



Association

**CRIIRAD**

Laboratoire

**Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité**

29 cours Manuel de Falla / 26000 Valence / France

☎. 33 (0)4 75 41 82 50 / corinne.castanier@criirad.org

**DOCUMENT EXPLICATIF**

1/07/2019

**NORMES DE PROTECTION  
ou PERMIS DE POLLUER ?**

**Volet 1**

## **Analyse critique du seuil de 10 000 Bq/l défini par l'OMS pour le tritium dans l'eau potable**

### **Une norme très pratique**

**En cas de contamination des ressources en eau par l'hydrogène radioactif (tritium), les mêmes phrases reviennent systématiquement sous la plume des exploitants, des autorités et de leurs experts :**

*Les concentrations en tritium mesurées dans les eaux sont **sans conséquence sanitaire**. Les mesures relevées sont **très inférieures au seuil de potabilité de 10 000 Bq/l** défini par l'Organisation Mondiale de la Santé.*

La CRIIRAD l'avait constaté dès les années 90, lorsqu'elle avait dénoncé l'impact du site nucléaire de Valduc sur plus de la moitié des eaux souterraines de la Côte d'Or. La communication officielle des années 2010 a régulièrement montré que rien n'a changé : qu'il s'agisse des contaminations détectées dans les nappes des centrales nucléaires de Bugey dans l'Ain, de Tricastin dans la Drôme ou de Cruas-Meysses en Ardèche, tous les communiqués ont affirmé que les niveaux de tritium mesurés (190 Bq/l, 340 Bq/l, 700 Bq/l...) restaient très inférieurs au « seuil de potabilité » de l'OMS.

En 2015, EDF commente comme suit une teneur en tritium atteignant **700 Bq/l** sous la centrale nucléaire du Bugey : « Cette présence de tritium n'a pas d'impact significatif pour l'environnement et n'a pas d'impact sanitaire sur les populations. Il faudrait qu'un adulte consomme quotidiennement, durant toute sa vie, deux litres d'eau présentant une concentration en tritium **supérieure à 10 000 Bq/l** pour atteindre le **seuil de potabilité de l'eau** ».

C'est donc sans surprise, que la CRIIRAD a pris connaissance des commentaires de l'ASN et de l'IRSN à propos des niveaux de tritium mesurés par l'ACRO dans l'eau du robinet de Châtelleraut (de 4,6 à 55 Bq/l) et dans les eaux de la Vienne (jusqu'à 67 Bq/l) et de la Loire (jusqu'à 310 Bq/l) :

L'Autorité de Sûreté Nucléaire souligne que « les concentrations maximales en tritium relevées par l'Acro (310 becquerels par litre - Bq/L) n'entraînent pas de conséquences pour les personnes et l'environnement. L'ASN rappelle que la valeur-guide dans l'eau potable recommandée par l'OMS est de **10 000 Bq/L** ».

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire le confirme : les niveaux de tritium relevés par l'ACRO dans les eaux de boisson ne dépassent pas « la référence de qualité utilisée pour le contrôle du tritium (100 Bq/L) ». « Ils restent très inférieurs à la valeur-guide recommandée par l'OMS (**10 000 Bq/L**) ».

### **L'analyse de la CRIIRAD révèle des anomalies gravissimes**

Les « normes » constituent un outil de communication idéal : en-dessous de la limite, il n'y a pas d'impact sanitaire. Pour les médias et le public, c'est plus simple ; pour les autorités et les pollueurs, c'est parfait : le débat est clos. Qui va s'interroger sur les niveaux de risque auxquels elles correspondent, sur les rapports de force qui ont conduit à leur adoption, sur l'origine des experts qui les ont produites, sur les défauts méthodologiques, voire même les erreurs de calculs dont elles peuvent être entachées ? Ces questions sont pourtant essentielles et les contre-expertises conduites par la CRIIRAD mettent régulièrement en lumière des anomalies graves dans le travail des experts officiels<sup>1</sup> (...). C'est le cas des normes établies par l'OMS pour la qualité radiologique de l'eau de boisson.

