

TRITIUM ET EAUX DE BOISSON : C'EST GRAVE DOCTEUR ?

Pierre-Yves Hémidy

EDF/DPNT/DPN/UNIE
Groupe Prévention
Environnement eXploitation,
Saint-Denis

L'été dernier, suite à un communiqué de presse d'une association anti-nucléaire, une polémique naissait autour de la présence de tritium dans l'eau du robinet en France et notamment en région parisienne. Beaucoup de choses ont été dites, écrites, inventées même, et bien évidemment relayées par internet et les réseaux sociaux. Cet article fait un point sur ce sujet et donne des éléments de comparaison factuels. Il ne vise pas à minimiser l'impact de la présence de ^3H , ni à considérer sa présence dans l'eau du robinet comme négligeable ou dénuée d'intérêt. Il vise à informer de manière rationnelle, à donner les moyens de comparer et donc de juger l'importance à accorder à ce qui a été mesuré et son origine.

Mi-juillet 2019, un communiqué de presse¹ de l'Association Contre la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO) évoquait la présence de « tritium (^3H) » dans l'eau potable distribuée en France métropolitaine. Avec plus de 268 communes et plus de 6 millions de français potentiellement concernés, la présentation des faits, s'ils ne sont pas nouveaux, peut être source d'inquiétudes et mérite des explications pour comprendre l'observé et répondre à des questions légitimes. Mais la propagation par les réseaux sociaux de rumeurs et de messages aussi faux que fantaisistes (*confusion « titanium » vs « tritium », évocation d'un arrêté préfectoral imaginaire annonçant l'eau du robinet distribuée en Ile de France comme impropre à la consommation*) ont fait naître une situation de crise aussi injustifiée que dangereuse, a fortiori en pleine période de canicule et ce d'autant qu'aucune des valeurs avancées ne dépassait les critères de qualité établis par les autorités sanitaires françaises pour les eaux de boisson.

1 <https://www.acro.eu.org/wp-content/uploads/2019/07/CP-ACRO-du-170719.pdf>

Mais tout d'abord, qu'est-ce que le tritium ?

Découvert en 1934 par Rutherford, le ^3H est un isotope radioactif de l'hydrogène (^1H) très faiblement radiotoxique. Instable puisque radioactif (période radioactive 12,3 ans), il se transforme en Hélium 3 (^3He), un élément stable et inerte chimiquement. L'hydrogène étant un constituant de la molécule d'eau (H_2O) et le ^3H très mobile et échangeable, ce dernier intègre facilement le cycle de l'eau pour former de l'eau tritiée (HTO)². Le becquerel étant une petite unité et l'hydrogène le plus petit des atomes de la classification de Mendeleïev, il faut $3,59 \cdot 10^{14}$ Bq de ^3H pour en obtenir 1 gramme, c'est-à-dire une quantité du même ordre de grandeur que la somme des rejets de ^3H effectués annuellement par les centrales nucléaires d'EDF S.A. en France pour produire une électricité décarbonée.

D'où provient le ^3H mesuré dans l'environnement et dans les eaux de boisson ?

La présence de ^3H dans l'environnement est connue, documentée et liée à sa double origine naturelle et artificielle. En effet, la nature en produit en permanence, sans intervention de l'homme, par action de rayons cosmiques (neutrons) sur des atomes entrant dans la composition de l'air (azote, oxygène ou argon). L'UNSCEAR³ estime sa production naturelle annuelle à $7,2 \cdot 10^4$ TBq, soit 150 à 200 g, et son stock à $1,3 \cdot 10^6$ TBq, soit 3 à 4 kg à l'échelle planétaire.

