

Fiche 3 : Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la limite de qualité des fluorures dans les eaux destinées à la consommation humaine

Pour l'élément fluor, les formes chimiques dominantes dans l'eau sont :

- Les fluorures de sodium (NaF), de potassium (KF), de calcium (CaF₂)
- L'acide fluorhydrique (HF)

Les fluorures peuvent se présenter sous forme de complexes avec le silicium, le bore ou l'aluminium.

1- Origine et sources de contamination

Origines naturelles :

En dehors des eaux minérales dans lesquelles le fluor peut avoir une origine profonde (magmatique), les valeurs les plus élevées dans les eaux souterraines sont associées à la fluorite (CaF₂) et surtout à l'apatite [Ca₅(PO₄)₃(F, Cl, OH)]. Le fluor peut être présent également en substitution dans les micas et les amphiboles. Dans le cas des roches sédimentaires, il s'agit souvent de gisements secondaires issus du lessivage des roches ignées ou métamorphiques. Le fluor peut être aussi fixé sur les argiles. Les teneurs les plus fortes sont observées dans des eaux présentant de faibles teneurs en calcium.

Sources anthropiques :

Le fluor est utilisé dans la fabrication du verre, des céramiques, de l'émail, de la brique, de la poterie, du ciment, de l'aluminium, de l'acier, dans la fonderie, le traitement de surface, le soudage et le brasage des métaux mais aussi dans la production de substances chimiques fluorées. Le fluorure de sodium est utilisé dans la fabrication de divers pesticides et peut être présent, comme impureté, dans les engrais phosphatés.

2- Traitements réduisant la teneur en fluorures dans les eaux

Conformément à l'article R* 1321-48 du code de la santé publique, l'utilisation de produits et procédés de traitement est soumise à autorisation du ministre chargé de la santé. La circulaire du 28 mars 2000³⁰, donne la liste des produits et procédés autorisés à cette date.

Les informations collectées permettent d'identifier les traitements suivants pour diminuer les teneurs en fluorures, sans préjudice des dispositions régulant l'autorisation de ces traitements :

Adsorption sélective sur apatite ou alumine activée ; le pH joue un rôle important.

Décarbonatation

En présence de phosphates, formation de fluoroapatite.

Traitements membranaires

L'osmose inverse retient les fluorures.

En présence de calcium formation de CaF₂ pouvant être retenu par nanofiltration.

³⁰ Circulaire DGS/VS 4 n° 2000-166 du 28 mars relative aux produits de procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine, NOR : MESP0030113C

3- Méthodes d'analyses

L'arrêté du 17 septembre 2003³¹, relatif aux méthodes d'analyses des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performance, précise que dans le cas des fluorures, la justesse et la fidélité ne doivent pas dépasser 10% de la valeur paramétrique, et la limite de détection 3% de la valeur paramétrique (soit 45 µg/L). De plus, la limite de quantification doit être de 200 µg/L.

Le prélèvement d'eau pour un dosage de fluorures doit être effectué dans un flacon en polyéthylène, compte tenu des risques de contamination de l'échantillon par les flacons en verre.

Les fluorures peuvent être recherchés dans les eaux par des méthodes spectrophotométriques mais surtout par des méthodes potentiométriques et par chromatographie ionique. Les méthodes normalisées pour le dosage des fluorures dans les eaux sont les suivantes :

- NF T90-004 (août 2002) : Qualité de l'eau – dosage de l'ion fluorure - Méthode potentiométrique.
- NF EN ISO 10304-1 (juin 1995) : Qualité de l'eau – Dosage des ions fluorure, chlorure, nitrite, orthophosphate, bromure, nitrate et sulfate dissous, par chromatographie des ions en phase liquide – Partie 1 : méthode applicable pour les eaux faiblement contaminées.
- ISO 10359-2 (octobre 1994) : Qualité de l'eau – Dosage des fluorures – Partie 2 : Dosage des fluorures totaux liés inorganiquement après digestion et distillation.

L'incertitude de mesure peut être estimée à partir d'essais inter laboratoire en déterminant le coefficient de variation de la reproductibilité (CVR%). (AGLAE, 2003)

Tableau 3.1 : Evolution de l'incertitude pour différentes concentrations en fluorures dans l'eau à partir du CVR% estimé par AGLAE, à partir d'essais inter laboratoires, toutes méthodes analytiques confondues –

Source : AGLAE, 2003

Niveau de concentration dans l'eau (mg/L)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
CVR %	12,4%	11,7%	11,4%	11,1%	10,9%	10,7%
Estimation de l'incertitude* (mg/L)	± 0,1	± 0,12	± 0,14	± 0,16	± 0,18	± 0,2

* Intervalle de confiance à 95 % pour une mesure réalisée par un laboratoire quelconque sous contrôle qualité