<sup>1</sup> Cf. par exemple, les erreurs et incohérences identifiées dans le travail des experts Euratom sur les normes de contamination radioactive dans les aliments en cas d'accident nucléaire ([communiqué du 21/05/2015](#)).

*Remarque préalable : la CRIIRAD a procédé à l'analyse critique complète des « Lignes directives de l'OMS pour l'eau de boisson » (Guidelines for drinking-water quality), en tout cas des chapitres applicables aux produits radioactifs. Les paragraphes qui suivent ne synthétisent que les résultats susceptibles de concerner la valeur-guide de 10 000 Bq/l que les experts de l'OMS ont définie pour le tritium.*

## VÉRIFICATIONS POUR UNE ANNÉE DE CONSOMMATION

Pour définir les valeurs-guides applicables aux produits radioactifs, l'OMS a retenu une **référence de dose** (efficace engagée) de **100 µSv/an** (microSieverts par an) censée correspondre à un **risque sanitaire très faible** (nous examinerons la réalité de cette affirmation dans la 2<sup>ème</sup> partie). Une personne buvant chaque jour une eau contenant 10 000 becquerels de tritium par litre ne devrait pas recevoir une dose de rayonnement supérieure à 100 µSv/an. L'OMS précise que le calcul a été fait avec le coefficient de dose défini par la CIPR<sup>2</sup> pour un adulte consommant 2 litres d'eau par jour. Les vérifications réservent des surprises :

- **Des règles d'arrondi très contestables** : en refaisant les calculs avec les mêmes paramètres que l'OMS, la CRIIRAD ne parvient pas à **10 000 Bq/l** mais à **7 610 Bq/l**. C'est que l'OMS a adopté une règle très pénalisante pour la santé des personnes. Si, en effet, le calcul donne une concentration comprise entre 3 000 Bq/l et 10 000 Bq/l, la règle est d'arrondir à 10 000 Bq/l ! Pour le tritium, arrondir de 7 610 Bq/l (qui correspond à 100 µSv/an) à 10 000 Bq/l (qui correspond à 132 µSv/an) implique d'exposer les consommateurs à une dose supérieure de plus de 30% à la limite prise en référence. Cette règle d'arrondi peut aboutir, dans le pire des cas<sup>3</sup>, à une dose de rayonnement plus de 3 fois supérieure au niveau maximum de 100 µSv/an.
- **Des calculs qui oublient les plus vulnérables** : les limites de l'OMS sont définies pour des consommateurs adultes. Dans le cas du tritium, le groupe d'âge le plus radiosensible est celui du nourrisson<sup>4</sup>. Pour une même quantité de tritium incorporée, il recevrait d'après les modèles officiels une dose 3,65 fois supérieure à celle d'un adulte. Il faut cependant tenir compte d'une consommation d'eau inférieure. Pour une consommation moyenne de **1 l/j** (incluant notamment l'eau utilisée pour la préparation des biberons), la concentration en tritium correspondant à 100 µSv/an est de **4 300 Bq/l** ; pour une consommation majorée de 1,3 l/j, cohérente avec celle que l'OMS retient pour les adultes<sup>5</sup>, la valeur-guide serait de **3 300 Bq/l**. Signalons que l'application de la règle de l'arrondi conduirait à retenir là encore 10 000 Bq/l alors que ce niveau de contamination exposerait le nourrisson à 304 µSv/an !

L'OMS est consciente du problème mais le renvoie à l'appréciation des États : « *en cas de contamination prolongée de la source d'eau, une évaluation des doses aux nourrissons et aux enfants peut être envisagée* ». La formulation n'étant guère contraignante, les communiqués officiels ne mentionnent jamais de limites spécifiques pour nourrissons, y compris pour les cas, pourtant nombreux, de contamination prolongée.

