Mémoire présenté dans le cadre de la

Commission parlementaire sur la fluoration de l'eau au Québec

Assemblée nationale du Québec

22 et 23 avril 2013

Pour une eau potable sans fluor ?

Sylvie Pâquet

Citoyenne de la ville de Québec

Voici un court mémoire qui s'adresse à la Commission parlementaire, par l'entremise de Monsieur Cédric Drouin, Secrétaire de la Commission de l'administration publique, Secrétaire de la Commission de la santé et des services sociaux. Ce mémoire est présenté dans le cadre des travaux de la Commission parlementaire pour l'étude de la pétition concernant la fluoration de l'eau potable, qui se tiendra les 22 et 23 avril 2013 prochain.

Le but de ce mémoire est de souligner qu'il est essentiel de revenir à des observations simples, qui touchent tout le monde, afin de pouvoir agir à la source, c'est à dire en amont, et de tenir compte davantage des causes de la carie dentaire, au lieu d'intervenir en aval en ajoutant du fluor à l'eau potable, sans en connaitre vraiment les effets et les risques réels et à long terme. Doit-on ou non ajouter des fluorures dans l'eau potable d'une municipalité?[i]

Je trouve important de vous écrire pour vous faire partager mes réflexions, questionnements et craintes en rapport avec la fluoration de l'eau potable.

C'est un peu en vrac que j'énumérerai les points qui m'apparaissent importants. L'objectif est de contribuer à enrichir vos observations et à alimenter votre réflexion. Ces points, je l'espère, resteront bien présents dans vos esprits lorsque vous aurez à faire des recommandations au sein du gouvernement et dans le sillage de la Commission parlementaire.

Il arrive trop souvent que les experts de la fluoration de l'eau potable négligent de mentionner le fait que moins de 1% de l'eau traitée au fluorure est utilisée pour la consommation humaine. De ce 1%, seule une infime partie entre directement en contact avec les dents.

Nous savons maintenant que le fluor aide à réduire la carie par un effet purement topique (par contact direct sur les dents). En fait, même cet effet topique ne fait pas l'unanimité auprès des chercheurs. L'effet systémique du fluor, quant à lui, n'est plus reconnu dans la prévention de la carie. De plus, lorsque le fluor est avalé, il a des effets sur le corps en entier.

N'étant pas experte, ni scientifique, je me questionne sur la pertinence et la nécessité d'ajouter un produit chimique reconnu toxique, même à très faible dose, dans les réserves d'eau potable d'une ville, pour supposément traiter les problèmes de carie dentaire d'une petite partie de la population.

- Qu'en est-il du plus de 99% de l'eau fluorée qui est rejetée massivement et directement dans l'environnement, sans égard pour toutes les espèces vivantes (végétaux, animaux, poissons, oiseaux, etc.) et les écosystèmes (sols, rivières, lacs, etc.) ?
- Qu'en est-il des effets inconnus des réactions chimiques synergiques du fluorure avec tous les autres produits chimiques et polluants?
- Pourquoi s'entêter à ajouter à l'eau potable un produit chimique toxique qui sera ensuite déversés en grande quantité dans la nature?
- Le fluor utilisé est-il de qualité pharmaceutique ou industrielle?

- Le fluor est-il biocumulatif?
- En ajoute-t-on aussi dans certains aliments, dans certains médicaments et dans d'autres produits?
- Qui profite véritablement de la fluoration de l'eau?

Il existe des alternatives à la fluoration de l'eau :

- Agir en amont plutôt qu'essayer de corriger en aval.
- Agir sur les causes qui favorisent un terrain propice à la carie dentaire.
- Adopter de bonnes habitudes de vie, recommander une saine alimentation et une meilleure hygiène buccale, etc.
- Ne serait-il pas plus facile et moins couteux pour la santé et l'environnement de cibler les familles défavorisées et les enfants à risque du groupe des 7 à 12 ans (groupe cible selon la Direction de la santé publique), en leurs donnant l'information juste et complète sur le fluor, des ressources et des soins dentaires appropriés en s'assurant aussi de faire un suivi avec eux.
- Ainsi on s'occupait directement des personnes qui ont des caries avant que leur cas s'aggrave.
- L'argent dépensé dans la fluoration de l'eau potable serait réinvesti en amont : dans l'éducation, la prévention et dans la promotion d'une saine hygiène de vie.

En conclusion, certains ne voudront peut-être pas s'arrêter au fluor? En plus du fluor, ils pourraient commencer à mettre dans l'eau potable toutes sortes de produits (peu importe qu'ils soient toxiques ou non) pour intervenir sur la santé. Pourquoi ne pas ajouter des médicaments pour soigner l'arthrite, l'hyperactivité ou toute autre maladie? Dans ce cas, l'eau deviendra autre chose que de l'eau… N'est-ce pas une vision absurde des choses?

L'eau est essentielle à la vie. On doit éviter de la médicamenter, peu importe le produit envisagé. L'eau doit être protégée et elle doit rester la plus pure possible, exempte de produits chimiques. L'eau doit aussi être accessible pour tous. L'eau c'est la vie!

L'eau potable n'est pas un vecteur approprié pour médicamenter la population. Il n'est pas acceptable de forcer les gens à ingérer une substance par l'entremise de l'eau potable, car cela contrevient au libre choix des personnes.

Pour toutes ces raisons, je ne pense pas que nous devrions continuer à ajouter des fluorures dans l'eau potable des municipalités. Ce n'est pas une bonne idée.

Je suis pour une eau potable sans fluor.

Ci-joint, Annexe présentant un mémoire appuyant mes propos.

PROBLÉMATIQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE ACTUALISÉE DES FLUORURES DANS LES EAUX MUNICIPALES, Par Brigitte Beaudoin, Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement(M.Env.), Beaudoin_B__08-02-2012_.pdf
http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/Beaudoin_B__08-02-2012_.pdf

CSSS – 018MA
C.P. – Pétition
Fluoration de
l'eau potable

PROBLÉMATIQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE ACTUALISÉE DES FLUORURES DANS LES EAUX MUNICIPALES

Par

Brigitte Beaudoin

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Directeur d'essai

Raymond Van Coillie, Ph.D.

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, 21 janvier 2012

SOMMAIRE

Mots-clés : fluorures, système osseux, dents, carie, fluorose, fluoration des eaux municipales, sources de fluorures.

La fluoration de l'eau potable fut introduite pour la première fois aux États-Unis en 1945 afin de prévenir la carie dentaire et fut ensuite rapidement instaurée à plus grande échelle. Aujourd'hui, une majorité d'Américains ont accès à une eau potable fluorée et la situation est similaire au Canada anglais. Au Québec, durant les années 80, par souci de prévention au niveau de l'innocuité pour la santé, les autorités ont instauré un moratoire sur la fluoration de l'eau potable pour éviter d'exposer la population à de trop grandes quantités de fluorures. Il en résulte que seulement trois pour cent des Québécois sont desservis par une eau fluorée.

Un débat entre les militants favorables et défavorables existe depuis l'introduction de la fluoration. Il persiste à ce jour à cause de nouvelles données scientifiques suggérant la possibilité d'effets néfastes des fluorures sur la santé.

L'objectif principal du présent ouvrage est d'expliciter la problématique écotoxicologique actualisée des fluorures dans les eaux municipales et quelques pistes de solutions.

La toxicocinétique et la toxicodynamique des fluorures sont décrites. Lorsqu'ils sont absorbés en trop grande quantité, les fluorures peuvent avoir des effets néfastes sur la santé. Les individus peuvent alors développer une fluorose dentaire, une fluorose osseuse et d'autres maladies (ostéosarcome, problèmes de thyroïde et (ou) de reins, diminution de la tolérance au glucose, affectations cérébrales, altération du métabolisme aérobie de l'ATP, cancer, etc.).

Une revue de l'historique de la fluoration des eaux potables et de l'exposition globale aux fluorures ainsi qu'une clarification des faits entourant la carie dentaire ont permis de réaliser que la situation d'aujourd'hui diffère grandement de celle de l'époque où la fluoration a été introduite. Une variété de mesures de prévention de la carie dentaire existe maintenant, à savoir des dentifrices fluorés, des rince-bouches fluorés, des applications de scellants et de vernis, des traitements aux gels et mousses fluorés, etc. L'exposition des populations aux fluorures s'est aussi grandement accrue (alimentation, air, boissons, produits d'hygiène dentaire, etc.). Des études ont également montré que la prévalence de la carie dentaire serait fortement corrélée avec le niveau de

consommation de sucres, quels que soient les niveaux d'exposition aux fluorures par voies topiques ou systémiques. En tenant compte de toutes ces informations, il est difficile de déterminer, à ce jour, lequel des risques est le plus sérieux pour la population : l'augmentation de la prévalence de la carie dentaire ou les conséquences reliées à une surexposition aux fluorures.

Au Québec, l'INSPQ a indiqué vouloir atteindre un niveau de population québécoise desservie par la fluoration de 50 %, de 2005 à 2012. Évidemment, malgré le fait que seules 12 usines de filtration québécoises effectuent actuellement la fluoration de leur eau potable, cet objectif ambitieux fait renaître le débat.

Depuis le début du conflit, la stratégie des groupes de militants, de part et d'autre du débat, a été de trouver des études scientifiques décrédibilisant la position du clan opposé et de tenter de ternir la réputation des chercheurs associés. Cette façon de faire a donné lieu à un débat stérile. Pour remédier à ce problème, une démarche de développement durable est proposée dans le présent essai. Elle s'articule à l'intérieur d'une stratégie en boucle fermée (lancement, diagnostic, planification, réalisation, évaluation, amélioration) qui prend en compte les trois sphères du développement durable (social, environnemental et économique). Le but de cette stratégie est de permettre la résolution du conflit dans un esprit de conciliation en tenant compte de l'évolution rapide de la science à ce sujet. Une analyse des aspects d'écotoxicologie et de santé environnementale de la fluoration des eaux municipales est faite et permet de formuler des pistes de solutions. Toutefois, ces dernières ne sont que des suggestions, car la vraie démarche ne peut être appliquée que par les intervenants dans le débat.

REMERCIEMENTS

Je suis très heureuse d'avoir fait mon essai final de maîtrise en écotoxicologie sous la supervision de Monsieur Raymond Van Coillie. Je remercie Madame Judith Vien d'avoir permis cette collaboration et tiens à souligner la confiance, l'optimisme et le support dont elle a fait preuve à mon égard tout au long du projet. Ce fut une expérience très enrichissante et gratifiante. Les compétences, le professionnalisme et le souci de rigueur de Monsieur Van Coillie m'ont permis de développer mes propres compétences en recherche et de me dépasser à plusieurs niveaux. Je tiens particulièrement à souligner le respect et la confiance de Monsieur Van Coillie en mes possibilités, ce qui m'a permis de surmonter les difficultés et de me sentir à la hauteur du début à la fin.

Je veux aussi remercier Madame Mylène Lalonde pour sa gentillesse, sa patience, et ses conseils fort appréciés lors de mon apprentissage du logiciel Refwork ainsi que Madame Hélène Bernier pour son support tout au long de mon essai.

Je remercie également Monsieur Gilles Parent, n.d. et co-auteur de *La fluoration : Autopsie d'une erreur scientifique*, Monsieur Michel Levy, dentiste conseil à l'Institut national de santé publique du Québec ainsi que Madame Christine Beaulieu, chimiste superviseure aux laboratoires physicochimiques de la Ville de Québec pour avoir pris le temps de m'expliquer de façon détaillée les différentes prises de positions sur la question de la fluoration des eaux municipales au Québec.

Je tiens aussi à remercier Madame Germaine Van Coillie pour son aide précieuse lors de la relecture des textes.

Finalement, je tiens tout particulièrement à remercier ma famille, notamment mon conjoint Pierre Côté et mes quatre enfants, Érika, Andréa, Sofia et Victoria Beaudoin-Côté, pour leurs encouragements et leur infinie patience durant mon essai et toute la durée de mes études et aussi ma sœur Fiona pour son support et ses précieux conseils.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

1 PROBLÉMATIQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE DE LA FLUORATION DES EAUX MUNICIPALES 3

1.1 Toxicocinétique des fluorures 3
1.1.1 Fluor et fluorures 3
1.1.2 Sources naturelles et industrielles des fluorures 4
1.1.3 Fluorures en santé publique 5
1.1.4 Comportement des fluorures dans l'eau douce 6
1.1.5 Toxicocinétique ciblée des fluorures chez l'humain 6
1.1.6 Toxicocinétique ciblée des fluorures chez des animaux 10
1.1.7 Toxicocinétique ciblée des fluorures chez des végétaux 12
1.2 Toxicodynamique des fluorures 13
1.2.1 Fluorures et la santé humaine 13
1.2.2 Expositions aiguë et chronique et toxicité chez l'humain 17
1.2.3 Fluorose dentaire chez l'humain 18
1.2.5 Autres effets sur la santé humaine 24
1.2.6 Toxicodynamique des fluorures chez les mammifères 26
1.2.7 Toxicodynamique des fluorures chez les végétaux 27

2 PROBLÉMATIQUE EN SANTÉ ENVIRONNEMENTALE POUR LA FLUORATION DES EAUX MUNICIPALES 28

2.1 Historique de la fluoration de l'eau potable 28
2.2 Problématique de la carie dentaire 30
2.2.1 Évolution de la carie 30
2.2.2 Prévalence de la carie dans le monde 31
2.2.3 Conséquences reliées à la carie 32
2.2.4 Méthodes de prévention de la carie 33
2.2.5 Carie et consommation de sucre 33
2.2.6 Coûts associés à la carie 35
2.2.7 Envers de la médaille 36
2.3 Utilisation des fluorures 38
2.3.1 Effet halo 40
2.3.2 Exposition des humains aux fluorures par l'utilisation de dentifrices 40

