oxydes de Mn (MnO_2 ou manganite) qui adsorbent le radium résiduel.

5 Protection des sources

La France a la chance d'avoir d'importantes ressources en eaux de consommation et tous les organismes ou acteurs concernés ont compris qu'il fallait tout mettre en œuvre pour éviter de les polluer.

Les exploitants des sources achètent souvent les terrains de surface correspondants pour éviter l'utilisation des nitrates, des pesticides et autres polluants.

Enfin des pressions légales ou médiatiques sont exercées pour limiter les rejets radioactifs dans les régions riches en eaux de sources ce qui oblige par exemple AREVA Mines à traiter toutes les eaux d'exhaure issues des anciens sites miniers. [5]

A noter également qu'il existe des conventions entre les producteurs d'eau potable, l'IRSN et EDF pour disposer de procédures de surveillance permanente et gestion de crise à mettre en œuvre en cas de fuites radioactives dans les eaux issues des centres nucléaires. C'est le cas, parmi d'autres, des contrôles des eaux de la Seine et des procédures prévues en 1992 en cas de problèmes pour la centrale de production d'eau de Morsang sur Seine en aval de la centrale de Nogent sur Seine [6].

6 Conclusion

La France dispose d'un réseau d'eau potable destinée à la consommation humaine tout à fait satisfaisant sur le plan de la radioactivité. La fréquence des contrôles effectués peut paraître superfétatoire (12000 analyses/an et une dépense de 9 millions d'euros) dans la mesure où il s'agit de très faibles doses et des incertitudes sanitaires qui leur sont liés. Mais on ne peut qu'adhérer aux arguments de l'OMS qui a comme objectif de ne pas exposer la population à plus de 5 mSv/an en tenant compte des irradiations cosmiques et médicales inévitables. Il est mieux d'avoir des valeurs seuils limites claires et rassurantes pour le public que de se référer à des valeurs arbitraires issues du très discuté principe de précaution.

Bibliographie

[1] La qualité radiologique de l'eau du robinet en France ASN-IRSN (Février 2011)

<https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Bilan-de-la-qualite-radiologique-des-eaux-du-robinet-en-France-2008-2009>

- [2] Arrêté du 21/01/10 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire, etc. http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/4165
- [3] La qualité radiologique des eaux conditionnées produites en France ASN-IRSN (Octobre 2013)
<https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Bilan-de-la-qualite-radiologique-des-eaux-conditionnees-produites-en-France>
- [4] La radioactivité naturelle dans les eaux de consommation -Isabelle de Guido Mémoire de fin d'étude Ecole Nationale de la santé publique de Rennes (1999-2000)
http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Ensp/Memoires/2000/igs/de_guido.pdf
- [5] Gestion de l'eau sur les anciens sites miniers uranifères français Audrey GIBEAUX (AREVA Mines)
www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/S2b-Audrey_GIBEAUX.pdf
- [6] Comprendre la radioactivité dans l'eau- Lyonnaise des Eaux (février 2012)
https://www.lyonnaise-des-eaux.com/var/ldc_admin/storage/original/application/3524ad9072a6f525477e32b95296fb47.pdf