4- Exposition

4.1 Voie d'exposition

L'exposition aux fluorures se fait principalement par voie orale. Les fluorures sont rapidement absorbés au niveau du tractus gastro-intestinal, principalement au niveau duodénal. L'absorption est conditionnée par le pH gastrique, la nature du sel fluoré ingéré, la présence de complexants potentiels (*Al, Ca, Mg et Cl diminuent l'absorption, alors que PO₄²⁻ et SO₄²⁻ l'augmentent*) et l'état physiologique des sujets. Les fluorures absorbés sont distribués par voie sanguine et amenés jusqu'aux organes de stockage (dents et tissus osseux essentiellement) ; le plasma ne contient qu'environ 10% du statut corporel total. Des études de cinétique ont souligné le fort potentiel de l'homéostasie sanguine ; la fluorémie ne reflète la dose absorbée qu'en cas d'ingestion prolongée d'eau renfermant plus de 6 mg F/L. (Cerklewski, 1997). Les fluorures sont éliminés principalement par voie urinaire (50-60% de la dose ingérée).

4.2 Contrôle et niveau de contamination des eaux

Le programme réglementaire de contrôle sanitaire défini par le décret 89-3 du 3 janvier 1989 prévoyait la réalisation d'analyses des fluorures au point de puisage pour les eaux superficielles (de 1 à 12 fois par an) et après traitement pour les eaux souterraines et superficielles (de 0 à 1 fois par an).

³¹ Arrêté du 17 septembre 2003 relatif aux méthodes d'analyse des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performance, NOR : SANP0323688A, JORF du 7 novembre 2003, p. 19027 à 19033

L'analyse des données de la base SISE-EAUX pour la période comprise entre janvier 1999 et décembre 2002, montre que :

- des analyses³² sont disponibles pour 40% des UDI (soit 12 101 UDI desservant 50,1 millions de personnes) ;
- au moins un résultat³¹ non-conforme a été observé sur 1% de ces unités de distribution d'eau, desservant au maximum 750 000 personnes ;
- le 95^{ème} percentile des résultats des 1106 analyses³¹ (supérieures à la limite de qualité) est égal à 2,6 mg/L (le 50^{ème} percentile est de 1,85 mg/L).

4.3 Sources d'exposition

Pour la population générale, les principales sources d'exposition aux fluorures sont les aliments (principalement thé et poissons), l'eau, les produits d'hygiène dentaire et dans une moindre mesure, l'air. Le thé constitue de loin l'aliment le plus riche en fluorures avec le poisson de mer, alors que la viande, le lait et les œufs apportent peu de fluorures. Certaines eaux minérales sont naturellement riches en fluorures (plusieurs milligrammes par litre). La contribution des légumes est faible, mais plus variable. La biodisponibilité des fluorures dépend de la matrice alimentaire dans laquelle ils se trouvent. De plus, en présence de calcium, la formation d'un complexe rend les fluorures très peu biodisponibles. Chez les sujets travaillant en milieu agricole (usage d'engrais) ou en milieu industriel, un apport supplémentaire peut provenir de l'air contaminé par des particules de fluor.

Selon les pays et la mise en place d'une politique de fluoration de l'eau de distribution, les apports en fluorures par l'eau de boisson varient entre 0,3 et 1,9 mg/j (Arnaud, 2001). Les tableaux 3.2 et 3.3 présentent des estimations des apports quotidiens en fluorures respectivement pour différents pays et différentes tranches d'âges.

Tableau 3.2 : Estimation de la dose d'exposition aux fluorures pour différents pays

Pays	Type d'étude	Apports total journalier (mg/j)	Remarque	Source
Pays-Bas	Estimation de la dose apportée par aliments solides et eau.	1,4 - 6,0	80-85% par les aliments solides	Slooff et al. in OMS 2004
	Dose apportée par aliments solides et eau inférieure pour les enfants, MAIS apport supplémentaire par la pâte dentaire	>3,5		
UK	Contamination des denrées × consommation alimentaire Total Diet Study 1997	1,2 ^a 0,94 ^b à 2 ^c	85 % apportés par la boisson (thé)	FSA COT UK 2000
Canada	Apport quotidien : air, sol, aliments et pâte dentifrice (hors eau)	Enfants 7 mois à 4 ans (10kg) : 0,42 à 0,83 Adultes 20 ans et plus (60 kg) : 1,87 à 1,88		Santé Canada, 1997
Monde	Tous apports confondus	0,46 à 3,6-5,4	Variations importantes en fonction des zones géographiques	OMS 1996

a Population générale

b Population adulte consommation moyenne

c Population adulte fort consommateur

³² Analyses réalisées sur des prélèvements effectués soit en production, soit en distribution.