2.3.3 Exposition des humains aux fluorures par l'utilisation de rince-bouches 42
2.3.4 Exposition des humains aux fluorures par l'utilisation de soie dentaire, cure-dents et brosses à dents fluorées 43
2.3.5 Exposition des humains aux fluorures lors de traitements professionnels effectués dans des cabinets de dentistes 43
2.3.6 Exposition des humains à des suppléments de fluorures 44
2.3.7 Exposition des humains aux fluorures atmosphériques 45
2.3.8 Exposition des humains aux fluorures de boissons 46
2.3.9 Exposition des humains aux fluorures des aliments 47
2.3.10 Exposition des humains aux fluorures des préparations lactées pour nourrissons 49
2.3.11 Exposition des humains aux fluorures du lait et du sel fluorés 50
2.3.12 Charge totale d'exposition des humains aux fluorures 51
2.4 Points de vue des intervenants 52
2.4.1 Point de vue des associations dentaires 52
2.4.2 Point de vue des décideurs 53
2.4.3 Point de vue des organismes gouvernementaux 54
2.4.4 Point de vue des regroupements militant contre la fluoration des eaux municipales 55
2.4.5 Point de vue des regroupements militant pour la fluoration des eaux municipales 56

4 ALTERNATIVES ET SUGGESTIONS 60

4.1 Approche de développement durable 60
4.2 Analyse 63
4.3 Conséquences de l'analyse 66
4.4 Suggestions 67

CONCLUSION 69

RÉFÉRENCES 71

ANNEXE 1 Caractéristiques de l'acide fluosilicique ($H_2SI\ F_6$) 77

ANNEXE 2 Caractéristiques du fluosilicate de sodium ($NA_2SI\ F_6$) 78

ANNEXE 3 Prévalence de la fluorose dentaire et pourcentage de la surface dentaire affectée par une fluorose sévère selon la concentration de fluorures dans l'eau de consommation aux États-Unis 79

ANNEXE 4 Index de fluorose dentaire de Dean 81

ANNEXE 5 Images représentant les différents stades de la fluorose dentaire et osseuse 82

ANNEXE 6 Tableau indiquant les concentrations naturelles de fluorures dans les eaux non polluées de différents pays 83

ANNEXE 7 Posologie quotidienne des suppléments de fluorure recommandée par l'association dentaire canadienne en 2000..... 84

ANNEXE 8 Tableau indiquant les concentrations de fluorures dans l'air ambiant dans diverses régions 85

ANNEXE 9 Tableau indiquant les concentrations en fluorures dans l'air à proximité d'industries émettrices de fluorures..... 86

ANNEXE 10 Tableau indiquant les concentrations de fluorures trouvées dans différentes sortes de jus (N=532) 87

ANNEXE 11 Tableau indiquant les concentrations en fluorures dans les aliments à partir d'études variées faites dans différents pays..... 88

ANNEXE 12 Tableau indiquant l'apport en fluorure des canadiens selon différentes sources et par groupe d'âge..... 92

ANNEXE 13 Tableau indiquant la quantité de fluorures ingérée par des sous-groupes de la population dont la consommation d'eau est plus élevée que la normale..... 93

ANNEXE 14 Déclaration du Fluoride Action Network pour bannir la fluoration des eaux municipales aux États-Unis et signataires 94

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Tendance dans les niveaux de caries dentaires dans les pays fluorés versus les pays non fluorés……...……..…..…37

Figure 2.2 Prévalence de la carie chez les enfants âgés de cinq ans sur une période allant de 1930 à 1990, incluant l'introduction de la fluoration des eaux de consommation et l'introduction des dentifrices fluorés……..…...38

Figure 2.3 Le cycle des fluorures dans la biosphère…….……...39

Figure 4.1 Trois sphères du développement durable……..…60

Figure 4.2 Cycle proposé pour la stratégie de développement durable concernant la fluoration de l'eau……..……61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Concentrations en fluorures recommandées pour l'eau potable au Canada…….…….....16

Tableau 1.2 Quantités journalières de fluorures recommandées par le National Research Council aux États-Unis par tranches d'âge……..…17

Tableau 3.1 Municipalités québécoises participant au programme de fluoration de l'eau potable……...… 57

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ACDQ	Association des chirurgiens dentistes du Québec
ADA	American Dental Association
ADC	Association dentaire canadienne
ADQ	Association des dentistes du Québec
ADP	Adénosine diphosphate
AlF_3	Fluorure d'aluminium
AlF_x	Fluorures d'aluminium diversifiés
Alcoa	Aluminum Company of America
ANSI	American National Standards Institute
ATP	Adénosine Tri Phosphate
ATQ	AmiEs de la Terre Québec
AWWA	American Water Works Association
°C	Degré Celsius
Ca^{++}	Ion calcium
$Ca_{10}(PO_4)_6F_2$	Fluoroapatite
$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$	Hydroxyapatite
$Ca_{10}(PO_4)_6OHF$	Fluoroapatite hydroxylée
CAOD	Indice de prévalence de caries
CAOF	Indice de prévalence de caries
CFC	Chlorofluorocarbure
CFI	Index communautaire pour la fluorose dentaire
CMA	Concentration maximale acceptable

DSP	Direction ou directeur de la santé publique
EPA	Environmental Protection Agency of USA
F^-	Ion fluorure
FAN	Fluoride Action Network
FCES	Front commun pour une Eau Saine
GDP	Guanosine diphosphate
H_2SiF_6	Acide fluosilicique
HF	Acide fluorhydrique ou fluorure d'hydrogène
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
K^+	Ion Potassium
kg	kilogramme
L	Litre
m^3	Mètre cube
MCLG	Maximum Contaminant Level Goal
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
µg	Microgramme
mg	Milligramme
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
Na F	Fluorure de sodium
Na_2SiF_6	Fluorosilicate de sodium
NRC	National Research Council of USA
NSF	National Sanitation Foundation

OH^-	Ion hydroxyle
OMS	Organisation mondiale de la santé
Pb	Plomb
p.c.	Poids corporel
p.s.	Poids sec
ppm	Partie par million
PSH	Hormone parathyroïdienne
QI	Quotient intellectuel
$Si(OH)_4$	Acide silicique
SMCL	Secondary Maximum Contaminant Level
TSH	Thyrélostimuline
T3 et T4	Hormones thyroïdiennes
WHO	World Health Organization

INTRODUCTION

La fluoration de l'eau est une mesure de santé publique qui existe depuis un peu plus d'un demi-siècle. Elle est utilisée dans plusieurs pays, particulièrement en Amérique du Nord, pour réduire la prévalence de la carie dentaire. Lors de son introduction dans les années 40, la situation de la santé dentaire en Amérique du Nord était lamentable et les effets de la fluoration de l'eau potable de l'époque furent spectaculaires. Avec les années, plusieurs facteurs (mesures de prévention, suivi de la santé dentaire, mesures d'hygiène dentaire, développement économique, etc.) ont contribué à changer le portrait de la santé dentaire. Conséquemment, il est beaucoup plus difficile aujourd'hui de cerner la contribution exacte de la fluoration de l'eau potable sur l'amélioration actuelle de la santé dentaire des populations.

Depuis son introduction, la fluoration de l'eau a toujours suscité une discorde entre des militants favorables et ceux opposés, notamment au niveau de l'innocuité pour la santé et l'environnement et en éthique (médication forcée). Les avancées scientifiques et l'amélioration de l'efficacité de la diffusion de l'information au public entretiennent un débat qui persiste.

L'objectif principal de cet ouvrage consistera à expliciter la problématique écotoxicologique de la fluoration des eaux municipales de façon à comprendre pourquoi le débat perdure depuis si longtemps et pour pouvoir ensuite suggérer des pistes de solutions. Il sera soutenu par quatre objectifs spécifiques. Ceux-ci feront l'objet des quatre chapitres composant l'essai et sont décrits dans les paragraphes suivants.

Le premier chapitre consistera à définir la problématique écotoxicologique actualisée des fluorures chez les humains et les mammifères. Pour y parvenir, une étude de la toxicocinétique et de la toxicodynamique des fluorures chez l'humain et chez les mammifères sera réalisée afin de saisir l'étendue des préoccupations à ce sujet.

Le deuxième chapitre brossera un portrait étendu de la problématique en santé environnementale. Il inclura les aspects historiques et socio-économiques entourant la question de façon à comprendre la portée élargie des conséquences associées à la mise en application de la fluoration des eaux municipales. Des faits concernant la carie dentaire, notamment ceux en lien avec la consommation de sucre, seront clarifiés. Différentes sources de fluorures pouvant être absorbés par les humains seront décrites

afin de déterminer une charge globale d'exposition des humains aux fluorures. Finalement, les points de vue des différents intervenants participant au débat seront résumés de façon à cerner les besoins de chaque partie, à connaître les sources de conflits et à comprendre les prises de position.

Le troisième chapitre permettra d'évaluer l'étendue actuelle de la mise en application de la fluoration de l'eau potable au Québec.

Le dernier chapitre présentera une analyse des informations examinées dans les chapitres précédents en faisant ressortir les éléments les plus importants. Une démarche de développement durable sera alors proposée et des pistes de solutions seront suggérées.

Un total de 63 références est utilisé dans le présent essai; 39 % proviennent d'articles de revues avec jury, 22 % de rapports gouvernementaux et 39 % d'autres sources.

1 PROBLÉMATIQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE DE LA FLUORATION DES EAUX MUNICIPALES

Afin de poser un regard objectif sur la problématique écotoxicologique de la fluoration des eaux municipales chez l'humain et les mammifères, il est nécessaire en premier lieu de bien comprendre le comportement des fluorures dans l'environnement et dans le corps humain. En deuxième lieu, il faut mettre en lumière les diverses facettes de la toxicodynamique des fluorures chez l'humain et chez les mammifères. Cette section est assez délicate puisque, dans plusieurs cas, les résultats des études scientifiques pour les mêmes pathologies sont très différents. La plupart du temps, les différences sont dues aux variations dans les protocoles utilisés, les méthodes d'évaluation et les concentrations testées. Les effets de la fluoration de l'eau potable sont évalués sur la santé des humains et des mammifères lors d'une exposition chronique à long terme et non aiguë à court terme. Cette distinction est très importante et facilite la tâche en permettant d'éliminer un certain nombre de données. Lorsque la toxicocinétique et la toxicodynamique des fluorures seront clarifiées, il sera plus facile de comprendre les différents éléments du débat sur la fluoration des eaux potables.

1.1 Toxicocinétique des fluorures

Pour faciliter la compréhension des différents aspects de la toxicocinétique des fluorures, il importe d'abord de connaître la provenance de ces ions ainsi que leurs caractéristiques qui modulent leur comportement selon l'environnement où ils se trouvent. Bien que le fluor soit l'élément à la base de la fluoration des eaux potables, celle-ci est faite avec des fluorures. Les quatre prochaines sections donnent une description de la nature et de la provenance des différents produits utilisés pour fluorer les eaux potables.

1.1.1 Fluor et fluorures

Le fluor, premier élément de la famille des halogènes dans le tableau périodique des atomes, est gazeux à température et pression normales. Son nombre atomique est 9 et sa masse moléculaire est 19 atomes-grammes. Il a une couleur jaune-vert et dégage une odeur âcre et irritante. Il s'avère l'atome le plus électronégatif et le plus réactif de tous les éléments du tableau périodique des atomes (Environnement Canada et Santé Canada, 1993). Le fluor réagit assez vigoureusement avec pratiquement tous les éléments, à l'exception des gaz inertes hélium, néon et argon. Sa réactivité impressionnante est

principalement due à son habileté à créer des composés dont le nombre d'oxydation est très fort, à sa faible énergie de dissociation par rapport aux autres halogènes et à la solidité des liens qu'il a dans ses composés (Environment Canada, 2001). Étant fortement réactif, il se retrouve généralement dans la nature sous forme de fluorure (F^-) lié à des matrices minérales ou dans des liaisons covalentes formant des composés organiques ou inorganiques (Environnement Canada et Santé Canada, 1993). Les composés organofluorés sont de plus en plus utilisés au niveau industriel et dans la vie courante. On les trouve dans des produits agrochimiques et pharmaceutiques, des réfrigérants, des pesticides, des surfactants, des agents d'extinction d'incendies, diverses fibres et membranes et des matériaux d'isolation (Barbier *et al.*, 2010). Certains de ces composés, notamment les fluides frigorigènes à base de chlorofluorocarbures (CFC), constituent une menace importante en raison de leur capacité à favoriser un amincissement de la couche d'ozone stratosphérique (Olivier, 2009). La problématique reliée à l'utilisation des organofluorés concerne surtout leur persistance dans l'environnement, notamment à cause de la solidité du lien carbone-fluorure. Leurs effets sur la santé humaine sont peu connus et leur toxicité est plus souvent reliée aux caractéristiques moléculaires des composés plutôt qu'aux ions fluorures (Barbier *et al.*, 2010). Subséquemment, vu que la fluoration des eaux municipales implique des composés de fluorures inorganiques, le présent travail traitera uniquement des effets écotoxicologiques et toxicologiques reliés aux fluorures inorganiques.

1.1.2 Sources naturelles et industrielles des fluorures

Les fluorures sont présents naturellement dans la croûte terrestre et dans les eaux de la planète (Goyer, 1981). Ils sont libérés dans l'environnement lorsque les minéraux dans les sols sont exposés aux éléments climatiques (pluie, érosion, etc.); l'activité volcanique et des aérosols des eaux marines peuvent également émettre des fluorures (World Health Organization, 2002).

Les fluorures sont également libérés dans l'environnement par des sources anthropiques de nature industrielle. Les activités industrielles concernées comprennent, entre autres, la métallurgie de l'aluminium, du magnésium, du plomb et du zinc, la production de nickel, de cuivre et d'uranium, la sidérurgie, la fabrication d'adhésifs et de colles, la production et l'utilisation d'engrais phosphatés, l'industrie du pétrole, de la céramique, de la poterie et du verre, les briqueteries et cimenteries, les manufactures de fluorures, la combustion du charbon, l'entreposage de fluoroapatite dans des hangars non étanches et l'utilisation de

pesticides fluorés (Santé Canada, 2007; World Health Organization, 2002; Environnement Canada et Santé Canada, 1993; Goyer, 1981; Marier and Rose, 1977).