A la composante naturelle s'ajoute une composante artificielle liée aux activités humaines. La plus importante est liée aux essais atmosphériques d'armes nucléaires effectués entre 1945 et 1980 par les États-Unis, l'ex Union Soviétique, la Grande-Bretagne, la Chine et la France. Avec plus de 500 essais réalisés, près de $2,4 \cdot 10^8$ TBq de ^3H , soit près de 650 kg, ont été introduits dans l'atmosphère. Les niveaux de ^3H dans l'environnement ont alors fortement augmenté, jusqu'à atteindre près de 600 Bq/L dans l'eau de pluie en France en 1963⁴. Le compartiment atmosphérique alimentant les eaux de surface *via* les précipitations, l'activité ^3H a cru dans des proportions plus marquées dans les eaux douces que dans les eaux de mer dont l'activité volumique est restée quasi inchangée en raison d'un volume de dilution très supérieur. Dans des zones non influencées par les rejets de ^3H autorisés d'une installation nucléaire, l'activité volumique de l'eau de pluie et des eaux douces de surface⁴ pouvant être considérée comme au « bruit de fond », est aujourd'hui comprise entre un peu moins de 1 et 3 Bq/L. Dans des zones géographiques où une installation nucléaire (ex. : centrale nucléaire) est réglementairement autorisée à réaliser après contrôles des rejets d'effluents tritiés dans un cours d'eau pouvant être utilisé pour la production d'eau de consommation humaine, l'influence de ces derniers est perceptible à des degrés variables comme le montrent les activités ^3H dans les eaux de boisson issues des données des autorités sanitaires reprises par l'ACRO¹ (5,5 Bq/L à Orléans, 9,6 Bq/L à Blois, 31 Bq/L à Châtellerauld). Ces activités ^3H peuvent être comparées à celles observées dans certaines eaux minérales en bouteille⁵ (4,5 Bq/L pour certaine source d'Alsace ou encore 7 Bq/L en Ardèche). Les activités observées varieront pour un même point de prélèvement car elles dépendront du moment où le prélèvement pour la production d'eau potable a été réalisé et de la proximité temporelle d'un rejet réalisé selon des conditions strictes établies par voie réglementaire et propre à chaque installation, et des conditions environnementales et de leur aptitude à assurer une dispersion optimale des rejets (importance du débit du cours d'eau). Il est à noter que l'exploitant autorisé à réaliser des rejets

2 HTO : Molécule d'eau (H_2O) au sein de laquelle au moins un atome d'hydrogène (^1H) a été remplacé par son homologue radioactif, le tritium (^3H ou T).

3 UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

4 https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20190108_Bilan-Etat-radiologique-environnement-francais-2015-2017.aspx#.XjRF_kdCfIU

5 <https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/bilan-qualite-radiologique-eaux-conditionnees-2012.pdf>

est soumis à l'imposition de comptabiliser tous ses rejets dans des registres réglementaires transmis mensuellement à l'ASN⁶ pour contrôles. Il doit également se soumettre à des inspections programmées et inopinées au cours desquelles les processus clés de la réalisation des rejets et/ou de la surveillance de l'environnement sont décortiqués et où l'exploitant doit pouvoir démontrer son respect de la réglementation et des limites prescrites⁷.

Dans le cadre du Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017⁴, et sur la base d'une hypothèse de consommation journalière directe, c'est-à-dire sans traitement et sans mélange avec des eaux provenant d'une autre origine (ex. eaux souterraines), de 2 L d'eau de fleuve par an aux niveaux d'activité ³H mesurés (données disponibles en libre accès sur le RNM⁸), l'IRSN a estimé les doses reçues par le public entre 0,00005 à 0,0005 mSv/an pour l'ensemble des fleuves nucléarisés. Ces doses, très faibles, sont à mettre en regard de la limite de 1 mSv/an pour la population, nous y reviendrons par la suite.

Quelle est la réglementation & comment se positionnent les activités ³H mesurées dans l'eau potable par rapport aux « limites réglementaires » d'ordre sanitaire ?

Les « limites » présentes dans la réglementation française concernant la radioactivité reposent sur quatre indicateurs issus de la transposition en droit français de la directive européenne 2013/51 Euratom⁹ (*Tableau I*). Les trois premiers sont accessibles via des analyses distinctes sur un prélèvement d'eau, il s'agit de l'indice de radioactivité beta global, de l'indice de radioactivité alpha global et du ³H. Le quatrième, la Dose Indicative (DI), est issu d'un calcul réalisé avec les activités des différents radionucléides mesurés. Il importe de noter que le 100 Bq/L en ³H et le 0,1 mSv/an de la DI ne sont pas des limites sanitaires. Ce sont des références de qualité dont le dépassement ne déclenche pas l'arrêt de la consommation de l'eau produite mais la réalisation d'autres analyses visant à caractériser la présence de radionucléides, notamment artificiels, que le cas échéant on tentera de relier à une activité nucléaire ou un Événement plus ou moins éloigné du lieu de production de l'eau potable. Le ³H étant très mobile et facilement mesurable, y compris à des niveaux bas comme ceux rencontrés dans l'environnement, son suivi dans les eaux de boisson en fait un traceur de premier choix.

D'autres données chiffrées concernant la radioactivité des eaux de boisson existent, notamment celles avancées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)¹⁰.