Tableau 3.3 : Estimation de la dose d'exposition aux fluorures pour différentes tranches d'âgesSource : *Committee on toxicity of chemicals in food, consumer products and the environment, 2000*

Groupe d'âge (ans)	Date de l'étude	Apport quotidien en mg/kg pc/j	
		Moyenne	97,5 ^{ème} percentile
1 ½ à 4 ½	2000	0,023 (0,30 mg/j)	0,053 (0,69 mg/j)
4-6	1995	0,031 (0,84 mg/j)	0,060 (1,62 mg/j)
7-10	1995	0,024 (0,65 mg/j)	0,047 (1,27 mg/j)
11-14	1995	0,017 (0,97 mg/j)	0,037 (2,1 mg/j)
15-18	1995	0,015 (1,5 mg/j)	0,034 (2,38 mg/j)
Adultes	1990	0,016 (1,12 mg/j)	0,033 (2,31 mg/j)

Apport par le sel fluoré de cuisine : la quantité de sel réellement consommé par les ménages est estimée à 2 à 3 g/jour/personne et c'est sur cette base qu'a été déterminé l'apport de fluor par le sel. Le taux de pénétration de sel fluoré (à 250 mg/kg de fluorures sous forme de fluorures de potassium) étant d'environ 35% en France, on en déduit que la ration journalière maximum est de 0,75 mg/personne³².

La supplémentation en fluor chez l'enfant : la supplémentation chez les enfants peut se faire d'une part, par le sel de cuisine fluoré dont les apports réels ne sont pas connus et d'autre part, sous forme de médicaments fluorés ; les quantités préconisées étant de 0,25 mg/jour avant 2 ans, de 0,50 mg/jour de 2 à 4 ans, de 0,75 mg/jour de 4 à 6 ans et de 1 mg/jour au-delà de 6 ans. Les médicaments fluorés se présentent sous forme de comprimés ou de solutions buvables. Ils apportent du fluorure de calcium ou du fluorure de sodium (*Afssaps, 2002*).

La quantité totale de fluorures ingérés quotidiennement est difficile à évaluer avec précision. Une valeur entre 1 et 2 mg/jour est retenue dans cette étude.

5- Effets sur la santé

5.1 Besoins et apports conseillés

Le fluor n'a pas de rôle métabolique essentiel chez les animaux et les êtres humains ; mais il joue un rôle fondamental, sous forme d'ions fluorures, lors de la formation de fluoroapatite au niveau des dents et des os (*Arnaud, 2001*).

L'émail dentaire, pour être de bonne qualité, doit contenir une certaine quantité de fluoroapatite. Le fluor doit être disponible en quantité suffisante lors de la minéralisation des bourgeons dentaires des dents permanentes, dont certaines remplacent les dents temporaires. L'action topique du fluor par adsorption à la surface de l'émail existe, mais son effet est limité. Selon l'OMS (2003), une concentration minimale dans l'eau de 0,5 mg/L est nécessaire pour voir apparaître l'effet protecteur. Malheureusement, la quantité de fluorures ingérés provoquant les premières lésions dentaires (effets esthétiques) est relativement proche de la quantité optimale pour la minéralisation de l'émail.

Le fluor se fixe également dans le squelette et contribue à sa solidité. Les effets néfastes n'apparaissent qu'à des doses nettement plus élevées que celles provoquant la fluorose dentaire.

La limite de sécurité correspond à l'ingestion quotidienne pendant toute une vie d'une quantité n'entraînant pas de conséquence néfaste pour la santé dans l'état actuel des connaissances.

En pratique, lorsque la quantité de fluorures contenue dans l'eau réellement ingérée (eau du robinet et/ou minérale) est faible (par exemple inférieure à 0,5 mg/L), il est recommandé d'effectuer une supplémentation en fluor chez l'enfant, sous forme de sel de cuisine fluoré ou de médicaments fluorés (*Afssaps, 2002*).

Le fluor est un élément ambivalent, doté d'effets bénéfiques lors d'apports modérés et d'effets néfastes pour la santé humaine lors d'apports excessifs et prolongés.

Tableau 3.4 : Apports conseillés et limites de sécurité en fluor pour différentes classes d'âges Source : Arnaud, 2001.

Age - Sexe	Apport Nutritionnel Conseillé (ANC en mg/jour)	Limite de sécurité (mg/jour)
Enfants 0 – 6 mois	0,1	0,4
Enfants 6 – 12 mois	0,2	0,5
Enfants 1 – 3 ans	0,5	0,7
Enfants 4 – 8 ans	1	2,2
Garçons et filles 9 – 13 ans	1,5	4
Adolescent(e)s 14 – 18 ans	2	4
Hommes adultes	2,5	4
Femmes adultes	2	4
Personnes âgées valides	2 (femmes), 2,5 (hommes)	4

5.2 Effets sur l'Homme

Toxicité aiguë

L'ingestion de doses critiques de fluorures peut entraîner des désordres digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales, diarrhée), un état de fatigue avec somnolence, voire des convulsions, un coma ou un arrêt cardiaque. Du point de vue biologique, des troubles de la coagulation (par complexation du calcium et du fer) peuvent apparaître.