1.1.3 Fluorures en santé publique

L'utilisation par les humains de divers produits fluorés (dentifrice, rince-bouche, suppléments, etc.) et la fluoruration des eaux municipales à des fins de santé publique pour réduire la carie dentaire constituent également des sources anthropiques non négligeables d'émissions de fluorures dans l'environnement. En Amérique du Nord, plus de 10 000 communautés reçoivent une eau fluorée (Osterman, 1990). Il est estimé qu'aux États-Unis, pour chaque tranche de 100 000 personnes recevant une eau fluorée, 20 000 tonnes de fluorures sont libérées dans les milieux aquatiques (Environment Canada, 2001). Les fluorures utilisés dans les eaux municipales sont le fluorure de sodium (NaF), le fluorosilicate de sodium (Na_2SiF_6) et l'acide fluosilicique $(H_2SiF_6)_2$. Le fluorure de sodium utilisé dans la fluoration des eaux est un dérivé de l'industrie des alumineries et est également produit à partir de l'acide fluosilicique. Le fluorosilicate et l'acide fluorosilicique sont des matières résiduelles provenant de l'industrie des engrais chimiques phosphatés et de l'industrie de l'uranium (Connett, 2006). Lorsqu'ils sont utilisés pour la fluoration des eaux de consommation, ces deux produits doivent satisfaire les standards publiés par diverses organisations, entre autres, l'American Water Works Association (AWWA), l'American National Standards Institute (ANSI) et le National Sanitation Foundation (NSF). Le fait de répondre à ces standards n'élimine pas la possibilité que ces produits, qui sont des matières résiduelles provenant d'industries lourdes, contiennent d'autres résidus chimiques pouvant parfois être très toxiques, notamment des fluosiloxanes, de l'arsenic, du plomb, du mercure, du cadmium, du chrome et des radionucléides. En fait, l'adhésion aux standards permet de s'assurer que les concentrations des résidus toxiques contenus dans les fluorures respectent certaines normes sans pour autant garantir leur absence du produit. Afin d'obtenir la certification du NSF pour un produit de fluoration des eaux de consommation, les concentrations acceptables de contaminants dilués dans l'eau ne doivent pas dépasser le dixième des concentrations maximales acceptables permises par Santé Canada (Lévy *et al.*, 2007; Morin *et al.*, 2005). À cause de leurs coûts plus abordables, l'acide fluosilicique et le fluosilicate de sodium sont utilisés par plus de 85 % des municipalités qui ajoutent des fluorures à leurs eaux de consommation (Morin *et al.*, 2005). Aux États-Unis, 90 % des eaux de consommation contenant des fluorures sont fluorées à partir de l'acide fluosilicique et du fluosilicate de sodium et 10 % à partir du

fluorure de sodium (Connett, 2006). Les annexes 1 et 2 présentent des tableaux descriptifs de l'acide fluosilicique et du fluosilicate de sodium.

Les fluorures dans l'environnement sont de plus en plus abondants. Ceci est dû notamment à leur utilisation croissante dans des produits industriels et dans des produits de santé dentaire. En considérant les niveaux de fluorures dans l'air ambiant, dans l'eau potable, dans la nourriture, dans les biens de consommation et les produits de santé dentaires, la quantité moyenne absorbée par les humains est environ à 20 % sous le niveau où des effets néfastes se font généralement sentir dans le squelette (Environment Canada, 2001).

1.1.4 Comportement des fluorures dans l'eau douce

Lorsque mélangés à une eau dont le pH est voisin de la neutralité, les fluorosilicates se dissocient complètement et produisent des ions fluorures (F^-), de l'acide fluorhydrique (HF) et de l'acide silicique ($Si(OH)_4$). Les ions fluorures alors produits vont à leur tour former de l'acide fluorhydrique dans l'eau; ils peuvent se combiner avec l'aluminium, qui est souvent ajouté dans les usines de filtration sous forme de sels d'alun pour stimuler la floculation, et forment divers complexes de fluorures d'aluminium (AlF_x) (Barbier *et al.*, 2010; National Research Council, 2006; Morin *et al.*, 2005). Les fluorures dissous vont demeurer en solution dans des conditions acides en présence de substances échangeuses d'ions telles les argiles bentonitiques et l'acide humique et en présence d'ions de calcium ou d'aluminium. Dans une eau dont le pH est ≤ 5, les fluorures sont presque entièrement complexés à l'aluminium présent (Environment Canada, 2001).

1.1.5 Toxicocinétique ciblée des fluorures chez l'humain

La toxicocinétique des fluorures chez l'humain est principalement gouvernée par le pH et le stockage dans les os. Le pH et les facteurs qui le modifient jouent un rôle d'une importance primordiale en ce qui concerne l'absorption, la distribution et l'excrétion des fluorures. Le degré et la vitesse d'absorption des fluorures diminuent dans des conditions de pH élevé, notamment lorsqu'ils sont ingérés avec de la nourriture et en présence de concentrations élevées de calcium, de magnésium et d'aluminium. À l'opposé, dans des conditions de pH faible, le degré et la vitesse d'absorption des fluorures augmentent, entre autres lorsqu'ils sont sous la forme d'acide fluorhydrique (HF) (Kaminsky *et al.*, 2011; National Research Council, 2006).

Dans le corps humain, les fluorures se retrouvent généralement sous deux formes : l'ion fluorure (F^-) et l'acide fluorhydrique (HF) (National Research Council, 2006). Ils ne se lient à aucune protéine plasmatique (World Health Organization, 2002). L'absorption des fluorures dans la circulation sanguine a lieu à partir des gencives, de l'estomac, de la paroi intestinale, des poumons et possiblement de la peau (Connett *et al.*, 2010). Cependant, à part les brûlures dues à l'acide fluorhydrique (HF), l'absorption au niveau de l'épiderme serait pratiquement négligeable. Le taux d'absorption des composés de fluorures solubles à partir du système digestif est environ 90 % à 95 % (Kaminsky *et al.*, 2011); dans le cas du fluorure de sodium (NaF), l'absorption est 100 % (National Research Council, 2006). Lorsqu'ils sont absorbés dans les conditions acides de l'estomac, les fluorures sont convertis en grande partie en acide fluorhydrique (HF) (Barbier *et al.*, 2010). Quand les fluorures sont absorbés à jeun, leurs taux sériques maximaux sont atteints lors des 30 minutes suivant l'ingestion et lorsqu'ils sont absorbés avec de la nourriture, cela peut prendre plus d'une heure (Kaminsky *et al.*, 2011; World Health Organization, 2002).

Le transport des fluorures à l'intérieur des cellules se fait généralement par la diffusion non ionique de l'acide fluorhydrique (HF). Les petites molécules d'acide fluorhydrique (HF), dont le coefficient de perméabilité est relativement semblable à celui de l'eau, traversent facilement les membranes cellulaires via les pores de celles-ci. La perméabilité des membranes cellulaires à l'acide fluorhydrique est cinq à sept fois plus élevée que la perméabilité aux ions fluorures. Des récentes études ont montré que 45 % des fluorures ingérés sont absorbés par l'intestin et que, dans ce dernier, l'absorption a lieu probablement par transport actif à l'aide de protéines porteuses. L'absorption des fluorures peut également se faire par les voies respiratoires par transport actif (Barbier *et al.*, 2010). Récemment, les mécanismes variés de transport des fluorures aux membranes cellulaires ont été explicités. Ces mécanismes diffèrent selon le pH et la présence de certains co-transporteurs. Toutefois, ces découvertes ne sont que préliminaires et des études supplémentaires seraient requises pour clarifier la question (Barbier *et al.*, 2010). Lorsqu'ils sont ingérés par la femme enceinte, les fluorures peuvent traverser la barrière placentaire et être absorbés par le fœtus (Kaminsky *et al.*, 2011). Les fluorures alors présents dans le sang du fœtus sont facilement incorporés aux os et aux dents (World Health Organization, 2002). À la naissance, le niveau sérique de fluorures observé chez les nouveau-nés équivaut environ à 75 % de celui de la mère (Kaminsky *et al.*, 2011).

Après leur absorption, les fluorures sont acheminés rapidement par le sang partout dans le corps où ils sont emmagasinés aux endroits riches en calcium, notamment dans les os et les dents. Environ 50 % de l'apport journalier de fluorures sont déposés dans les tissus riches en calcium et la majeure partie des fluorures présents dans le corps, soit 99 %, est contenue dans les os et les dents, le reste étant distribué dans le sang et les tissus fortement vascularisés (Kaminsky *et al.*, 2011; World Health Organization, 2002). Chez les enfants en bas âge, 80 % à 90 % des fluorures absorbés sont retenus. Cette rétention est corrélée avec la dose absorbée par kilogramme de poids corporel (p.c.); plus la dose est importante, plus la rétention est importante (Barbier *et al.*, 2010; World Health Organization, 2002). Les ions fluorures présents dans les fluides corporels s'incorporent au réseau osseux en se substituant aux ions hydroxyles (OH^-) dans les cristaux d'hydroxyapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] de façon à former du fluoroapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(F)_2$] (Santé Canada, 2007). Ce processus survient à la surface des os à court terme; ceci a aussi lieu à long terme aux endroits où les os subissent un remodelage osseux (National Research Council, 2006).

Les concentrations des fluorures dans l'eau de la plupart des tissus sont 40 % à 90 % de celles du plasma sanguin. Au niveau des reins, le ratio de la concentration des fluorures dans les fluides des tissus par rapport à celle du plasma (T/P) est supérieur à un; cela est dû à la concentration plus élevée de fluorures dans les tubules rénaux. Un rapport supérieur à la valeur un est également observé au niveau des tissus comportant des dépôts de calcium, tels le placenta en fin de grossesse et la glande pinéale propice à la calcification. Au niveau des tissus gras et du cerveau, le ratio est généralement de 20 % ou moins; la barrière hématoencéphalique est probablement responsable de la réduction dans le transfert des fluorures aux tissus cérébraux. Il est possible que les ratios dans le cerveau soient plus élevés chez les embryons avant que la barrière hématoencéphalique soit développée (National Research Council, 2006). Il n'y a pas de mécanisme permettant de contrôler l'homéostasie des fluorures dans le sang; subséquemment, les concentrations de fluorures dans le plasma sanguin fluctuent en relation avec la dose ingérée, la fréquence d'ingestion et la demi-vie des fluorures. Dans des conditions d'absorption régulière par ingestion d'eau fluorée, les concentrations plasmatiques des fluorures chez des individus à jeun sont directement proportionnelles aux concentrations de fluorures dans l'eau. Les concentrations de fluorures dans le plasma sanguin sont aussi influencées par le taux de remodelage osseux et le taux d'élimination rénale. Une relation positive existe entre les concentrations plasmatique et osseuse des fluorures ainsi

qu'entre la concentration plasmatique des fluorures et l'âge (World Health Organization, 2002).

Les concentrations de fluorures dans les dents diminuent de façon exponentielle avec la distance par rapport à la surface de la dent et varient avec le site, l'âge, l'usure et l'exposition topique. Leur concentration dans la dentine est deux à trois fois supérieure à leur concentration dans l'émail; elle est plus grande dans les régions de surface, accroît avec l'âge et dépend des concentrations de fluorures de l'eau consommée (World Health Organization, 2002).

Les fluorures sont éliminés du plasma sanguin grâce à deux mécanismes, soit l'emmagasinage dans les os ou l'excrétion par l'urine. Chez les humains adultes en bonne santé, l'élimination plasmatique, c'est-à-dire le volume de fluorures éliminé du plasma par unité de temps, est approximativement la même pour les deux mécanismes. Chez les enfants, l'élimination plasmatique est plus importante par absorption dans les os en raison de la croissance du système osseux (National Research Council, 2006).

La demi-vie des fluorures dans le plasma sanguin varie généralement de deux à neuf heures alors que, dans les os, elle est d'environ vingt ans. Dans les structures osseuses, le cycle complet de l'absorption à l'élimination a lieu trois ou quatre fois dans une vie (Kaminsky *et al.*, 2011; Connett *et al.*, 2010).

La voie principale d'élimination des fluorures du corps humain est la voie rénale avec un débit d'environ 30 mL/min à 40 mL/min (Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes *et al.*, 1997). Une partie des fluorures (10 % à 90 %) peut être réabsorbée par les tubules rénaux. L'importance de cette réabsorption dépend surtout du pH et du débit urinaire. Une fonction rénale insuffisante entraîne une réduction de l'élimination des fluorures par l'urine (World Health Organization, 2002). Les fluorures sont également éliminés du corps humain par la sueur, le lait maternel et la salive et 6 % à 10 % des fluorures seraient éliminés par les selles, ce qui correspondrait aux fluorures non absorbés (INSPQ, 2011). Environ 40 % à 60 % de la dose journalière de fluorures sont éliminés par les urines selon une demi-vie voisine de cinq heures (Kaminsky *et al.*, 2011). Leur taux d'excrétion augmente généralement avec le pH de l'urine, car, à pH élevé, les concentrations d'acide fluorhydrique (HF) sont moins importantes, ce qui diminue leur réabsorption. Les facteurs affectant le pH urinaire influencent également l'élimination et la rétention des fluorures dans le corps humain (Barbier *et al.*, 2010).

Lors de l'exposition aux fluorures des eaux de consommation, des variations peuvent avoir lieu dans la concentration des fluorures dans l'eau, la quantité d'eau absorbée et la durée de temps durant laquelle l'eau a été consommée. L'âge d'une personne s'avère aussi un facteur important pour la toxicocinétique des fluorures puisque les jeunes enfants vont normalement éliminer plus de fluorures de leur plasma par les os que par l'urine comparativement aux adultes pour qui les deux voies d'élimination sont sensiblement équivalentes. De plus, étant donné que le système rénal est la voie principale de l'élimination des fluorures, il est évident que les personnes ayant des maladies rénales risquent d'avoir des concentrations plasmatiques et osseuses de fluorures anormalement élevées. En outre, quelques études ont montré que les femmes ont plus de risques d'accumuler les fluorures au niveau du plasma avec l'âge que les hommes (National Research Council, 2006).

1.1.6 Toxicocinétique ciblée des fluorures chez des animaux

La toxicocinétique des fluorures chez des animaux varie grandement selon les espèces. En général, les animaux aquatiques et terrestres absorbent les fluorures en grande partie par l'ingestion d'eau et de nourriture. Comme chez l'humain, le niveau d'absorption est diminué en présence de calcium, de magnésium, d'aluminium et de phosphore (National Research Council, 2006; Environment Canada, 2001). L'absorption se fait généralement à partir du système gastro-intestinal et est inversement reliée au pH du contenu gastrique. Il a également été montré qu'une petite portion des fluorures peut être absorbée par la cavité buccale chez certains animaux (World Health Organization, 2002). Environ 99 % des fluorures sont emmagasinés dans les os et les dents où ils remplacent les groupes hydroxyles dans l'apatite. Des fluorures sont également présents dans les tissus mous et dans le sang (75 % dans le plasma et 25 % dans les globules rouges). L'élimination des fluorures chez les animaux a surtout lieu via la voie urinaire (Environment Canada, 2001).