Concernant le ³H, la valeur guide de l'OMS de 10 000 Bq/L, un arrondi de 7 610 Bq/L la valeur exacte, est la plus connue car souvent employée. Supérieure à 100 Bq/L, la référence de qualité de la réglementation française, cela n'en fait pas pour autant une limite dont le dépassement entrainerait un risque sanitaire et ce n'est pas non plus, contrairement à ce qui est souvent avancé, un « seuil de potabilité ». Il s'agit d'une valeur paramétrique dont le dépassement déclenche la réalisation d'investigations et donc d'autres analyses pour comprendre et suivre l'observé ce qui de fait renforce le caractère « protecteur » de la référence de qualité établie à 100 Bq/L en France.

6 ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire.

7 Les limites prescrites aux CNPE prennent différentes formes : limites annuelles (Bq/an), dilution d'un facteur 500 minimum avant rejet, limites en activité (Bq/seconde, Bq/L en moyenne journalière, limites environnementales (Bq/L), ...

8 RNM : Réseau National de Mesure de la Radioactivité de l'environnement (www.mesure-radioactivite.fr)

9 <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000028166772&categorieLien=id>

10 Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first Addendum – World Health Organization 2017 - ISBN 978-92-4-154995-0

Tableau I. Paramètres indicateurs de radioactivité pour les eaux.

Paramètres	Référence de qualité	Unités	Commentaires
Indice de radioactivité alpha global			En cas de valeur supérieure à 0,10 Bq/L, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R. 1321-20 du Code de la Santé Publique.
Indice de radioactivité bêta global			En cas de valeur supérieure à 1,0 Bq/L, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R. 1321-20 du Code de la Santé Publique.
Dose indicative (DI)	0,10*	mSv/an	Le calcul de la DI est effectué selon les modalités définies à l'article R. 1321-20 du Code de la Santé Publique.
Radon	100	Bq/L	Uniquement pour les eaux d'origine souterraine
Tritium (³ H)	100	Bq/L	La présence de concentrations élevées de tritium dans l'eau peut être le témoin de la présence d'autres radionucléides artificiels. En cas de dépassement de la référence de qualité, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R. 1321-20 du Code de la Santé Publique.

* 0,1 mSv = 10% de limite d'exposition population fixée à 1 mSv/an - cf. art. R1333-11 Code de la Santé Publique français.

L'OMS utilise également une dose annuelle de 0,1 mSv/an¹¹. Cette dernière est calculée à partir de l'activité (Bq/L) d'une eau de boisson sur la base d'une consommation de 2 litres d'eau/jour pendant un an chez un adulte. Si ce dernier point est critiqué par certains en avançant l'argument que les enfants sont plus radiosensibles que les adultes, il convient de rappeler d'une part que les enfants, notamment les plus jeunes, ne consomment pas 2 L d'eau/jour et d'autre part que les limites de dose pour la protection du public, 1 mSv par an, soit 10 fois 0,1 mSv, ont été calculées en tenant compte de l'exposition sur la vie entière, cela introduit une marge de sécurité.

Si ces données ne sont pas des limites, c'est parce que l'OMS n'a pas vocation à en établir. L'OMS émet des recommandations établies sur la base de publications scientifiques de haut niveau et de travaux menés par des comités d'experts astreints à des principes très stricts d'intégrité, d'indépendance et d'impartialité conformément à ce qu'exige cette organisation. Chef de file mondial et incontesté en matière de santé publique, ses recommandations peuvent être utilisées par les autorités des pays pour les aider à fixer leurs « limites » après une analyse du rapport risques/avantages, et en tenant compte des facteurs sociaux, environnementaux, économiques et culturels.

Vues les activités relevées, consommer l'eau du robinet présente-t-il un risque ?

En préambule, quelques rappels de radioprotection s'imposent. Les caractéristiques du rayonnement émis lors de la transformation spontanée du ³H en ³He (i.e. rayonnement de type β⁻, peu énergétique, très peu pénétrant [parcours de quelques dizaines millimètres dans l'air et quelques micromètres dans l'eau ou les tissus biologiques]) font que le risque d'exposition externe peut être considéré comme négligeable. Seule l'exposition interne consécutive à une absorption cutanée, une inhalation mais surtout une ingestion est à prendre en considération. Si la présence de ³H dans les eaux de boisson

11 10 000 Bq/l correspond à l'activité ³H d'une eau qui, consommée à hauteur de 2 litres/jour pendant un an, entraîne une dose de 0,1 mSv pour un adulte.

n'est pas à banaliser et doit faire l'objet d'une surveillance, ce qui est le cas en France par la Direction Générale de la Santé et les Agences Régionales de Santé, aucune des valeurs¹² des autorités sanitaires reprises par l'ACRO ne dépasse la valeur de 100 Bq/L, la référence de qualité réglementaire. Si on utilise cette activité comme enveloppe de l'impact dosimétrique (dose) généré par la présence de ^3H dans l'eau du robinet, quelle est alors la dose associée ? Y-a-t-il matière à s'inquiéter ?

Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de calculer la dose. Exprimée en sievert (Sv), elle permet de juger de l'importance d'une exposition et d'évaluer le risque associé. Dans la situation enveloppe retenue, boire 2 L/jour d'une eau à 100 Bq/L de ^3H sur une année génère une dose de 0,0013 mSv pour un adulte. Mais est-ce beaucoup ?

Sans élément de comparaison, difficile de se positionner pour un non spécialiste ! Aussi, pour juger de l'importance de cette dose et sans passer par des calculs d'excès de risque qui sont souvent sujet à polémique en fonction des hypothèses prises ou encore de valeurs de coefficients retenus, nous proposons de comparer les 0,0013 mSv à d'autres situations d'exposition fréquentes pour l'homme.

Pour commencer, comment se positionne cette valeur par rapport à la dose limite d'exposition pour le public du fait des activités nucléaires ?

Dans l'hypothèse conservatrice retenue, la dose générée est plus de 750 fois inférieure à la limite d'exposition fixée pour le public à 1 mSv/an¹³. Pour atteindre la limite réglementaire, il faudrait boire pendant un an un peu plus de 1 500 L/jour d'une eau à 100 Bq/L de ^3H !

Les 0,0013 mSv/an peuvent aussi être comparés à la dose générée en exposition interne par un radionucléide émetteur β/γ d'origine naturelle, le potassium 40 (^{40}K). De radiotoxicité supérieure au ^3H , il est présent partout dans l'environnement à des activités variables, 3 à 4 Bq/L dans l'eau minérale⁵ ou encore 50 Bq/L dans le lait de vache. Du ^{40}K est également naturellement présent dans le corps humain à une activité proche de 5 000 Bq pour un individu de 80 kg. Ceci engendrera une exposition annuelle de l'ordre de 0,3 mSv et donc près de 250 fois supérieure à celle générée par la consommation annuelle de 2 L/jour d'une eau à 100 Bq/L de ^3H .

Plus parlant encore, utilisons la notion de « dose-banane ». Une banane contient autour de 20 Bq de ^{40}K . Manger une banane entraînera donc une dose de 0,00012 mSv. Aussi, manger une banane/mois pendant un an génèrera une dose comparable à celle consécutive à l'absorption de 2 L/jour pendant un an d'une eau contenant 100 Bq/L de ^3H .

Enfin, une situation très différente, celle d'une personne ayant réalisé un vol Paris-New York le 15 janvier dernier. La dose estimée durant le vol est de 64 μSv (cf. www.sievert-system.org). Ce niveau d'exposition est plus de 50 fois supérieures à celui généré par la présence de 100 Bq/L de ^3H dans une eau de boisson consommée à raison de 2L/jour pendant une année.

12 Les données évoquées concernent la surveillance du ^3H dans l'eau du robinet. La mesure à 310 Bq/L en date du 21.01.2019, réalisée et présentée par ACRO & SDN comme provenant des eaux de la Loire à hauteur de Saumur, n'entre donc pas dans ce cadre.

13 Code de la Santé Publique Français – Article R.1333-11
https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?jsessionid=9AAD65913F86C57337CEBA1E1CEDB26D.tplgfr21s_2?idSection-TA=LEGISCTA000006190335&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20200131.

2. CONTAMINANTS / RAYONNEMENTS IONISANTS

PARIS -> NEW YORK
Dose reçue lors du vol = 0.0642 mSv
Temps de vol = 8:16 (HH:MM)

Ville de départ	Ville d'arrivée	Date de départ	Date d'arrivée	millisievert (mSv)	Prévisionnel
PARIS	NEW YORK	15/01/2020 08:14	15/01/2020 10:30	0.0642	Oui
Total				0.0642	

Ces différents éléments de comparaison ne visent pas à minimiser l'impact du ^3H , ni à considérer sa présence dans l'eau du robinet comme négligeable ou dénuée d'intérêt. Ils visent à informer, donner les moyens de comparer, de juger de l'importance à accorder à ce qui est mesuré et dit, et donc de permettre de répondre avec rationalité à la question « *Alors, c'est grave docteur ?* ».