Chez l'adulte, la dose létale est de 2 à 4 grammes de fluorures. La dose minimale de 1 mg/kg p.c. est identifiée comme dose minimale n'entraînant pas de signes aigus d'intoxication aux fluorures (Santé Canada, 1997 ; Cerklewski, 1997 ; OMS, 1988-2003).

Toxicité chronique et cancérogénicité

Fluorose dentaire

L'ingestion de fluorures en excès peut avoir des effets sur l'émail dentaire (colorations brunâtres) et induire des lésions gingivales et alvéolaires ; elle peut provoquer l'apparition de fluorose dentaire. En général dans les régions tempérées, la fluorose dentaire apparaît à des concentrations de l'ordre de 1,5-2,0 mg F/L d'eau (OMS, 2003).

La fluorose dentaire est due à un surdosage de fluor pendant plusieurs mois ou années survenant lors de la période de minéralisation des dents, qui débute dès le troisième mois de vie in utero (pour les dents temporaires) se termine vers 12 ans environ (pour les dents permanentes) (Afssaps, 2002).

Il semble improbable qu'un apport quotidien de fluorures inférieur ou égal à 122 µg/kg p.c./j pour les enfants de 22 à 26 mois (période de risque maximal) entraîne une fluorose dentaire des dents permanentes (Santé Canada, 1997).

Lors d'une revue de la littérature portant sur 214 études, McDonagh et al. (2000) soulignent le rôle bénéfique de la fluoration des eaux de boisson, mais constatent aussi une relation significative entre la teneur en fluorures des eaux de boisson et la prévalence de la fluorose dentaire. Pour une concentration de 1 mg de fluorures par litre, la prévalence de la fluorose dentaire est de 48 % (IC95 = [40 ; 57]).

Fluoroses osseuses

Lors d'une revue de la littérature, Jones *et al.* (1999) soulignent que la fluoration des eaux de distribution, telle qu'elle est actuellement pratiquée dans certains pays (1 mg de fluorures par litre), ne majore pas significativement le risque de fluorose osseuse ou de fracture spontanée.

Une fluorose osseuse, avec modification de la structure et de la minéralisation osseuse, est observée pour des concentrations dans l'eau allant de 3 à 6 mg/L. (OMS, 2003)

Des fluoroses squelettiques déformantes ont été décrites pour des concentrations de 10 mg de fluorures par litre d'eau. L'US EPA considère que 4 mg F/L est une concentration dans l'eau qui a un effet protecteur vis-à-vis des fluoroses osseuses paralysantes.

L'IPCS (2002), sur la base d'études menées en Chine et en Inde, indique que (i) pour une exposition à une dose de 14 mg/j, il existe un excès de risque avéré de fluorose osseuse (ii) il existe des preuves d'un excès de risque d'effet sur le squelette pour une exposition totale au fluor au dessus de 6 mg/j.

Toutefois, une augmentation significative de la prévalence des fractures osseuses est observée dans une population de 8 266 sujets chinois consommant régulièrement des eaux contenant entre 4,3 et 7,9 mg F/L (Li *et al.*, 2001).

5.3 Sous-groupe de population sensible

Le taux le plus élevé de dépôt dans les tissus calcifiés (os, dents) a été observé chez les enfants, du fait de leur taux de croissance squelettique élevé (Santé Canada, 1997). L'impact critique du fluor sur la minéralisation des bourgeons dentaires des dents définitives fait des très jeunes enfants, une population particulièrement sensible à des niveaux de dépassements même faibles. La part essentielle d'élimination du fluor se faisant par voie urinaire, une attention particulière doit être portée aux personnes souffrant d'insuffisance rénale.

6- Valeurs de référence

6.1 Valeurs toxicologiques de référence

Différents organismes internationaux proposent des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les fluorures. Ces valeurs sont présentées dans le tableau 3.5 et leur mode de construction est détaillé ci-après.