Ces deux choix méthodologiques constituent des violations des principes de radioprotection. Les normes doivent assurer la protection de tous : elles doivent être dimensionnées en fonction des groupes les plus vulnérables et, si les limites doivent être arrondies, elles doivent l'être à la borne inférieure et non supérieure !

- **Une erreur incompréhensible !** L'OMS explique qu'elle a pris **100 µSv/an** comme référence de dose parce que cette valeur correspond selon elle à un niveau de risque sanitaire très faible : un risque annuel de cancer de **5,5.10<sup>-6</sup>** (soit 5,5 cancers en excès pour 1 million de personnes exposées à 100 µSv). L'OMS précise qu'elle est parvenue à cette estimation en utilisant le coefficient de risque nominal défini par la CIPR<sup>6</sup> pour l'incidence des cancers radio-induits, soit **5,5.10<sup>-2</sup>/Sv**.

The nominal risk coefficient for radiation-induced cancer incidence is  $5.5 \times 10^{-2}/\text{Sv}$  (ICRP, 2008). Multiplying this by an IDC of 0.1 mSv/year from drinking-water gives an estimated annual cancer risk of approximately  $5.5 \times 10^{-6}$ .

*Guidelines for drinking-water Quality, OMS, 2011.*

2. Coefficient de dose par unité d'incorporation par ingestion de 1,8. 10<sup>-11</sup>Sv/Bq défini par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), et retenu par l'Union européenne, pour les adultes.

3. Lorsque le calcul indique qu'une concentration de 3 000 Bq/l correspond à 100 µSv/an et qu'elle est arrondie à 10 000 Bq/l.

4. Il faut cependant vérifier si une limite plus basse ne doit pas être définie pour la **femme enceinte** afin de protéger l'**embryon** et le **foetus**. L'OMS ne fait aucune recommandation à ce sujet.

5. La valeur de 2 l/j correspond à une consommation plutôt majorante. Cependant, ni les 2 l/jour pour un adulte, ni les 1,3 l/j pour un nourrisson ne couvrent l'ingestion du groupe des plus gros consommateurs.

6. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37.

Le problème, c'est que ce n'est pas le bon coefficient : la valeur utilisée par l'OMS correspond au détriment cancérigène, et non à l'incidence des cancers ( $\approx 17.10^{-2}/Sv$ ), ce qui **divise par 3 l'impact sanitaire réel** !<sup>7</sup> Si nous corrigeons le calcul en conséquence, la référence de dose devrait être abaissée de 100  $\mu Sv/an$  à 33  $\mu Sv/an$  et la valeur-guide du tritium passerait de 3 300 Bq/l à environ **1 000 Bq/l pour le nourrisson**, et de 7 610 Bq/l à environ **2 500 Bq/l pour l'adulte**. Tout cela est choquant mais ce n'est pas le plus grave.

#### VÉRIFICATION DU RISQUE TOLÉRABLE SUR LA VIE

**L'anomalie majeure concerne le risque sur la vie entière que l'OMS a pris en référence pour fixer ses valeurs-guides. Il est, en effet, plus de 300 fois supérieur à celui retenu pour d'autres polluants cancérigènes !**

#### Démonstration.

Les « *Directives de qualité pour l'eau de boisson* » que publie l'Organisation Mondiale de la Santé ont pour objectif premier la protection de la santé publique : « *L'eau est essentielle au maintien de la vie (...). Tout doit être mis en œuvre pour obtenir une eau de boisson aussi sûre que possible* ». Selon l'OMS, « *une valeur-guide correspond à la concentration d'un constituant pour laquelle le risque encouru par le consommateur, en supposant qu'il consomme l'eau concernée pendant la totalité de sa vie, ne dépasse pas le risque tolérable pour la santé.* ».