À ce jour, peu d'études comparatives de la toxicocinétique des fluorures entre différents animaux ont été effectuées. Les quelques-unes disponibles ont été faites à court-terme, concernent un petit nombre de mammifères et sont généralement difficiles d'interprétation. Plusieurs facteurs rendent les comparaisons difficiles, notamment la variation des niveaux d'exposition, la quantité de calcium présent dans la diète (qui réduit l'absorption des fluorures), les variations concernant la quantité de fluorures absorbés et les différences au niveau de la croissance et du vieillissement des espèces (celles-ci ont des longévités différentes et l'âge des animaux influencent la toxicocinétique, notamment au niveau du

développement des os et de la fonction rénale). Malgré ceci, il est possible de conclure que l'espèce canine est, à ce jour, le meilleur modèle pour étudier la toxicocinétique humaine, notamment pour les éliminations rénale et extrarénale des fluorures en lien avec le poids corporel chez des sujets adultes en santé. Mais, pour plusieurs raisons, la très grande majorité des études toxicologiques sur les fluorures sont effectuées avec des rats. Afin d'extrapoler les résultats de ces études à l'humain, il est nécessaire de bien connaître la toxicocinétique des fluorures chez les deux espèces. À cette fin, les scientifiques utilisent généralement des biomarqueurs (comme les concentrations des fluorures dans les os, le plasma ou les tissus en relation avec différents effets étudiés) ou comparent les concentrations des fluorures dans les os, le plasma ou les tissus chez les rats et les humains pour une même dose d'exposition. En ce qui concerne les études comparatives avec les rats, plusieurs différences importantes ont été notées. D'abord, l'élimination rénale chez les rats âgés de douze semaines est trois fois plus importante que chez les humains alors que leur élimination extrarénale est deux fois plus importante que chez les humains. De plus, contrairement aux humains, les os des rats ne sont pas soumis à un remodelage du tissu osseux, ce qui implique que l'emmagasinage des fluorures par les os chez les rats adultes devrait être minimal. Il a également été observé que les rats doivent subir une exposition chronique aux fluorures beaucoup plus élevée que les humains pour obtenir les mêmes concentrations plasmatiques et osseuses. En fait, pour atteindre les mêmes concentrations de fluorures plasmatiques que chez les humains, il faut que les rats reçoivent des concentrations aquatiques en fluorures cinq fois plus élevées; dans un contexte alimentaire normal, les humains incorporeraient 18 fois plus de fluorures dans leurs os que les rats (National Research Council, 2006).

Les fluorures peuvent être bioaccumulés par la faune terrestre et aquatique. Toutefois, malgré ceci, aucune étude n'a encore permis de constater une bioamplification des fluorures dans les chaînes alimentaires aquatiques ou terrestres. Une des raisons pouvant expliquer l'absence de leur bioamplification est que les fluorures tendent à s'accumuler dans le squelette (incluant les nageoires) et les tissus durs de la dentition des vertébrés et dans l'exosquelette des invertébrés (World Health Organization, 2002; Goyer, 1981). Or, étant donné que les tissus mous comestibles sont plus souvent absorbés que les tissus durs lors de la prédation, l'exposition de la faune prédatrice aux fluorures tend à être réduite; par exemple, les oiseaux régurgitent la partie osseuse de leurs proies (Santé Canada, 2007). Chez les poissons, les effets reliés à l'exposition aux fluorures varient selon l'espèce, l'âge, la grosseur, la température et la concentration en calcium ou en

chlorures de l'eau. La chaîne alimentaire des coquillages a montré une bioconcentration de 10 :1 (Goyer, 1981).

Les animaux terrestres les plus affectés par l'exposition aux fluorures sont les ruminants, notamment le bétail. Cela est principalement dû aux grandes quantités d'eau et de nourriture absorbées par ces bêtes ainsi qu'à la durée plus élevée de leur vie productive (Environment Canada, 2001).

1.1.7 Toxicocinétique ciblée des fluorures chez des végétaux

Le niveau d'accumulation des fluorures chez des végétaux dépend souvent de plusieurs facteurs, notamment le type de sol et le pH. La plupart des fluorures présents dans les sols sont insolubles et sont donc moins disponibles pour l'absorption par les plantes. Malgré ce fait, la capacité d'absorption des fluorures varie selon l'espèce végétale. En effet, certaines plantes peuvent accumuler de très grandes quantités de fluorures sans montrer des symptômes de toxicité alors que d'autres sont fortement affectées par de très petites quantités de ces ions (World Health Organization, 2002). Trois facteurs permettent d'expliquer cette différence de sensibilité : l'endroit où sont accumulés les fluorures (en surface ou à l'intérieur), le degré d'échange entre l'intérieur et l'extérieur de la feuille et le transfert des fluorures vers les parties périphériques. Les plantes les plus sensibles vont absorber et transporter les fluorures vers les zones périphériques de façon plus rapide que les plantes plus résistantes (Goyer, 1981). La voie principale d'absorption des fluorures chez les végétaux est au niveau des stomates; cependant, ils peuvent également être absorbés par les racines ou l'épiderme de la plante (World Health Organization, 2002; Goyer, 1981). Après leur absorption, les fluorures sont souvent accumulés dans les feuilles qui ont les teneurs les plus élevées de ces ions. Environ 60 % des fluorures présents dans les feuilles des végétaux sont constitués de dépôts superficiels. Les fruits et les graines comportent généralement des teneurs intermédiaires de fluorures et les teneurs les plus faibles de ceux-ci se trouvent dans les tiges, le bois et l'écorce. Il a été observé que, chez le pin et le bois dur, l'accumulation de fluorures dans le feuillage diminue la photosynthèse et accroît la respiration nocturne; ceci diminue la quantité d'hydrates de carbone nécessaire à la croissance et à la production de graines (Environment Canada, 2001; Goyer, 1981).

1.2 Toxicodynamique des fluorures

Plusieurs études scientifiques ont été faites sur différents aspects de la toxicodynamique des fluorures tant chez l'humain que chez les mammifères. La plupart de ces études ont été conduites pour documenter des cas d'intoxications aiguës ou chroniques par les fluorures chez des populations exposées à une eau potable très fluorée, chez des travailleurs dans des industries émettrices de fluorures et chez des populations humaines ou chez des mammifères vivant à proximité de ces industries. Ces études donnent une bonne indication des effets pouvant survenir à la suite d'une exposition importante aux fluorures. Dans le présent essai, il importe d'examiner les résultats de ces études avec discernement puisque la fluoration des eaux municipales fait surtout référence à des expositions chroniques à faibles doses. Depuis environ un demi-siècle, plusieurs études ont été orientées vers une évaluation des effets de la fluoration de l'eau sur la santé humaine. Malheureusement, les débats entre les groupes militant pour ou contre la fluoration rendent difficile l'examen de la littérature, car chacun tente de discréditer les données favorables au groupe opposé, notamment au niveau des méthodologies utilisées dans les études. Subséquemment, plusieurs questions demeurent sans réponse dans l'attente de nouvelles études mieux conçues. Heureusement, certaines de ces nouvelles études et données sont maintenant disponibles; ceci permet de mieux cerner les effets de l'exposition à une eau fluorée pour la santé des humains et des mammifères.

1.2.1 Fluorures et la santé humaine

Les effets sur la santé dentaire des fluorures dans l'eau de consommation furent observés pour la première fois au début du XX^{e} siècle. À ce moment, on avait noté un lien entre la fluorose dentaire, soit la présence de taches et de marbrures sur l'émail dentaire, et un effet protecteur contre la carie. Ce ne fut qu'au début des années 40 que la relation entre les fluorures présents naturellement dans les eaux de consommation et la diminution de la prévalence de la carie dentaire fut explicitée. À cette époque, les recherches ont montré une réduction de 50 % à 60 % de la carie dentaire chez les enfants vivant dans des communautés dont l'eau était fluorée à 1,0 mg/L ou plus comparativement aux enfants vivant dans des communautés dont l'eau était fluorée à moins de 0,3 mg/L (Kaminsky *et al.*, 2011).

L'action des fluorures sur la prévention de la carie dentaire se fait de façon systémique et topique. Il est difficile de déterminer lequel des modes d'administration est le plus efficace

puisque différents mécanismes d'action reliés à ces deux modes d'administration semblent travailler de concert les uns avec les autres. Ces mécanismes comprennent, entre autres, l'action des fluorures sur l'hydroxyapatite de l'émail et sur la plaque dentaire (Kaminsky *et al.*, 2011).

L'action des fluorures sur l'hydroxyapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] provient de la capacité qu'ont les fluorures à s'incorporer aux cristaux d'hydroxyapatite en se substituant aux ions hydroxyle (OH^-) de façon à former du fluoroapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(F)_2$] (Santé Canada, 2007). Les liens d'hydrogène qui se forment alors sont beaucoup plus solides, ce qui permet de stabiliser considérablement la structure du cristal de la dent et de diminuer ainsi la solubilité de ce dernier, notamment dans un environnement acide. En présence de fluorures, la reminéralisation de l'émail dentaire se fait beaucoup plus rapidement et efficacement. De plus, les fluorures favorisent une augmentation du diamètre moyen des cristaux de l'émail. Une administration systémique de fluorures est propice à la solidification des cristaux à l'intérieur des dents durant le développement de ces dernières alors que les dépôts de cristaux à la surface sont généralement la conséquence d'administrations topiques (Kaminsky et al., 2011).

L'action des fluorures sur les bactéries formant la plaque dentaire est liée à leur effet sur le pH de la plaque et sur les populations de bactéries *Streptococcus mutans* qui ont un grand potentiel cariogène. La surface des cristaux de l'émail est en constante érosion et reformation lors d'échanges ioniques avec le milieu. Lorsque le pH à l'interface de l'émail et de la plaque est bas, il se produit une dissolution des cristaux d'hydroxyapatite et une déminéralisation de l'émail dentaire. À l'opposé, lorsque le pH à l'interface de l'émail et de la plaque tend vers la neutralité, il y a reminéralisation. La déminéralisation implique un transfert des ions de calcium et phosphate de l'émail vers la plaque (Kaminsky *et al.*, 2011; Lévy *et al.*, 2007). La glycolyse bactérienne, soit la conversion des sucres alimentaires en acide lactique par les bactéries afin de pouvoir les utiliser comme énergie, réduit le pH à l'interface plaque-émail. Cette réduction du pH solubilise l'émail et entraîne l'apparition de caries. Les fluorures permettent d'éviter la chute de pH en empêchant la glycolyse bactérienne. Lorsqu'ils sont déposés dans la plaque lors de l'utilisation de produits fluorés à administration topique ou à partir de la salive après ingestion, les fluorures ont la capacité d'inhiber une variété d'enzymes requises pour l'utilisation du glucose par les bactéries dans la plaque. Ceci diminue le nombre de bactéries dans la plaque et leur capacité à convertir les sucres en acide lactique et empêche ainsi la

réduction du pH et inhibe la déminéralisation de l'émail (Secci, 2010; Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes *et al.*, 1997). Une autre action importante des fluorures consiste en sa capacité à empêcher les bactéries de se fixer à l'émail, ce qui réduit de 20 % à 30 % la quantité de plaques ainsi que le nombre de bactéries qu'elles renferment (Secci, 2010).

Malgré le fait que les fluorures puissent avoir des bienfaits sur la santé dentaire des humains, des effets secondaires peuvent survenir lorsque des doses trop élevées sont ingérées. Plusieurs facteurs doivent être considérés lorsqu'il est question de posologie pour l'administration de fluorures chez les humains. Afin de déterminer le dosage optimal, il faut prendre en considération l'âge, le poids et la santé des individus, les autres sources d'expositions aux fluorures et surtout la quantité d'eau consommée. Certains de ces facteurs sont difficilement contrôlables, notamment la quantité d'eau consommée. Anciennement et encore aujourd'hui, la façon de prendre en compte ce facteur a consisté à recommander des concentrations selon la température moyenne des régions vu que les personnes vivant dans les régions chaudes consomment davantage d'eau que celles vivant dans les régions froides. Toutefois, divers autres facteurs influencent aussi la consommation d'eau d'une population, notamment l'âge et la masse corporelle (les petites personnes comme les enfants boivent moins d'eau que les adultes), le style de vie active ou sédentaire (un athlète boit plus d'eau en général que les personnes sédentaires) et certaines conditions reliées à la santé (par exemple, les personnes diabétiques boivent généralement plus d'eau que les non-diabétiques) (Morin *et al.*, 2005).

La concentration maximale acceptable (CMA) de fluorures dans l'eau potable permettant de profiter des bienfaits des fluorures au niveau de la réduction de la carie dentaire sans causer de réactions néfastes a été fixée à 1,5 mg/L par Santé Canada et la concentration recommandée aux municipalités désirant fluorer leur eau potable est 0,8 mg/L à 1,0 mg/L (Santé Canada, 2008; Lévy *et al.*, 2007). Au Québec, la concentration de fluorures recommandée pour prévenir la carie tout en minimisant les risques de fluorose dentaire est 0,7 mg/L (Lacroix *et al.*, 2010). Ces valeurs prennent en compte les variations de température. Le tableau 1.1 suivant donne les concentrations en fluorures recommandées pour l'eau potable au Canada selon les moyennes annuelles des températures maximales régionales des municipalités. Ces recommandations concordent avec les valeurs fixées par le ministère de la Santé des États-Unis.