Tableau 3.5 : Valeurs toxicologiques de références proposées par différents organismes

Source	Etude	VTR	Valeur de référence	Population	Effet
Santé Canada	1996		122 µg/kg pc/j	22 à 26 mois	Fluorose dentaire
US EPA (IRIS 2001)	1950	RfD	60 µg/kg pc/j	Enfants	Fluorose dentaire
ATSDR 2001	1990 1994	MRL	60 µg/kg pc/j	Femmes ménopausées	Augmentation du nombre de fractures non vertébrales
Santé Canada	LCPE 1993		200 µg/kg pc/j (12 mg/j)	Adultes	Fluorose squelettique
Rapport ANC	2001	Limite de sécurité	0,4 à 4 mg/j	Nourrisson à adultes	
OMS	IPCS 2002		6 mg/j	Adultes	Fluorose squelettique

Position de l'US EPA (IRIS, 2002) :

La dose de référence RfD (Reference Dose) par voie orale établie par l'US EPA est définie comme suit : **RfD = 60 µg/kg p.c./j.**

- Effet critique : fluorose dentaire (effet esthétique)
- Source : étude épidémiologique sur des enfants de 12-14 ans (1950). La dose minimale sans effet était de 1 mg/L de fluorures. En supposant qu'un enfant de poids corporel moyen de 20 kg consomme

1 L d'eau par jour et que l'alimentation apporte 0,01 mg/kg p.c./j, alors l'apport global de 0,06 mg/kg p.c./j est considéré comme sans effet néfaste, sans utiliser de facteur de sécurité car la population étudiée est la population cible.

Position de l'ATSDR (2001) :

La dose de référence MRL (*Minimal Risk Level*) par voie orale établie par l'ATSDR est définie comme suit : **MRL = 60 µg/kg p.c./j.**

- Effet critique : modifications de la densité osseuse entraînant une augmentation du taux de fractures non vertébrales.

- Source : étude clinique chez la femme ménopausée avec une ostéoporose, traitée par supplémentation fluorée (NaF) à 34 mg/j (0,56 mg F/kg/j) pendant 4-6 ans (1990). Une méta-analyse de l'ensemble des données cliniques disponibles a montré une corrélation positive entre l'exposition au fluor et le taux de fractures non vertébrales. Un facteur de sécurité de 10 a été appliqué, puisqu'il s'agit de la plus faible dose avec effet et non d'une dose sans effet.

D'après les recommandations de l'AFSSA³³ et le rapport "Apports Nutritionnels Conseillés pour la Population Française" (ANC, 2001), les limites de sécurité pour les enfants (nourrissons) et les adultes sont respectivement de 0,4 et 4 mg F/jour. La dose limite de sécurité proposée par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, pour les adultes, a été fixée à 4 mg/j dans le but de ne pas inciter à une supplémentation trop importante en fluor. C'est pourquoi, pour les adultes, la valeur de 6 mg/j proposée par l'OMS a été retenue dans le cadre de cette évaluation.

Les enfants constituent une population sensible.

6.2 Valeurs de référence dans l'eau

Pour l'eau de distribution, la limite de qualité du code de la santé publique est fixée à 1,5 mg/L.

Plusieurs recommandations et valeurs guides sont retrouvées dans la littérature. Ces valeurs sont récapitulées dans le tableau 3.6 et leur construction est détaillée dans le tableau 3.7.

Dans ses recommandations de 1994 (OMS, 1996), l'Organisation mondiale de la santé propose une valeur guide pour les fluorures de 1,5 mg/L pour une consommation de 2 litres d'eau par jour, considérant que "rien ne permet de penser que la valeur guide établie en 1984 devrait être révisée. Des concentrations supérieures à cette valeur font courir un risque accru de fluorose dentaire et des concentrations beaucoup plus élevées entraînent une fluorose du squelette". La révision récente (OMS, 2004) propose de confirmer cette valeur guide.

Tableau 3.6 : Valeurs de référence proposées par différents organismes

Valeur directive 98/83/CE Annexe IB	Valeur guide OMS 1994	Valeur guide OMS 2004	Health Canada 1996	US EPA 2002
1,5 mg/L	1,5 mg/L	1,5 mg/L	1,5 mg/L	4 mg/L (MCL) 2 mg/L (SMCL)

* Maximum Contaminant Level

** Secondary Maximum Contaminant Level

Tableau 3.7 : Détail de la construction des valeurs de référence dans l'eau

Organisme international	Date de l'étude	FI	Type de valeur de référence	Valeur de référence	Proportion eau de boisson	Poids corporel	Consommation d'eau	Valeur obtenue
Santé Canada	1996	1	Dose journalière tolérable	0,122 mg/kg pc/j	50%	13 kg	0,8 L/j	1 mg/L
OMS*								1,5 mg/L

* mode de construction précisé dans le paragraphe précédent.

³³ Afssa, avis en date du 10 juillet 2001 relatif à la proposition de fixation de valeurs limites pour certains constituants des eaux minérales naturelles embouteillées et complétant l'avis du 21 mars 2001 relatif à la proposition de fixation de valeurs limites pour certains constituants des eaux minérales naturelles embouteillées.

7- Comparaison des apports journaliers à l'apport journalier tolérable

Les risques de fluorose dentaire sont *a priori* liés à l'exposition globale de la population aux fluorures, notamment via l'alimentation.