La frontière entre un risque jugé « tolérable » et un risque jugé « intolérable » est précisée par l'OMS, de façon très transparente, pour les polluants cancérigènes chimiques. Le seuil est de **1 cancer en excès sur 100 000 personnes exposées** (noté  $10^{-5}$ ), soit 1 cancer induit par le polluant chimique pour 100 000 personnes consommant, tout au long de leur vie, une eau dont le niveau de contamination atteindrait la valeur-guide. Rapporté à la population française (67 millions d'habitant·e-s), le risque associé est de **670 cancers en excès**<sup>8</sup>.

L'OMS précise que cette référence peut être adaptée en fonction des capacités d'action et spécificités des États : ceux qui ont les moyens (et le souci de protéger au mieux la santé de leurs administrés) sont invités à retenir un niveau de risque 10 fois inférieur ( $10^{-6}$ , soit 1 cancer en excès par million de personnes exposées) ; les États qui ont des difficultés peuvent adopter des limites moins protectrices mais sans dépasser  $10^{-4}$ , soit 1 cancer en excès pour 10 000 personnes exposées.

L'OMS souligne que les valeurs-guides ne correspondent pas à une absence de risque et ne signifient en aucun cas que la qualité de l'eau de boisson peut être dégradée jusqu'à la concentration retenue : « *un effort continu devrait être fait pour maintenir la qualité de l'eau de boisson au plus haut niveau possible* ».

Comparons maintenant le niveau de risque cancérigène que l'OMS prend en référence pour les cancérigènes chimiques ( $1.10^{-5}$ ) à celui qu'elle applique aux polluants radioactifs.

Le critère de risque acceptable devrait être le même puisque les polluants radioactifs sont des produits cancérigènes (et mutagènes) avérés. Ceci est attesté depuis des décennies, notamment par les travaux du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), un organisme qui dépend justement de l'OMS, et qui a classé les rayonnements ionisants (X,  $\gamma$ , et neutrons) ainsi que les radionucléides incorporés qui émettent des rayonnements  $\alpha$  ou  $\beta$  dans le groupe 1 des cancérigènes certains pour l'Homme.

Ajoutons que le tritium est explicitement visé dans les conclusions de la monographie n°78 « *Tous les radionucléides qui émettent des particules  $\beta$  et qui ont été suffisamment étudiés se sont avérés cancérogènes chez l'homme et chez l'animal de laboratoire. Cela comprend l'hydrogène-3 [tritium], qui produit des particules  $\beta$  de très basse énergie, mais pour lesquelles il existe néanmoins des preuves suffisantes de cancérogénicité chez les animaux de laboratoire* ».<sup>9</sup>

---

7. L'incidence des cancers ne correspond pas au détriment cancérigène. Très schématiquement, pour expliquer le principe, imaginons 150 cancers en excès, dont 30 mortels et 120 non mortels (sont déclarés tels les cancers des malades qui sont en vie au bout de 5 ans). L'incidence des cancers est bien de **150 cancers** radio-induits mais le détriment cancérigène, qui résulte d'un calcul à nos yeux très subjectif, serait de **54 cancers** (30 cancers mortels + **24 cancers non mortels pondérés** pour pouvoir être additionnés aux cancers mortels et constituer le « détriment »). Pour l'incidence des cancers (cancers mortels + cancers non mortels), le coefficient de risque est de  **$16,95.10^{-2}/Sv$** .

8. L'appréciation est subjective : pour les centaines de personnes qui n'auraient pas développé de cancer si elles avaient consommé une eau exempte de pollution, le niveau de risque n'est pas forcément « tolérable ». Précisons que la CRIIRAD n'a vérifié ni la validité des estimations de risque, ni les modalités de fixation des valeurs-guides pour les polluants chimiques. Ne sont comparés ici que les niveaux de risque pris en référence pour la fixation des valeurs-guides des polluants chimiques et radioactifs.