Tableau 1.1 Concentrations en fluorures recommandées pour l'eau potable au Canada

Moyennes annuelles des températures maximales (°C)	Concentrations de fluorures (mg/l)		
	Minimales	Optimales	Maximales
10,0 à 12,0	0,9	1,2	1,7
12,0 à 14,6	0,8	1,1	1,5
14,6 à 17,6	0,8	1,0	1,3
17,6 à 21,4	0,7	0,9	1,2
21,4 à 26,2	0,7	0,8	1,0

(modifié de Morin *et al.*, 2005, p.78)

Aux États-Unis, plusieurs valeurs ont été établies pour la concentration des fluorures dans l'eau. Il y a le « Maximum Contaminant Levels Goal (MCLG) », soit la concentration maximale acceptable dans l'eau potable pour les contaminants ayant la capacité d'engendrer des effets néfastes sur la santé humaine; elle a été fixée par le « Environmental Protection Agency, (EPA)» à 4 mg/L pour les fluorures. L'EPA a aussi recommandé un « Secondary Maximum Contaminant Levels (SMCL) » qui est une concentration suggérée de 2 mg/L en fluorures pour une gestion efficace de l'eau potable, notamment en ce qui concerne les effets esthétiques, cosmétiques et techniques, ce qui peut influencer l'acceptabilité de l'eau potable par la population (National Research Council, 2006). De plus, l'American Dental Association (ADA) considère que la quantité maximale d'ingestion de fluorures par jour pour les adultes ne devrait pas dépasser 6 mg pour les adultes et 0,5 mg pour les enfants de plus de trois ans. En outre, le ministère de la Santé publique des États-Unis a promulgué des concentrations de fluorures dans l'eau potable à respecter selon la température moyenne de la région où est située la municipalité, lesquelles sont similaires à celles du Canada (voir le tableau 1.1) (Morin *et al.*, 2005). Enfin, le National Research Council a émis une recommandation par tranches d'âge pour les quantités journalières de fluorures absorbées, toutes sources confondues (Kaminsky *et al.*, 2011); les valeurs recommandées sont présentées dans le tableau 1.2 suivant.

Tableau 1.2 Quantités journalières de fluorures recommandées par le National Research Council aux États-Unis par tranches d'âge

Tranches d'âge	Quantités journalières recommandées de fluorures (mg)
< 6 mois	0,1 mg à 0,5 mg
6 à 12 mois	0,2 mg à 1,0 mg
1 an à 3 ans	0,5 mg à 1,0 mg
4 ans à 6 ans	1,0 mg à 2,5 mg
7 ans à l'âge adulte	1,5 mg à 2,5 mg
Adultes	1,5 mg à 4,0 mg

(modifié de Kaminsky *et al.*, 2011, p.274)

1.2.2 Expositions aiguë et chronique et toxicité chez l'humain

Le degré de toxicité des fluorures diffère généralement selon la spéciation du composé fluoré ingéré. Les sels de fluorures fortement solubles, tel le fluorure de sodium, sont plus toxiques que ceux qui sont moins solubles ou insolubles, tel le fluorure de calcium (World Health Organization, 2002).

Une exposition aiguë aux fluorures par voie orale chez l'humain peut causer les symptômes ci-après : hyper salivation, nausées, vomissements, douleurs abdominales, diarrhée, fatigue, somnolence, convulsions, coma, arrêt cardiaque et mort (Kaminsky *et al.*, 2011; Environnement Canada et Santé Canada, 1993). Des effets associés à une exposition aiguë aux fluorures peuvent être observés à des doses variant de 1 mg à 5 mg de fluorures par kilogramme de poids corporel (p.c.). Des malaises gastro-intestinaux légers de toxicité aiguë peuvent être observés à des doses aussi basses que 1 mg de fluorures/kg p.c. (Kaminsky *et al.*, 2011). Pour une personne pesant environ 70 kilogrammes ou 155 livres, cela correspond à une dose de toxicité aiguë d'environ 5 g/70 kg p.c. à 10 g/70 kg p.c. Le fluorure de sodium s'avère environ dix fois moins toxique que le cyanure de sodium et cinquante fois plus toxique que le chlorure de sodium, soit le sel de table (Faibanks Fluoride Tasks Force, 2011).

Les effets gastro-intestinaux provenant d'une exposition aiguë aux fluorures sont généralement dus à l'action corrosive de l'acide fluorhydrique (HF) provoquant des dommages à la muqueuse gastrique (hémorragies et destruction de la membrane épithéliale). Des solutions topiques orales de fluorure de sodium ou des gels de fluorophosphates peuvent causer, chez certaines personnes hypersensibles, des ulcérations de la cavité buccale. En ce qui concerne les arrêts cardiaques après une exposition aiguë aux fluorures, ils sont généralement dus au développement d'une hypocalcémie ($-Ca^{++}$) ou d'une hyperkaliémie ($+K^{+}$). Les effets produits par les fluorures dans le système nerveux central sont également provoqués à la suite d'une hypocalcémie induite par les ions fluorures ou d'une inhibition de certaines enzymes cellulaires. Quant aux effets sur le système respiratoire (œdème pulmonaire, trachéobronchite ou souffle court), ils ont été observés chez des sujets ayant inhalé de l'HF (World Health Organization, 2002).

Waldbott, cité par Connett *et al.* (2010), spécialisé dans le traitement et l'étude des maladies respiratoires ou allergiques, a étudié de 1950 à 1982, les réactions néfastes associées aux polluants environnementaux, notamment le fluorure. Il a élaboré une liste de symptômes reliés à une condition qu'il a identifiée comme étant le syndrome de toxicité chronique aux fluorures. Les malaises observés sont les suivants : divers types d'éruptions cutanées, maux gastro-intestinaux, problèmes urinaires, douleurs aux os et articulations, migraines, dépressions et fatigues extrêmes non résolues par le sommeil. La majorité des patients vus par Waldbott n'avaient aucun antécédent d'allergies et les symptômes disparaissaient quelques semaines après l'élimination de la source d'exposition aux fluorures (Connett *et al.*, 2010).

La dose létale des fluorures chez l'humain est très variable; elle s'étend de 16 mg/kg p.c. à 64 mg/kg p.c. pour les adultes et de 3 mg/kg p.c. à 16 mg/kg p.c. pour les enfants (Barbier *et al.*, 2010).

1.2.3 Fluorose dentaire chez l'humain

La fluorose dentaire est une pathologie irréversible qui découle d'une surexposition aux fluorures; elle est caractérisée par l'apparition de taches et de marbrures sur les dents des sujets affectés. Les taches sont généralement opaques et blanches et peuvent évoluer pour devenir jaunes et brunes foncées (Kaminsky *et al.*, 2011, INSPQ, 2004). Dans les cas plus sévères, une porosité anormale est observée à la surface des dents. Cette

porosité peut éventuellement créer des craquelures de la dent et des sillons propices à l'accumulation de débris et de bactéries (National Research Council, 2006). La fluorose dentaire survient lorsqu'un enfant est exposé à des doses importantes de fluorures par ingestion durant les années ou se forment les dents (Kaminsky *et al.*, 2011). Durant la formation des dents chez l'enfant, les cristaux d'hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) constituent une matrice complexe qui contient une amélogénine synthétisée par des améloblastes; la fonction de celle-ci consiste à établir un espace adéquat entre les cristaux de l'émail. Lors de la maturation des dents, une enzyme protéinase élimine les fragments d'amélogénine, ce qui permet une minéralisation entière de la dent. Les fluorures interfèrent avec l'activité de l'enzyme en diminuant les concentrations de Ca^{2+} libre du milieu minéralisant. Cela empêche une élimination adéquate de l'amélogénine; ceci interfère avec la croissance adéquate des cristaux de l'émail dentaire et laisse des espaces poreux entre les cristaux d'émail (National Research Council, 2006).

La fluorose dentaire est généralement indicatrice du niveau d'exposition aux fluorures d'un enfant durant la période de croissance des dents (World Health Organization, 2002). La sévérité de la fluorose dentaire est évaluée comme discutable, très légère, légère, modérée ou sévère. Une fluorose catégorisée discutable à légère est caractérisée par une couverture de moins de 50 % de la surface de l'émail par de petites taches blanches opaques difficilement identifiables alors qu'une fluorose modérée à sévère est facilement visible à cause de taches et de marbrures importantes (Kaminsky *et al.*, 2011). Pour la plupart des enfants, la période où les dents sont les plus vulnérables à la fluorose dentaire s'étale durant les six à huit premières années de la vie lorsque la maturation de l'émail a lieu (National Research Council, 2006). Il existe des index communautaires de la fluorose dentaire (CFI) pour aider les municipalités à évaluer le taux de fluorose dans leurs communautés; ceci favorise l'établissement des concentrations de fluorures à ajouter aux eaux de consommation. Ces index décrivent les symptômes associés aux différents stades de la maladie et donnent une importance statistique pour chaque stade. En multipliant le nombre d'individus affectés pour chaque stade par la valeur statistique pour ce stade, en totalisant toutes les valeurs obtenues et en divisant ce nombre par le nombre d'individus dans la communauté, on obtient l'index de fluorose dentaire communautaire. Si ce dernier est plus petit que 0,6, la fluorose dentaire n'est pas considérée comme problématique (Jayapakash, 2004). L'index de Dean est présenté à l'annexe 4 et des images représentant les différents stades de la maladie sont exposées à l'annexe 5.

Une réévaluation faite en 1996 à partir des données sur la fluorose dentaire provenant d'études ayant été effectuées de 1941 à 1985 a constaté que de faibles quantités de fluorures absorbées par l'entremise d'une eau potable fluorée induisent un certain niveau de fluorose dentaire. Une relation dose-réponse a pu être établie entre la prévalence de la fluorose et la concentration de fluorures dans l'eau consommée. Les données ont montré une augmentation de l'index communautaire pour la fluorose dentaire (CFI) par 0,2 pour toute augmentation de dose de 0,01 mg de fluorures/kg p.c. (World Health Organization, 2002). L'annexe 3 illustre la prévalence de la fluorose dentaire chez les individus de moins de 20 ans aux États-Unis selon la concentration de fluorures dans l'eau de consommation et le pourcentage de la surface dentaire affectée par une fluorose sévère selon les concentrations de fluorures dans l'eau pour les enfants de huit à dix ans et de 13 à 16 ans. Une corrélation est clairement observée dans les deux cas entre les concentrations de fluorures dans l'eau et la prévalence de fluorose ainsi que la sévérité de cette dernière.

Il est donc prouvé que la prévalence et la sévérité de la fluorose dentaire augmentent avec la concentration des fluorures dans l'eau de consommation. À des concentrations de fluorures dans l'eau inférieures à 0,3 mg/L, moins de 1 % des cas de fluorose modérée est constaté; à 1 mg/L, la proportion de cas modérés est environ de 1 % à 2 %; à des concentrations de 1,8 mg/L à 2,3 mg/L, la proportion de cas de fluorose modérée est de 3 % à 15 % et à des concentrations de 2,4 mg/L à 4,1 mg/L, la proportion de fluorose dentaire modérée à sévère atteint les 7 % à 33 %. La fluorose sévère n'est observée qu'à des teneurs de fluorures dépassant 2,5 mg/L. La prévalence de la fluorose dentaire, toutes catégories confondues, a été évaluée dans des études récentes pour des villes dans les états de New York, du Texas et du Michigan. Pour les villes, dont l'eau était fluorée de 0,7 mg/L à 1,2 mg/L, elle a été observée dans une proportion de 26 % à 51 % alors que dans des villes dont l'eau était non fluorée (moins de 0,3 mg/L), elle a été constatée dans une proportion de 2,4 % à 12 %. Il semble que l'exposition à une grande variété de sources de fluorures soit un facteur important dans les cas de fluorose dentaire (Kaminsky *et al.*, 2011).

Les fluorures sont utilisés pour renforcir l'émail dentaire et retarder ou inhiber l'apparition de caries. Dans le cas de fluorose dentaire, les dents sont plus résistantes à l'apparition de caries dentaires. Cependant, lorsqu'une carie fait son apparition, lors de la fluorose, l'effet contraire survient; la carie s'étend rapidement à toute la dent dont la réparation est pratiquement impossible à cause de la fragilité et la porosité de l'ensemble de la structure

de la dent. Souvent, la seule solution consiste à extraire la dent affectée (National Research Council, 2006).

1.2.4 Fluorose osseuse et autres effets osseux chez l'humain

La fluorose osseuse est une maladie des os causée par une exposition chronique à des teneurs très élevées de fluorures. Elle survient généralement en trois stades. Au stade 1, il y a une augmentation de la masse osseuse, détectée uniquement par radiographie, et ensuite des douleurs sporadiques et inflexibilités aux articulations associées à une sclérose du pelvis et de la colonne vertébrale. Le stade 2 comporte des douleurs chroniques aux articulations, des symptômes arthritiques, une légère calcification des ligaments et une augmentation de la sclérose des tissus osseux spongieux; il est parfois accompagné d'une ostéoporose des os longs. Finalement, au stade 3, la fluorose osseuse est caractérisée par une limitation marquée des mouvements articulaires, une calcification importante des ligaments, des difformités invalidantes de la colonne vertébrale et des articulations majeures, une perte de masse musculaire et des problèmes neurologiques reliés à la compression de la moelle épinière (Kaminsky et al., 2011; National Research Council, 2006). Des images représentant les trois stades sont exposées à l'annexe 5.

Chez l'humain, 99 % des fluorures sont emmagasinés dans les os sous deux formes. Une petite portion des fluorures est à la surface des cristaux d'hydroxyapatite constituant la portion minéralisée des os; elle s'y trouve sous une forme permettant des échanges rapides entre le tissu osseux et le liquide extracellulaire. L'autre forme, la plus répandue, est plutôt emmagasinée dans la matrice cristalline d'hydroxyapatite, laquelle est un sel insoluble de phosphate de calcium hydroxylé qui est déposé à l'intérieur et autour des fibrilles de collagène dans les tissus du squelette. Lorsque le fluorure est absorbé dans les tissus osseux, il prend la place du groupe hydroxyle (OH^-) de l'hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) qui devient du fluoroapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ ou $(Ca_{10}(PO_4)_6OHF$. Contrairement à la forme usuelle de l'hydroxyapatite qui est hexagonale et superposée en rangées, le fluoroapatite des os a aussi une forme hexagonale, mais allongée. Il serait tentant de penser que le fluorure incorporé à la structure cristalline de l'os rend ce dernier plus stable, plus solide et surtout moins soluble en milieu acide. Or, c'est le contraire qui survient. Ceci entraîne un retard et une inhibition de la minéralisation qui détériorent la qualité des os. Ces derniers augmentent en densité et non en solidité; ils deviennent alors plus fragiles et moins résistants à la rupture (Santé Canada, 2007; National Research Council, 2006). L'augmentation de la densité osseuse est due au fait que le fluorure

stimule la prolifération d'ostéoblastes qui sont les cellules responsables de la formation des os; les effets de cette stimulation ont surtout lieu dans la colonne vertébrale. Il semblerait également que les fluorures aient un effet inhibiteur sur les ostéoclastes, lesquels sont les cellules responsables de la résorption osseuse (National Research Council, 2006).