Une exposition courte, même inférieure à 3 mois, à un excès de fluorures peut avoir un effet durable si elle a lieu pendant la période de minéralisation des bourgeons dentaires chez l'enfant.

7.1 Enfants et Nourrissons

- Sur la base d'une consommation d'eau de 0,75 L/j pour les nourrissons, l'ingestion d'eau présentant des teneurs en fluorures de 1,5 mg/L entraîne un dépassement de la limite de sécurité proposée pour les enfants de 1 à 3 ans (0,4 à 0,7 mg/j).
- En se fondant sur la limite de sécurité de 2,2 mg/j pour les enfants de 4 à 8 ans, le tableau 3.8 présente la part de cette limite de sécurité attribuable à l'exposition de la population via l'eau, avec différentes teneurs en fluorures.

Les calculs sont réalisés sur la base d'une hypothèse de consommation d'eau par individu de 1L/j, représentative de la consommation en eau des plus forts consommateurs.

Tableau 3.8 : Part de la limite de sécurité apportée par l'eau boisson pour différentes concentrations en fluorures – enfant de 4 à 8 ans

Concentration dans l'eau	Quantité apportée par l'eau	Part de la Limite de sécurité enfants
1,5 mg/L	1,5 mg/j	68%
2 mg/L	2 mg/j	90%
2,5 mg/L	2,5 mg/j	114%

Ainsi, pour les enfants de moins de 9 ans, les doses apportées par une eau dont la teneur en fluorures est proche de la limite de qualité (1,5 mg/L) sont de l'ordre ou supérieures à la limite de sécurité proposée dans le rapport ANC (2001). A cet apport par l'eau s'ajoutent les apports par l'alimentation et la pâte dentaire.

7.2 Population adulte

En se fondant sur une recommandation de l'OMS de 6 mg/j, le tableau 3.9 présente la part de cet apport journalier tolérable attribuable à l'exposition de la population via l'eau, avec différentes teneurs en fluorures.

Les calculs sont réalisés sur la base d'une hypothèse de consommation d'eau par individu de 2 L/j, représentative de la consommation en eau des plus forts consommateurs.

Tableau 3.9 : Part de l'apport journalier tolérable apportée par l'eau boisson pour différentes concentrations

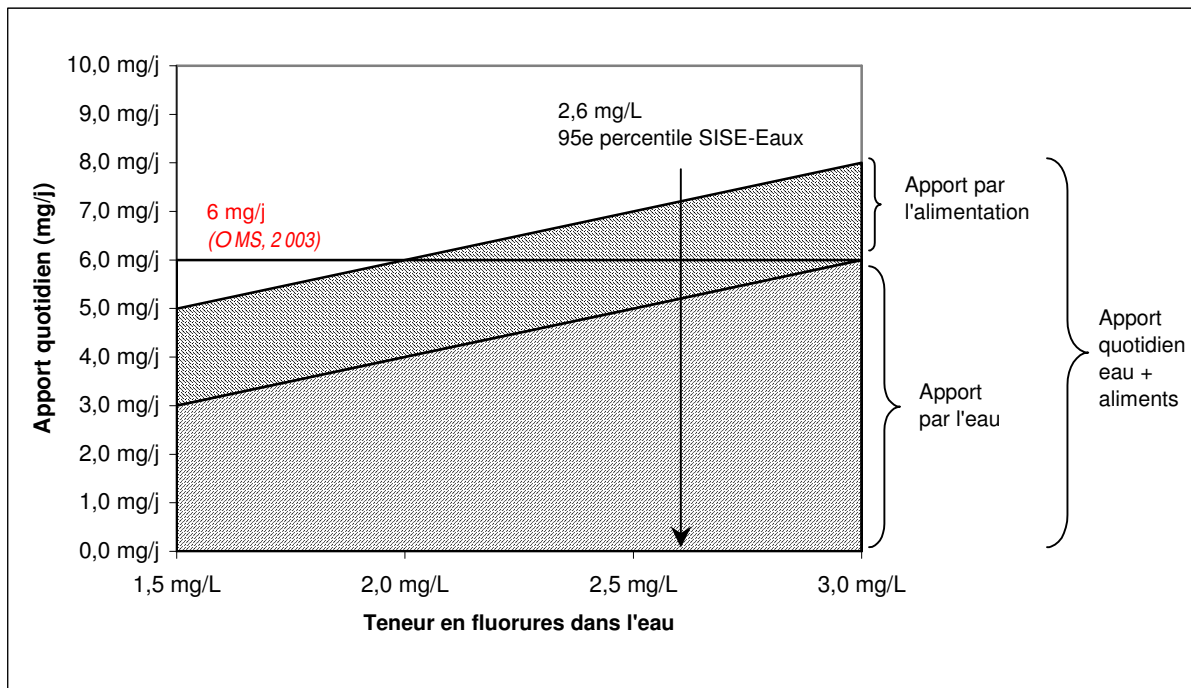
Concentration dans l'eau	Quantité apportée par l'eau	Part de la AJT Adultes
1,5 mg/L	3 mg/j	50%
2 mg/L	4 mg/j	67%
2,5 mg/L	5 mg/j	83%
3 mg/L	6 mg/j	100%

La somme des apports en aliments solides et des apports par une eau de boisson présentant des concentrations en fluorures croissantes est présentée sur le graphique 3.1.