9. WHO/IARC (OMS/CIRC): IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Ionizing Radiation, Part 2: Some Internally Deposited Radionuclides. Volume 78, 2001.

Le résultat de nos vérifications est surprenant : en calculant, sur la base du coefficient de la CIPR, l'incidence des cancers associée au critère de dose de 100 µSv/an sur 70 ans retenu par l'OMS, nous obtenons tout d'abord un niveau de risque cancérigène de **1,19.10<sup>-3</sup>**, soit **1 cancer radio-induit pour 843 personnes**.

Le risque que l'OMS juge tolérable pour les cancérigènes radioactifs est donc plus de 100 fois supérieur à celui qu'elle prend en référence pour les cancérigènes chimiques.

La valeur-guide de 10 000 Bq/l retenue par l'OMS correspondant à une dose de rayonnement supérieure à la référence de 100 µSv/an, il faut corriger le calcul en conséquence. En tenant compte de la variation des facteurs de dose et des consommations d'eau en fonction de l'âge<sup>10</sup>, nous obtenons un niveau de risque sur la vie de **1,6.10<sup>-3</sup>**, soit **1 cancer radio-induit pour 626 personnes** consommant, tout au long de leur vie, une eau dont le niveau de contamination en tritium atteindrait la valeur-guide de 10 000 Bq/l.

En conclusion, le risque que l'OMS accepte pour le tritium est donc **160 fois supérieur** à celui qu'elle prend en référence pour les cancérigènes chimiques. Rapporté à la population française, le risque sur la vie est de plus de 100 000 cancers pour le tritium (contre 670 cancers pour le chimique).

**CONCLUSION n°1 : Rien ne justifie des niveaux de risque aussi élevés. Il faut appliquer aux produits radioactifs les critères de protection définis pour les polluants cancérigènes chimiques<sup>11</sup>.**

Cet alignement impose d'abaisser la valeur guide du tritium de 10 000 Bq/l à environ **60 Bq/l**.

L'OMS souligne toutefois que, pour définir les valeurs-guides des polluants chimiques cancérigènes, elle a retenu par précaution la borne supérieure de l'incertitude associée à l'estimation du coefficient de risque<sup>12</sup>. Si l'on applique cette approche prudente aux produits radioactifs, il faut diviser par 2 la valeur-guide, ce qui conduit à une concentration de **30 Bq/l**<sup>13</sup>.

**Au final, se référer à la valeur guide de 10 000 Bq/l conduit à accepter pour le tritium un risque plus de 300 fois supérieur à celui qui a été retenu pour les cancérigènes chimiques. La CRIIRAD demande en conséquence l'abandon de toute référence aux valeurs guides définies par l'OMS pour le tritium, et de façon générale pour tous les radionucléides artificiels (et de tous ceux qui existent également à l'état naturel mais qui sont d'origine anthropique).**

Rappelons par ailleurs que les développements qui précèdent sont conduits par rapport au risque tolérable standard de 10<sup>-5</sup> (1 cancer en excès pour 100 000 personnes). L'adoption de l'objectif de protection supérieur recommandé par l'OMS (10<sup>-6</sup>) conduirait à des limites 10 fois plus basses : respectivement **6 Bq/l et 3 Bq/l**.

### **Au-delà des coefficients officiels**

Les calculs et corrections ci-dessus s'inscrivent dans la logique du système international de radioprotection et utilisent les concepts, estimations de risque et coefficients de dose actuellement en vigueur. Le dispositif officiel est très critiquable mais une remise en cause générale n'entre pas dans le cadre du présent document. Nous nous limiterons ici à deux exemples significatifs de la sous-évaluation très probable du niveau de risque réellement associé à la consommation d'eau tritiée.

- De nombreuses recherches démontrent que l'efficacité biologique relative du rayonnement émis par le tritium est sous-évaluée, au minimum d'un facteur 2 (des valeurs supérieures sont à notre avis justifiées mais sont moins consensuelles).