Lorsque Environmental Protection Agency a instauré la valeur du MCLG à 4 mg/L pour les fluorures (concentration maximale permise dans l'eau pour les fluorures ayant le potentiel d'engendrer des effets néfastes pour la santé humaine), la raison était de protéger les Américains contre la fluorose osseuse de stade 3. Toutefois, les recherches citées dans la publication du dernier rapport sur la fluoration des eaux potables par le National Research Council en 2006 ont amené les chercheurs à s'interroger sur cette valeur. Ils ont d'abord constaté qu'une consommation d'eau fluorée à 4 mg/L durant une vie pouvait avoir le potentiel d'induire une fluorose osseuse de stade 2 ou 3 et d'augmenter le risque de fracture des os. Ils ont aussi réalisé qu'en raison des symptômes importants auxquels elle est associée, une fluorose osseuse de stade 2 constituait également un effet négatif important relié à l'ingestion de fluorures. Les chercheurs ont découvert qu'une consommation d'eau fluorée à 2 mg/L ou 4 mg/l à vie pouvait mener à des concentrations estimées de fluorures dans les os de même valeur que celles rencontrées chez les sujets atteints de fluorose de stades 2 et 3 (National Research Council, 2006). La fluorose osseuse invalidante de stade 3 a été associée à une exposition chronique aux fluorures, toutes sources confondues, de 20 mg/jour à 80 mg/jour durant 10 à 20 ans (Kaminsky *et al.*, 2011; Klaassen *et al.*, 1996). Il est difficile de suggérer un ordre de grandeur concernant les concentrations de fluorures dans les eaux capables d'engendrer une fluorose osseuse. Dans plusieurs cas, d'autres facteurs interviennent, soit l'âge, l'ampleur de l'exposition aux fluorures d'autres sources comme le thé qui est reconnu pour contenir de grandes teneurs de fluorures, des déficiences nutritionnelles et l'état de la fonction rénale. Malgré cela, il est quand même possible, grâce à certaines données, d'estimer un ordre de grandeur des concentrations de fluorures dans l'eau de consommation ayant un effet sur l'importance et la prévalence de cette maladie. En effet, une étude faite au Texas et en Oklahoma a permis de répertorier 170 000 radiographies du pelvis et de la colonne vertébrale pendant dix années. Elles n'ont montré aucune évidence de sclérose osseuse chez les sujets consommant une eau contenant moins de 4 mg/L de fluorures; par contre, 23 cas de sclérose osseuse ont été détectés chez les sujets consommant une eau contenant de 4 mg/L à 8 mg/L de fluorures.

Dans une autre étude similaire au Texas, des radiographies ont permis de détecter des cas de sclérose osseuse chez 10 % à 15 % des individus ayant été exposés pendant une durée moyenne de 37 années à une eau fluorée contenant 8 mg/L de fluorures. Toutefois, aucun symptôme clinique de fluorose osseuse n'a été répertorié dans les deux études. La fluorose osseuse peut s'avérer réversible selon l'ampleur des remodelages osseux (Kaminsky *et al.*, 2011; Santé Canada, 2007).

À cause de leurs effets sur l'augmentation de la densité osseuse, les fluorures sont parfois utilisés pour traiter l'ostéoporose. Il a été montré que l'ingestion de suppléments de fluorures à des concentrations de 30 mg/jour à 50 mg/jour durant deux à trois années peut accroître la formation de l'os trabéculaire et cortical de 10 % à 30 %. Cependant il faut souligner qu'environ 10 % à 30 % des patients traités de cette façon vont aussi manifester des douleurs articulaires, connaître des dérangements gastriques et parfois même développer une ostéomalacie, soit une déminéralisation généralisée due à une insuffisance de la fixation du calcium et du phosphore composant le tissu osseux (Kaminsky *et al.*, 2011; Vulgaris - Médical, 2011b).

Les fluorures de l'eau potable pourraient être impliqués dans une prévalence des fractures des os, notamment au niveau de la hanche; mais, il n'y a pas de consensus clair sur la question, les résultats des études étant mitigés. Plusieurs études n'ont montré aucun lien entre la concentration de fluorures dans les eaux de consommation et l'augmentation des fractures osseuses. Par contre, une étude a été conduite en Chine pendant 20 années : un total de 8 266 individus ayant vécu 25 ans dans six villages avec différentes concentrations de fluorures dans les eaux de consommation a été répertorié. Toutes les autres sources de fluorures auxquelles les individus ont pu être exposés ont été évaluées. Ceci a permis d'affirmer que la seule source importante de fluorures était l'eau potable. Les quantités totales de fluorures ingérées par l'eau ont pu être déterminées. La prévalence de fractures de la hanche s'est avérée similaire pour les trois groupes les moins exposés aux fluorures alors que la différence était significative pour les trois groupes les plus exposés (World Health Organization, 2002).

Une autre maladie des os a été associée avec l'ingestion de fluorures, à savoir un cancer rare des os caractérisé par la présence de tumeurs malignes dans le tissu osseux nommées ostéosarcomes; il est surtout présent chez des jeunes hommes ayant été exposés à des eaux de consommation fluorées durant leur enfance. Les filles ne sont pas affectées par cette pathologie. L'exposition à une eau fluorée entre l'âge de six et huit ans

chez les garçons augmente significativement le nombre d'ostéosarcomes au début de la vingtaine d'années. De fait, la consommation d'une eau fluorée chez des garçons âgés de sept ans a été liée à une augmentation de 500 % des chances de développer un ostéosarcome à vingt ans (Vulgaris - Médical, 2011c; Spittle, 2008).

1.2.5 Autres effets sur la santé humaine

En plus des effets négatifs observés aux les dents et au système osseux, l'exposition aux fluorures peut affecter d'autres systèmes chez l'humain.

Certaines données soutiennent une corrélation entre des concentrations élevées de fluorures dans l'eau potable et une diminution du quotient intellectuel (QI) chez les enfants. Ce lien a pu être explicité dans une vingtaine d'études provenant de l'Iran, de l'Inde, du Mexique et de la Chine. Trois de ces études issues de diverses régions de la Chine ont montré que les quotients intellectuels des enfants vivant dans des régions où l'eau potable comportait une concentration de fluorures de 2,5 mg/L à 4 mg/L étaient inférieurs à ceux des enfants vivant dans des régions où les concentrations étaient de 0,4 mg/L à 1 mg/L. Les limites inférieures des QI étaient semblables. Par contre, un nombre restreint de quotients intellectuels élevés était constaté dans les régions où la concentration de fluorures dans les eaux était plus élevée. Ceci a changé la courbe de distribution des QI (Connett, 2006; National Research Council, 2006).

Il est suggéré que deux types de fluorures couramment utilisés pour fluorer les eaux municipales, soit le fluorosilicate de sodium (Na_2SiF_6) et l'acide fluosilicique $(H_2SiF_6)_2$, ont la capacité d'inhiber l'acétylcholinesterase et d'accroître l'absorption du plomb (Pb) dans le corps. Les silicofluorures subséquents agissent comme solvants pour le plomb (Pb), ce qui le rend plus facilement absorbable dans le corps humain et augmente ainsi les chances que ce dernier puisse affecter négativement le QI et le contrôle comportemental chez les individus exposés (Spittle, 2008).

D'autres effets ont révélé la capacité des fluorures, notamment ceux complexés avec des ions d'aluminium (AlF_x), d'agir sur la concentration et la fonction de différents transmetteurs présents dans le cerveau, notamment les prostaglandines et certains peptides du système nerveux tels la vasopressine, les opioïdes endogènes et d'autres peptides hypothalamiques. Les fluorures d'aluminium ont la capacité de se lier aux protéines GDP et ADP; ceci empêche ces dernières de former des molécules de

triphosphates essentielles pour produire l'énergie nécessaire pour le cerveau. Les fluorures d'aluminium, en plus de contribuer à dérégler les messages envoyés au système nerveux, peuvent diminuer l'énergie nécessaire pour une fonction cérébrale optimale (National Research Council, 2006).

En outre, les fluorures ont la capacité d'augmenter la production de radicaux libres dans le cerveau. Les changements occasionnés par la présence de ces radicaux libres, associés à la perturbation du métabolisme aérobie de l'ATP et à la réduction de l'efficacité de l'acétylcholine en tant que neurotransmetteur, pourraient intervenir dans le développement de la maladie d'Alzheimer (National Research Council, 2006).

Dans le système endocrinien, les fluorures ont des effets variés. Les effets les plus importants sont une élévation de l'hormone thyréostimuline (TSH) associée à des concentrations altérées des hormones thyroïdiennes T3 et T4, un accroissement de l'activité de la calcitonine (laquelle hormone facilite la fixation du calcium dans le tissu osseux), une augmentation de l'activité de l'hormone parathyroïdienne (PSH), une hyperparathyroïdie secondaire, un abaissement du niveau de tolérance au glucose et un possible effet sur la maturité sexuelle. Il y a aussi des effets des fluorures sur la glande pinéale, à savoir des altérations au niveau de la production de mélatonine qui agit dans la maturité sexuelle. De récentes informations sur le rôle de la glande pinéale chez l'humain suggèrent que tout agent ayant le potentiel d'en réduire la fonction pourrait affecter la santé humaine à plusieurs niveaux tels la maturation sexuelle, le métabolisme du calcium, la fonction parathyroïdienne, l'ostéoporose chez les femmes post ménopausées, le cancer et la santé psychiatrique. La réduction de la tolérance au glucose est principalement due à une action inhibitrice des fluorures sur la production d'insuline. Par ailleurs, tous les effets produits par les fluorures sur le système endocrinien peuvent être variables et associés à d'autres facteurs, tels les antécédents génétiques, le sexe, l'âge, la diète ou le niveau de nutriments. Il est évident que les fluorures s'avèrent des perturbateurs endocriniens; toutefois, les mécanismes impliqués peuvent être très variables et souvent mal connus (Vulgaris - Médical, 2011a; National Research Council, 2006).

Dans les reins, l'exposition aux fluorures peut être examinée sous deux aspects. En premier lieu, les personnes qui souffrent d'une insuffisance rénale éliminent difficilement les fluorures de leur système, ce qui risque d'en augmenter les concentrations dans les os et rend ainsi les individus vulnérables à tous les autres effets toxiques encourus par une exposition élevée aux fluorures. En deuxième lieu, certaines études ont montré qu'une

exposition à des eaux fortement concentrées en fluorures, soit à plus de 4 mg/L, peut causer des lésions aux tissus rénaux et en altérer la fonction (Connett *et al.*, 2010; National Research Council, 2006).

Au niveau du système reproducteur et du développement chez l'humain, plusieurs études ont été publiées depuis 1990. Les résultats indiquent que des effets à ce sujet sont observés uniquement dans le cas de concentrations très élevées de fluorures dans l'eau de consommation (National Research Council, 2006).

Le potentiel génotoxique des fluorures et un possible effet cancérogène de ceux-ci restent à confirmer. Jusqu'à présent, la plupart des études ayant été menées à cette fin n'ont pas montré de liens significatifs entre l'exposition aux fluorures par l'ingestion d'eau potable et le cancer. Toutefois, comme il a été mentionné dans la section 1.2.4, la prévalence vers l'âge de vingt ans d'un type rare de cancer, l'ostéosarcome, est plus élevée lorsque des garçons entre six et huit ans consomment une eau fluorée; ce type de cancer n'a pas été examiné dans ces études. Certaines recherches ont suggéré des conclusions soutenant un potentiel cancérogène associé à l'exposition aux fluorures, mais des questions de méthodologie ne permettent pas de prendre les résultats de ces investigations en considération (National Research Council, 2006; World Health Organization, 2002).

1.2.6 Toxicodynamique des fluorures chez les mammifères

La toxicodynamique des fluorures chez les mammifères dépend de certains facteurs, notamment, le type de fluorure ingéré, la quantité ingérée et la sensibilité de l'animal exposé. Les fluorures, sous forme de composés insolubles, sont généralement moins absorbés que les autres formes. La sensibilité des animaux aux fluorures n'est pas uniforme, elle varie selon l'espèce. Les chevaux et les porcs peuvent accepter jusqu'à environ 100 mg/kg p.c. tandis que les moutons sont les plus sensibles avec des concentrations seuils de 30 mg/kg p.c. à 50 mg/kg p.c. (Morin *et al.*, 2005; Goyer, 1981).

Les fluorures absorbés cheminent dans le sang et sont ensuite éliminés dans l'urine ou dans les os où l'ion fluorure (F^-) se substitue à l'hydroxyle (OH^-) pour former une fluoroapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(F)_2$]. Cette dernière a une solubilité et une réactivité moindres que l'hydroxyapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$]. Ceci entraîne un éventail d'anomalies osseuses (Goyer, 1981).

Plusieurs symptômes sont similaires à ceux qui sont observés chez l'humain. Il peut survenir une décalcification des os ou une ostéoporose provoquant un ramollissement des os et conduisant à des boitements, entorses, foulures ou fractures. Par contre, il y a aussi une hyper calcification des os (tels la colonne vertébrale ou les membres postérieurs), ce qui cause une raideur et gêne les mouvements avec une enflure prononcée au niveau des jointures. Des symptômes dentaires apparaissent également, à savoir une usure inégale des molaires et l'apparition de lésions aux mâchoires. Des taches noires apparaissent sur les incisives et ces dernières finissent par tomber; ceci empêche l'animal de se nourrir convenablement d'herbe et de grains. Ce manque de nutriments peut occasionner des troubles d'anémie et un dépérissement notable de l'animal (Goyer, 1981).

1.2.7 Toxicodynamique des fluorures chez les végétaux

Chez les végétaux, deux types de dommages peuvent survenir à la suite d'une exposition aux fluorures : la chlorose et la nécrose. La chlorose, qui apparaît généralement en premier lieu, est caractérisée par le jaunissement de l'extrémité des feuilles, lequel s'étend par la suite jusqu'à la base de celles-ci. Lorsque la concentration en fluorures augmente, il survient une nécrose des feuilles, un flétrissement, un changement de couleur et une diminution du rendement. Le danger d'une contamination importante de fluorures dans une forêt ou ailleurs peut avoir des conséquences écologiques graves dans les écosystèmes. Cela peut entraîner des changements au niveau des espèces pouvant y survivre (Goyer, 1981).