Les hypothèses formulées sont les suivantes :

- les études disponibles dans la littérature, ont permis d'estimer que les apports en fluor par l'alimentation pour les adultes sont inférieurs à 2 mg/j.
- le calcul des apports par l'eau de boisson est réalisé pour des adultes sur la base d'une hypothèse de consommation d'eau par individu égale à 2 L/j, représentative de la consommation en eau des plus forts consommateurs.

Ainsi, il apparaît qu'à la concentration de 2 mg/L en fluorures dans l'eau de boisson, les apports totaux eau et alimentation solide sont équivalents à l'apport journalier tolérable de 6 mg/j pour un individu adulte.



Graphique 3.1 : Apport en fluorures via l'eau et les aliments pour une concentration croissante dans l'eau de boisson - individu adulte consommant 2 L d'eau /j

8- Avis

Après consultation du Comité d'experts spécialisé « Eaux » les 4 mai, 8 juin 2004 et 4 janvier 2005, l'Afssa rend l'avis suivant :

Considérant la limite de qualité de l'annexe 13-1 I. B. du Code de la santé publique de 1,5 milligrammes par litre pour les fluorures ;

Considérant les avis de l'Afssa en date du 21 mars 2001 et du 10 juillet 2001 relatifs à la proposition de fixation de valeurs limites pour certains constituants des eaux minérales naturelles embouteillées ;

Considérant les éléments suivants :

- l'origine des fluorures présents dans les ressources en eau peut être naturelle ou liée aux activités anthropiques exercées dans le bassin versant ;
- les données de la base SISE-Eaux mettent en évidence que 95% des résultats d'analyses non conformes enregistrés sont inférieurs à la valeur de 2,6 milligrammes par litre ;
- les fluorures sont des substances possédant un seuil d'effet toxique ;
- les limites de sécurité (Upper Intake Level) de 0,4 à 2,2 milligrammes par jour proposées par le Scientific Committee on Food de l'Union européenne pour les enfants de moins de 8 ans sont estimées les plus adaptées pour mener cette évaluation chez l'enfant ;
- la valeur toxicologique de référence de 6 milligrammes par jour prenant en compte comme effet cible la fluorose osseuse, proposée pour l'adulte par l'OMS est estimée la plus adaptée pour mener cette évaluation chez l'adulte ;
- la fluorose dentaire est due à un surdosage de fluor pendant plusieurs mois ou années survenant lors de la période de minéralisation des dents, qui débute dès le troisième mois de vie in utero et se termine vers 12 ans ;
- les apports conseillés en fluorures varient entre 0,1 milligramme par jour pour les enfants de 0 à 6 mois et 2,5 milligrammes par jour pour les personnes âgées valides de sexe masculin ;
- l'alimentation constitue une des principales sources d'exposition aux fluorures et que ces apports peuvent être estimés proches de 1 à 2 milligrammes par jours ;
- les données toxicologiques et épidémiologiques ont permis d'identifier les nourrissons et les enfants comme la population sensible ;
- des procédés de traitement autorisés par le ministère chargé de la santé peuvent être mis en œuvre pour diminuer les teneurs en fluorures des eaux,

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments :

- Rappelle qu'il convient de mettre en œuvre les moyens permettant de ramener la concentration en fluorures au niveau de la limite de qualité dans les meilleurs délais possibles,
- Constate que l'ingestion d'une eau contenant 2 milligrammes par litre de fluorures expose un individu adulte à une dose équivalente à l'apport journalier tolérable de 6 milligrammes par jour, en tenant compte des autres apports alimentaires,
- Estime :
 - que la consommation d'une eau présentant une concentration supérieure à la limite de qualité n'est pas acceptable pour l'alimentation en eau des nourrissons et des enfants jusqu'à l'âge de 12 ans,
 - qu'en cas de dépassement de la limite de qualité, la population doit être informée de la nécessité de réduire les apports non hydriques en fluorures,
- Précise qu'elle ne remet en aucun cas en cause la limite de qualité qui découle de l'évaluation des risques menée par l'Organisation mondiale de la santé.