---

10. Le facteur de risque pondéré en fonction des âges est de 2,04.10<sup>-11</sup> ; les hypothèses de consommation en fonction des âges conduisent à une consommation moyennée sur la vie de 661 l/an. D'autres consommations (supérieures ou inférieures) peuvent évidemment être retenues mais elles ne changent pas significativement les résultats. Or ce sont les ordres de grandeur qui nous intéressent ici.

11. Le présent document est ciblé sur le tritium mais le même processus de révision devrait évidemment être appliqué à l'ensemble des radionucléides.

12. *"In the case of compounds considered to be genotoxic carcinogens, guideline values are normally determined using a mathematical model. Although several models exist, the linearized multistage model is generally adopted. (...) These models compute an estimate of risk at a particular level of exposure, along with upper and lower bounds of confidence on the calculation, which may include zero at the lower bound. Guideline values are conservatively presented as the concentrations in drinking-water associated with an estimated upper-bound excess lifetime cancer risk of 10<sup>-5</sup>." Guidelines for drinking-water, 3<sup>rd</sup> Ed, 1<sup>st</sup> Ad.*

13. À notre connaissance, la CIPR ne publie pas les incertitudes associées à l'évaluation des coefficients de risque ou de dérivement. Nous avons donc utilisé l'incertitude associée aux calculs de l'incidence des cancers radio-induits publiée par la National Academy of Sciences dans son rapport de 2006 (Biologic Effects of Ionizing Radiation VII).

- Plusieurs études épidémiologiques de référence remettent en question l'application d'un facteur de réduction censé tenir compte d'une moindre efficacité des faibles doses et faibles débits de dose. La CIPR retient une valeur de 2 qui lui permet de diviser le niveau de risque cancérigène par 2 dès lors que l'exposition concerne des faibles doses et faibles débits de dose (ce qui est le cas des valeurs-guides définies pour l'eau potable). S'il est confirmé que l'application de ce facteur n'est pas justifiée, les normes de radioprotection devraient être modifiées en conséquence (cette correction impliquerait une nouvelle division par 2 des valeurs-guides définies pour l'eau potable).

Nous pourrions également ajouter :

- que la méthode de calcul de l'OMS (70 ans à compter de la 1<sup>ère</sup> année de vie) n'inclut pas les doses reçues par l'embryon et le fœtus alors que l'impact dosimétrique et surtout sanitaire de la contamination in utero est plus important que pour un adulte,
- que la valeur-paramétrique du tritium a été définie pour l'eau tritiée (HTO). Le tritium organiquement lié (TOL) n'est pas pris en compte et les analyses réglementaires ne mesurent que le tritium sous forme d'HTO. Les coefficients de dose officiels pour le TOL sont 1,9 fois à 2,5 fois supérieurs à ceux du HTO, sans compter que la toxicité réelle dépend de la nature du composé chimique auquel le tritium est incorporé (s'il s'agit de molécules susceptibles d'être incorporées à l'ADN, les effets du tritium peuvent être plus de 10 000 fois supérieurs).

**CONCLUSION n°2 : si l'on considère l'impact cumulé de toutes les observations qui précèdent, la valeur-guide du tritium dans l'eau potable ne devrait en aucun cas dépasser 10 Bq/l.**

Toute contamination à long terme de l'eau potable, y compris de quelques becquerels par litre, doit donc être proscrite. Cette conclusion conduit à remettre en cause la « référence de qualité » de 100 Bq/l que la réglementation a définie pour le tritium dans l'eau potable. Cette valeur est en effet utilisée comme seuil d'investigation. Au-dessus de cette valeur, on s'interroge ; en-dessous de cette valeur, la situation est considérée comme normale.

[Voir le volet 2 : analyse critique du contrôle réglementaire et de la référence de qualité de 100 Bq/l](#) (publication à venir)