2 PROBLÉMATIQUE EN SANTÉ ENVIRONNEMENTALE POUR LA FLUORATION DES EAUX MUNICIPALES

La décision de plusieurs villes d'instaurer la fluoration systématique des eaux de consommation pour toute la population n'a pas toujours fait l'unanimité. Elle est à l'origine d'un débat qui perdure depuis plusieurs décennies entre des militants favorables et des militants opposés à la fluoration; le groupe soutenant la fluoration a très souvent remporté la bataille, du moins en Amérique du Nord, grâce à un inconditionnel support des autorités de santé publique (Morin *et al.*, 2005).

La présente section consiste à clarifier les enjeux du débat sur la fluoration des eaux de consommation. D'abord, un aperçu historique permet de situer et de clarifier l'origine et l'évolution de la problématique. Ensuite, un bref portrait de la problématique de la carie dentaire dans le temps et dans le monde est exposé; il inclut les conséquences reliées à la maladie et les méthodes de prévention éprouvées. Par la suite, différentes sources de fluorures, autres que la fluoration des eaux municipales, auxquelles la population est exposée, sont mises en lumière dans le but de tenter de définir la charge totale d'exposition des individus aux fluorures. Finalement, la position des différents groupes prenant part au débat est brièvement décrite en explicitant les raisons soutenant leur prise de position.

2.1 Historique de la fluoration de l'eau potable

Les inquiétudes quant à l'innocuité des fluorures pour la santé humaine sont apparues vers la fin du XIX^{e} siècle; de nombreuses poursuites judiciaires avaient été alors intentées pour des dommages découlant de l'exposition aux émissions à proximité d'usines de fertilisants phosphatés et de fonderies d'aluminium rejetant des fluorures. À partir de cette époque, plusieurs études ont été publiées impliquant le rôle des fluorures dans une variété de pathologies, notamment la fluorose dentaire et osseuse et d'autres problèmes reliés à l'intoxication aux fluorures (Connett *et al.*, 2010).

Vers la fin des années 30, la compagnie Alcoa (Aluminum Company of America), qui était une grande productrice d'aluminium aux prises avec de nombreuses poursuites judiciaires en lien avec ses émissions de fluorure de sodium et autres polluants dans l'environnement, décida d'ouvrir un laboratoire de recherches industrielles, le « Mellon Institute », afin de mieux connaître ses polluants et de pouvoir faire face aux différentes

poursuites judiciaires intentées contre elle (Morin *et al.*, 2005). « Mellon Institute » fut le premier, en 1939, à recommander la fluoration des eaux municipales. En 1945, après une intense campagne de lobbyisme auprès de différents organismes de santé publique, les premiers essais de fluoration de l'eau potable débutèrent dans quelques villes américaines et une ville canadienne, soit Grand Rapids et Muskegon au Michigan, Sheboygan au Wisconsin, Marshall au Texas et Brantford en Ontario (Connett *et al.*, 2010; Morin *et al.*, 2005). Au Québec, la première ville ayant instauré un programme de fluoration des eaux de consommations fut Pointe-Claire en 1955 (Comité aviseur sur la fluoruration des eaux de consommation, 1979).

Le Québec adopta, en juin 1975, la Loi 88 qui obligeait toutes les municipalités pourvues d'usines d'eau potable de fluorer cette dernière pour qu'elle ait une concentration en fluorures de 1,2 mg/L. Mais, dès le mois d'août de la même année, le Conseil consultatif de l'environnement du Québec exprimait son inquiétude quant à l'apport grandissant de fluorures dans l'environnement et recommandait de faire une étude pour évaluer les conséquences médicales, sociales et écologiques reliées à la fluoration des eaux de consommation. Peu de temps après, le ministre délégué à l'environnement de l'époque créa un comité consultatif sur la fluoration des eaux de consommation chargé de faire une réévaluation de la situation. En novembre 1979, ce comité déposa un rapport examinant toutes les facettes de la question des fluorures. Une des recommandations du rapport était de suspendre, pour une durée illimitée, la fluoration des eaux de consommation. Cette recommandation fut acceptée par le ministre et un moratoire fut dès lors appliqué; toutefois, le changement législatif relevant les municipalités de l'obligation de fluorer leurs eaux de consommation ne fut entériné qu'en décembre 2001(Morin *et al.*, 2005; Comité aviseur sur la fluoruration des eaux de consommation, 1979).

Le Québec a fait bande à part sur la question de la fluoration des eaux de consommation dès 1980 par rapport au Canada ou aux États-Unis où une fluoration de ces eaux est généralisée (Morin *et al.*, 2005).

Entre temps, des nouvelles études scientifiques permettent aujourd'hui de mieux cerner les effets de l'ingestion d'eau fluorée sur la santé humaine. Ces nouvelles informations, notamment celles provenant d'organismes aussi respectés que le National Research Council aux États-Unis, ravivent le débat.

2.2 Problématique de la carie dentaire

> « *La fluoration de l'eau figure parmi les 10 plus grands accomplissements du 20e siècle en santé publique, au même titre que la vaccination, le contrôle des maladies infectieuses, le déclin de la mortalité due aux maladies cardiovasculaires et la lutte contre le tabagisme* » (Lévy *et al.*, 2007).

Cette citation se retrouve dans une grande variété de documents traitant de la fluoration des eaux de consommation, dont certains proviennent d'organismes réputés en santé publique, notamment l'Organisation mondiale de la santé, l'association dentaire américaine, le Center for Disease Control and Prevention et l'Institut national de santé publique du Québec. Mais, les temps changent et la science évolue. Est-il encore opportun d'affirmer, au XXIe siècle, que la fluoration de l'eau s'avère une mesure nécessaire et que ses bénéfices surpassent les inconvénients qu'elle entraîne? Pour répondre à cette question, il faut connaître le portrait global de la problématique. Celui-ci devrait permettre d'expliciter l'importance que représentait la carie dentaire lorsque la fluoration de l'eau a été introduite en comparaison avec la situation actuelle. Ce portrait pourrait aussi cerner l'évolution des techniques de prévention et de traitement de la carie, et illustrer les améliorations dans les habitudes d'hygiène bucco-dentaire des populations et les changements socio-économiques dont l'influence a pu avoir un effet sur la prévalence de la carie.

2.2.1 Évolution de la carie

Durant les décennies 40, 50 et le début des années 60, la problématique de la carie dentaire était omniprésente aux États-Unis, plus particulièrement chez les enfants. En effet, durant la Deuxième Guerre mondiale, près de 10 % d'Américains d'âge militaire n'ont pu être déployés parce qu'ils avaient moins de six dents naturelles par mâchoire. En 1958, la prévalence moyenne de la carie dentaire, incluant les dents cariées, extraites ou réparées, chez les enfants fréquentant les écoles rurales en Pennsylvanie, était 13,51 dents affectées par enfant. Durant les décennies 70 et 80, il y a eu une prévalence de 3,07 caries par enfant, soit une réduction de caries de 77 % par rapport à l'étude de 1958. Sans pouvoir établir de relation de cause à effet directe, il a été constaté que le seul changement majeur ayant pu affecter la prévalence de la carie dentaire aux États-Unis depuis les dernières 40 années a été l'utilisation croissante de fluorures (Horowitz, 2000). En 2005, aux États-Unis, les caries dentaires affectaient environ 6 % des enfants de un an, 22 % des enfants de deux ans, 35 % des enfants de trois ans, 48 % des enfants de

quatre ans, plus de 50 % des enfants de cinq à neuf ans, 77 % des enfants de 12 à 17 ans et 85 % des adultes de plus de 18 ans (Palmer *et al.*, 2005). Une étude de 1998 à 1999, portant sur la santé dentaire des Québécois, a conclu que 42 % des jeunes de cinq à six ans et 56 % des jeunes de sept à huit ans sont touchés par la carie dentaire (Lévy *et al.*, 2007). En comparaison avec l'Ontario et les États-Unis, les jeunes Québécois fréquentant l'école maternelle auraient 40 % plus de caries dentaires selon Lévy et *al.* (2007). Une façon d'évaluer la prévalence de caries d'une région est d'utiliser l'indice CAOD/CAOF, correspondant à la somme des dents (D) ou des faces dentaires (F), cariées (C), absentes (A) pour cause de caries, ou obturées (O). Au niveau d'une population, les indices individuels sont additionnés et divisés par le nombre de personnes composant l'échantillon (Hébert, 2009). En 1979, l'Organisation mondiale de la santé a recommandé un indice CAOD inférieur à 3 pour l'ensemble de la population. Une étude québécoise récente a montré que l'indice CAOD pour 34,8 % des jeunes de 11 à 12 ans était 4,4, ce qui indique que plus du tiers des jeunes Québécois de cette tranche d'âge n'atteignent pas les objectifs de l'OMS (Lévy *et al.*, 2007). La situation en Amérique du Nord n'est pas encore parfaite; cependant, il est évident que l'importance de la carie dentaire est fort différente de celle qui prévalait lorsque la fluoration de l'eau a été instaurée dans les années 40 et 50. Des prévalences de caries de 13,51 n'existent plus; ceci soutient une nette amélioration de la santé dentaire.

2.2.2 Prévalence de la carie dans le monde

La prévalence de la carie dentaire est souvent reliée à la situation économique dans le monde. Vers la moitié du vingtième siècle, plusieurs pays, dont l'économie était sous-développée, avaient une faible prévalence de caries. Une des raisons avancées est l'alimentation constituée principalement de mets indigènes. Les aliments contenant beaucoup d'hydrates de carbone n'étaient peu ou pas utilisés. Par ailleurs, des données épidémiologiques collectées à différents endroits de la planète durant les 30 dernières années ont indiqué un ralentissement important de la prévalence de la carie dentaire dans les pays où l'économie est développée et où la fluoration des eaux potables est présente. Les mêmes études ont noté un accroissement de la carie dentaire dans les pays dont l'économie est en développement, principalement en raison de changements alimentaires, entre autres le passage d'une nourriture indigène à une alimentation où l'apport en hydrates de carbone raffinés s'est fortement accru (Horowitz, 2000). La prévalence de caries dans ces pays est élevée; 90 % des caries n'y sont pas traités en raison du manque

de ressources. L'indice CAOD chez les enfants de 12 ans dans les pays à revenus faibles est 1,9 alors que celui des pays à revenus moyens est 3,3 et celui des pays à hauts revenus est 2,2 (Moynihan and Petersen, 2004). Une des sources premières de la carie dentaire semble être la mauvaise alimentation, notamment la consommation de sucres (Naidoo and Myburgh, 2007; Moynihan and Petersen, 2004). La solution qui est actuellement suggérée au problème n'est pas d'éliminer les sources, mais plutôt de les empêcher de faire trop de dommages en les contrôlant à l'aide de fluorures et en soignant avec des traitements dentaires coûteux; ces derniers ne sont cependant guère accessibles dans les pays en voie de développement.

2.2.3 Conséquences reliées à la carie

La carie dentaire constitue une pathologie unique plus fréquente chez les jeunes; elle ne peut être résolue avec l'utilisation d'antibiotiques (Horowitz, 2000). Il s'agit de la maladie infantile chronique la plus fréquente, soit cinq fois plus répandue que l'asthme et sept fois plus répandue que les allergies saisonnières. Elle affecte plus particulièrement les populations défavorisées et les minorités. Aux États-Unis, près de 85 % des caries aux dents permanentes chez les jeunes de cinq à 17 ans sont constatés chez une proportion de 25 % des enfants, soit chez les enfants provenant de minorités ou de ménages à bas revenus (Krol, 2003). La situation est sensiblement la même au Québec où le niveau de caries chez les populations de milieux économiques les plus faibles est 2,5 à 3 fois plus élevé que chez les populations de milieux économiques aisés (Lévy *et al.*, 2007; Krol, 2003). Aux États-Unis, la carie dentaire est la cause de 1,6 million de jours d'absence scolaire par année chez les jeunes et de 2,4 millions de jours d'absence au travail par année chez les adultes (Krol, 2003). Au Canada, il est estimé que 270 000 journées de travail et 100 000 journées d'école sont perdues annuellement en raison des absences reliées aux problèmes et traitements dentaires (Lévy *et al.*, 2007). Les conséquences de la carie dentaire sont multiples, soit un développement de mauvaises habitudes alimentaires consécutives à la présence de douleur, des problèmes d'élocution, une difficulté de concentration en classe, des problèmes d'estime de soi en lien avec l'apparence des dents, un manque de sommeil, une anxiété et une irritabilité. Les problèmes peuvent évoluer en maladies plus sérieuses comme des abcès et autres (Hébert, 2009; Krol, 2003). La carie dentaire constitue une destruction irréversible de l'émail ou de la dentine de la dent. Lorsqu'elle est réparée, il est connu que la dent devra subir éventuellement d'autres traitements. Chez les personnes âgées ou chez les gens atteints de maladies

graves, une dent cariée non traitée peut avoir des conséquences graves (Lévy *et al.*, 2007). La carie dentaire est sans contredit un fléau qui affecte le bien-être des populations aux niveaux suivants : physique, psychologique, social et économique. La recherche de solutions sécuritaires et efficaces pour contrôler ou éradiquer la maladie est non seulement souhaitable, mais nécessaire.

2.2.4 Méthodes de prévention de la carie

Les méthodes primaires de prévention ayant le potentiel d'éviter le déclenchement de la carie sont la fluoration de l'eau, la fluoration du sel, la fluoration du lait, les suppléments de fluorures, l'utilisation de rince-bouches, dentifrices et autres produits d'hygiène buccale avec fluorures, l'application topique professionnelle de fluorures, l'installation d'enduits dentaires obturateurs et le contrôle de la consommation de sucre. La seule méthode de prévention secondaire pour éviter l'aggravation de la maladie déjà présente est la restauration. L'action mécanique d'éliminer la plaque par le brossage des dents ou par l'utilisation de la soie dentaire ne fait pas partie des méthodes primaires de prévention de la carie, car les recherches n'ont pas explicité qu'une diminution de la plaque par ces méthodes a un effet sur la prévention de la carie (Moynihan and Petersen, 2004; Horowitz, 2000).