2.3 Fluorures

- Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, Mise au point sur le fluor et la prévention de la carie dentaire, 31 juillet 2002, <http://agmed.sante.gouv.fr/hm/10/fluor/fluor.pdf> (dernière consultation : février 2005)
- Apports nutritionnels conseillés pour la population française 3^{ème} édition – Ambroise Martin, Technique et Documentation Edition, 605 p, 2001.
- ARNAUD J. : Fluor – In : *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*, MARTIN A. coord. – TecDoc Lavoisier, Paris, 2001, pp171-172.
- Association Générale des Laboratoires d'Analyse de l'Environnement (AGLAE). Estimation de l'incertitude de mesure grâce aux essais interlaboratoires – paramètres chimiques : métaux sur eau propre. Septembre 2003
- ATSDR : Toxicological Profile for Fluorides, Hydrogen Fluoride, and Fluorine, mise à jour 2001, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp11.html> (dernière consultation : février 2005)
- CERKLEWSKI F.L. : Fluorine – In : *Handbook of nutritionally essential mineral elements*, O'DELL B.L., SUNDE R.A. – Marcel Dekker eds, New York, 1997, pp583-602.
- C.O.T. (COMMITTEE ON TOXICITY OF CHEMICALS IN FOOD, CONSUMER PRODUCTS AND THE ENVIRONMENT), Food Standards Agency : C.O.T. UK - 1997 Total Diet Study-Fluorine, Bromine and Iodine (Number 05/00) 2000, <http://www.foodstandards.gov.uk/science/surveillance/fsis-2000/5tds>
- Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Fluorine (soluble fluoride) (mise à jour : 2002), <http://www.epa.gov/iris/subst/0053.htm>, (dernière consultation : février 2005)
- International Programme on Chemical Safety IPCS (2002) Environmental Health Criteria Monographs (EHCs) N° 227. Fluorides. WHO, Geneva <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc227.htm> (dernière consultation : février 2005)
- JONES G., RILEY M., COUPER D., DWYER T. : Water fluoridation, bone mass and fracture : a quantitative overview of the literature – Aust. N.Z. J. Public Health, 1999, 23 : 34-40.
- LI Y., LIANG C., SLEMENDA C.W., JI R., SUN S., COA J., EMSLEY C.L., MA F., WU Y., YING P., ZHANG Y., GAO S., ZHANG W., KATZ B.P., NIU S., CAO S., JOHNSTON C.C. : Effect of long-term exposure to fluoride in drinking water on risks of bone fracture – J. Bone Miner. Res., 2001, 16(5) : 932-939.
- McDONAGH M.S., WHITING P.F., WILSON P.M., SUTTON A.J., CHESTNUTT I., COOPER J., misso k., BRADLEY M., TREASURE E., KLEIJNEN J. : Systematic review of water fluoridation – B.M.J., 2000, 321 : 855-859.
- OMS : Fluoride in : *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, 1996.
- OMS, guidelines for Drinking-water Quality, Third edition, volume 1, recommendations, 2004 http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/guidelines3/en/ (dernière consultation : février 2005)
- Santé Canada : Documentation pour la qualité de l'eau potable au Canada-Documentation à l'appui- *Le fluorure, 1996*, révision février 1997, <http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/eau/rqep.htm> (dernière consultation : février 2005)

2.4 Plomb

- Association Générale des Laboratoires d'Analyse de l'Environnement (AGLAE). Estimation de l'incertitude de mesure grâce aux essais interlaboratoires – paramètres chimiques : métaux sur eau propre. Septembre 2003
- ATSDR - Toxicological Profile Information Sheet, Lead (révision 1999), <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html>
- Biego GHMA. *Estimation de l'apport en éléments minéraux des aliments et migration de micropolluants métalliques et organiques du fer-blanc vernis ou non : approches toxicologiques*. Thèse de doctorat en Biologie et Santé, Université Henri Poincaré, Nancy I, 1999.
- Decloître F. La part des différents aliments dans l'exposition au plomb, au cadmium et au mercure, en France. *Cahiers de nutrition et de diététique* Vol 33 (3) : 167 – 175, 1998.
- Direction Générale de la Santé : *La diagonale des métaux, études sur la teneur en métaux de l'alimentation*. Ministère de la Santé Publique et de l'Assurance Maladie, 1995.
- Direction Générale de la Santé : Campagne nationale d'information sur le plomb et l'alimentation, version du 21 août 2003.
- EPA – Consumer factsheet on lead (novembre 2002), http://www.epa.gov/safewater/contaminants/dw_contamfs/lead.html
- Hartemann P. *Contribution à la réflexion sur la fixation d'une CMA pour le plomb dans l'eau de distribution publique*. Journée Italo-franco-suisse, Mulhouse mai 1995.
- IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans : Inorganic and organic lead compounds (Vol. 87, 10–17 February 2004), <http://monographs.iarc.fr/htdocs/annoncements/vol87.htm>