2.2.5 Carie et consommation de sucre

Une des méthodes de prévention les plus efficaces pour la prévention de la carie dentaire consiste à contrôler la fréquence de consommation et la quantité de sucre de la diète. Bien que 23 pays aient déjà instauré des objectifs de consommation de sucre pour leur population, il s'agit d'un facteur que plusieurs considèrent comme trop difficile à contrôler (Moynihan and Petersen, 2004; Horowitz, 2000). Plusieurs données concernant le lien entre prévalence de la carie dentaire et la diète ont montré que l'utilisation des fluorures pour contrer la carie dentaire est efficace, mais ne permet pas de l'éradiquer complètement. Lorsqu'une population consomme une eau fluorée de façon optimale selon les recommandations des autorités en santé publique et qu'elle utilise adéquatement les soins dentaires et les différentes options d'hygiène dentaire offerts, il existe encore un lien entre la prévalence de la carie dentaire et la consommation de sucre. En fait, ce dernier constitue le facteur le plus étudié et le plus important pour le développement de la carie dentaire. La prévalence de la carie est étroitement liée à la quantité de sucre disponible par personne. Chaque quantité de 25 g de sucre par jour peut induire une dent cariée,

obturée ou absente par enfant. Dans la plupart des pays où la consommation de sucre est inférieure à 18 kg/personne/année, les indices CAOD sont inférieurs à 3 et, dans plus de 78 % des pays où la disponibilité du sucre est inférieure à 10 kg/personne/année, les indices CAOD pour les enfants de 12 ans sont inférieurs à 2. Pour les pays où la disponibilité du sucre est supérieure à 44 kg/personne/année, l'indice de prévalence de carie dentaire est plus élevé. Plusieurs facteurs peuvent influencer la relation entre la consommation de sucre et la prévalence de la carie dentaire, notamment le type de sucre, la quantité et la fréquence d'ingestion, l'état nutritionnel global de la personne, l'exposition aux fluorures, la diète et l'état de la fonction salivaire. À part le lactose et le xylitol associés à une diminution de la carie dentaire, la plupart des monos et disaccharides (incluant le sucrose, le glucose, le fructose, les sirops de glucose ou de fructose et autres oligosaccharides synthétiques ou amidons hautement raffinés) ont la propriété d'induire la production d'acide par les bactéries buccales. La salive est le moyen de défense naturel pour se protéger contre la carie dentaire. Étant hyper saturée en calcium et en phosphate à pH 7, la salive favorise les dépôts de calcium permettant d'éviter la déminéralisation. Dans les cas où celle-ci survient, la salive favorise une reminéralisation immédiate de la lésion. Ceci n'est possible que si le pH dans la bouche demeure élevé assez longtemps, ce qui explique pourquoi les aliments sucrés ayant un haut niveau d'adhérence aux dents sont propices à la carie dentaire. La production de salive, généralement plus importante lors des repas, diminue le risque de carie lorsque les aliments sucrés sont consommés à ce moment plutôt que seuls entre les repas, car la plaque est plus rapidement neutralisée en raison de l'affluence de salive. La tendance à grignoter des aliments sucrés entre les repas et la fréquence de consommation des sucres sont donc des facteurs importants reliés à l'apparition de caries dentaires. Lorsque les sucres sont consommés quatre fois ou moins par jour, à l'heure des repas, le développement de caries dentaires s'avère beaucoup moins important. Certains autres facteurs de la diète ont aussi été associés à une diminution de la santé dentaire en favorisant l'érosion des dents, notamment la consommation de boissons gazeuses, de jus d'agrumes et d'aliments acides. Ces boissons et aliments, étant plus acides, ont la propriété d'abaisser le pH près des dents et de favoriser la déminéralisation de l'émail. Le lait et le fromage permettent de contrer ces effets et protègent les dents contre la déminéralisation. Le lait constitue un excellent substitut de salive pour les gens souffrant d'un manque de salive et les protège ainsi contre le risque accru de caries dentaires. La malnutrition, notamment les carences en protéines, en vitamines A et D, en zinc et en fer sont associées à l'hypoplasie de l'émail

dentaire et à l'atrophie des glandes salivaires. Elles ont un effet négatif sur la quantité et la composition de la salive, ce qui limite son effet protecteur sur la santé des dents. La consommation de fluorures permet de contrer les effets reliés à la consommation de sucre sur la prévalence de caries dentaires; toutefois, elle est incapable de les éliminer complètement. La courbe illustrant la relation entre la prévalence de caries et la consommation de sucre est en forme de « S ». Lorsque les niveaux de consommation sont bas (≤ 10 kg/personne/année ou ≤ 27,4 g/personne/jour), le niveau de caries est faible. Lorsque les niveaux de consommation de sucre dépassent 15 kg/personne/année ou 40 g/personne/jour, le niveau de carie augmente avec l'accroissement de la disponibilité du sucre. Lorsque les niveaux de consommation de sucre atteignent environ 35 kg/personne/année, il y a un plateau au niveau de la prévalence des caries et toute consommation supérieure n'a aucun effet sur la courbe. L'exposition d'une population aux fluorures change la courbe en augmentant le niveau où la consommation de sucre est sécuritaire. Les régions où l'eau de consommation est fluorée de 0,7 mg/L à 1 mg/L ou celles où 90 % des dentifrices disponibles sont fluorés ont une courbe dont la limite inférieure sécuritaire d'exposition aux sucres passe de ≤ 10 kg/personne/année à ≤ 15 kg/personne/année (Moynihan and Petersen, 2004).

2.2.6 Coûts associés à la carie

Aux États-Unis, les coûts reliés à la fluoration des eaux de consommation ont été évalués entre 0,68 $ et 3,00 $ par personne par année, selon le nombre de personnes dans la communauté (Palmer *et al.*, 2005). Au Québec, les coûts de la fluoration varient selon le travail requis pour instaurer la mesure, selon le produit employé pour fluorer et la taille de la municipalité. Les coûts d'installation d'équipement ou de remplacement d'équipement désuet peuvent être passablement élevés. Ils ont été évalués, à Richmond en 2010, à 274 724 $ pour la construction d'un nouveau bâtiment et, à Trois-Rivières en 2009, à 600 000 $ pour remplacer les équipements désuets; à Saguenay les coûts estimés en 2010 pour l'installation d'un système de fluoration seraient aux alentours de deux millions de dollars en plus de 90 000 $/année pour l'achat de fluorures. Le coût des produits utilisés pour fluorer varie selon le type de fluorures, soit environ 800 $/tonne métrique pour l'acide fluorosilique (liquide) et 3 800 $/tonne métrique pour le fluorure de sodium (poudre). La Ville de Dorval, dont la population se chiffre à environ 20 000 personnes, utilise 50 tonnes d'acide fluorosilique par année au coût d'environ 40 000 $ alors que la Ville de Pointe-Claire, dont la population est quatre fois plus importante, utilise environ 29

tonnes de poudre de fluorures par année au coût d'environ 110 000 $. Les coûts pour produire une eau fluorée sont environ 0,0023 $/$m^3$ pour la forme liquide de fluorures et 0,0033 $/$m^3$ pour la forme en poudre de fluorures (Lacroix *et al.*, 2010). Par contre, il a été évalué que, pour une communauté de 20 000 habitants, chaque dollar investi dans la fluoration permet une économie de 38,00 $ en coût de traitement de caries dentaires (Lévy *et al.*, 2007; Palmer *et al.*, 2005). La fluoration des eaux de consommation serait l'investissement le plus intéressant en termes de coût/efficacité pour prévenir la carie dentaire; le coût a été estimé 18 fois moins dispendieux que celui des dentifrices et 61 fois moins onéreux que celui des obturations (Naidoo and Myburgh, 2007). Les coûts associés au traitement des caries dentaires représentent, en moyenne, 5 % à 10 % de toutes les dépenses faites en santé (Moynihan and Petersen, 2004). Les coûts pour traiter les caries dentaires à la petite enfance aux États-Unis varient entre 1 000,00 $ et 3 000,00 $ par traitement et, lorsqu'une anesthésie générale est nécessaire, ils peuvent grimper jusqu'à 6 000,00 $ (Krol, 2003). Au Canada, chaque traitement dentaire effectué en milieu hospitalier sous anesthésie générale représente une dépense allant de 1 500 $ à 4 300 $ (Lévy *et al.*, 2007; Krol, 2003).

Les coûts directs reliés aux traitements dentaires pour la population canadienne ont été estimés à environ 9,9 milliards de dollars pour l'année 2006, ce qui représente la deuxième dépense plus importante effectuée pour des soins de santé après les dépenses reliées aux maladies cardiovasculaires. Ce montant inclut environ deux milliards de dollars par année pour les soins dentaires effectués au Québec (Lévy *et al.*, 2007).

2.2.7 Envers de la médaille

Les informations précédentes soutiennent que la problématique de la carie dentaire, sans être aussi importante que celle des décennies 40 et 50, prévaut toujours en Amérique du Nord et y affecte surtout les populations les plus vulnérables, soit les citoyens les plus pauvres ainsi que les minorités. Vu que les coûts associés à ce fléau ne cessent de grimper, il s'avère nécessaire de mettre en place des programmes efficaces permettant de réduire la prévalence de la carie dentaire dans la population. Cependant, il s'agit d'un seul côté de la médaille. En effet, certaines autres informations contradictoires concernant la prévalence de la carie dentaire et l'évolution de cette dernière au cours des années donnent un autre son de cloche au débat. De fait, des études font état d'une diminution de la carie dentaire depuis plusieurs décennies, partout dans le monde, quelque soit l'état de fluoration des eaux potables. Entre autres, au Canada, une étude réalisée par Statistique

Canada chez 5 000 Canadiens entre 2007 et 2009 montrait un taux de caries similaire entre l'Ontario (taux de fluoration de 60 %) et le Québec (taux de fluoration de 3 %) (Lacroix *et al.*, 2010). De plus, la figure 2.1 présente des données provenant de l'Organisation mondiale de la santé qui illustrent une tendance de diminution de la carie dentaire dans plusieurs pays, fluorant ou non leurs eaux potables. En outre, la figure 2.2 expose les résultats d'une étude faite en Nouvelle-Zélande, où l'eau potable est fluorée et où l'état de la santé dentaire de chaque enfant de cinq ans est noté depuis 1930. La courbe explicite une diminution claire de la prévalence de la carie dentaire bien avant l'introduction des mesures actuelles de fluoration des eaux et des dentifrices fluorés.

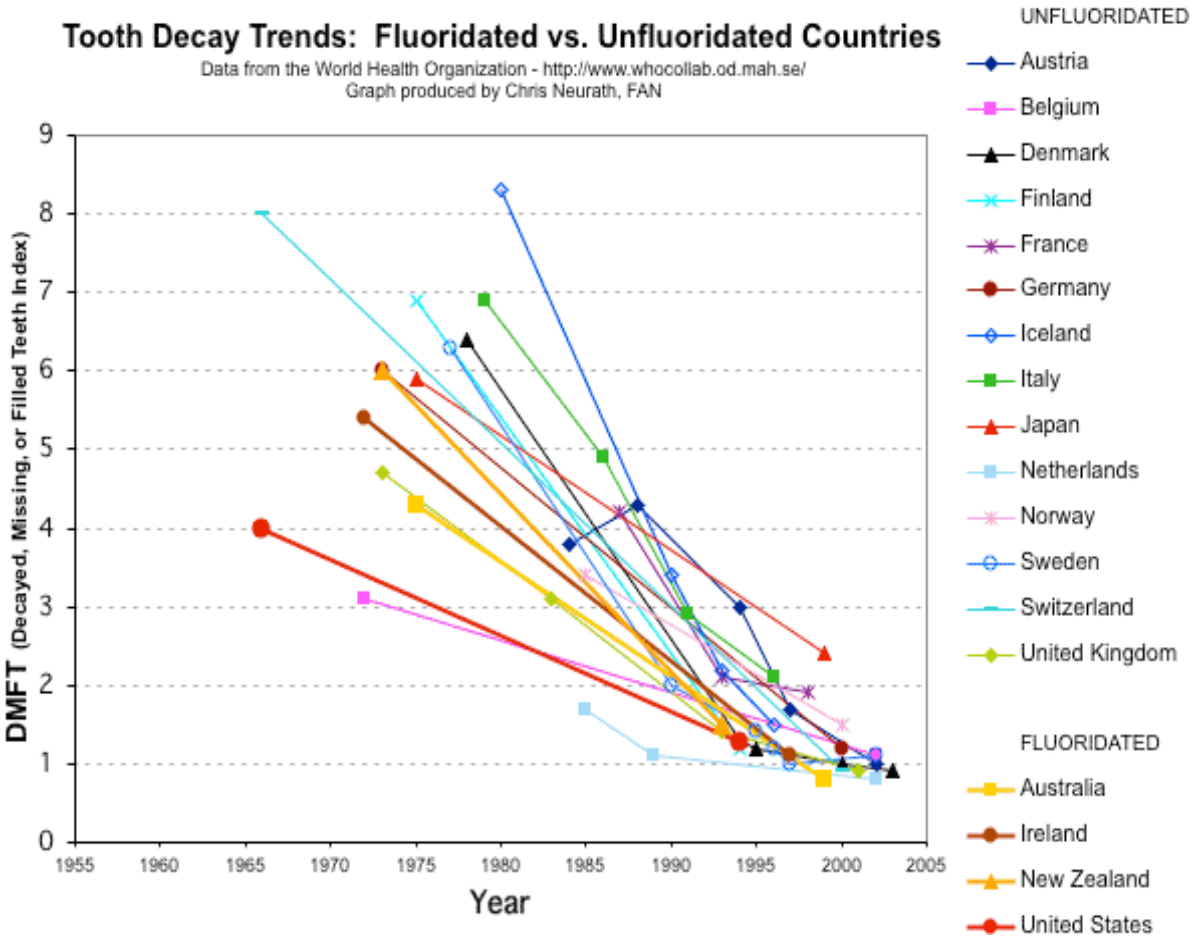


Figure 2.1 Tendance dans les niveaux de caries dentaires dans les pays fluorés versus les pays non fluorés. (tirée de Fluoride Action Network, 2011a)

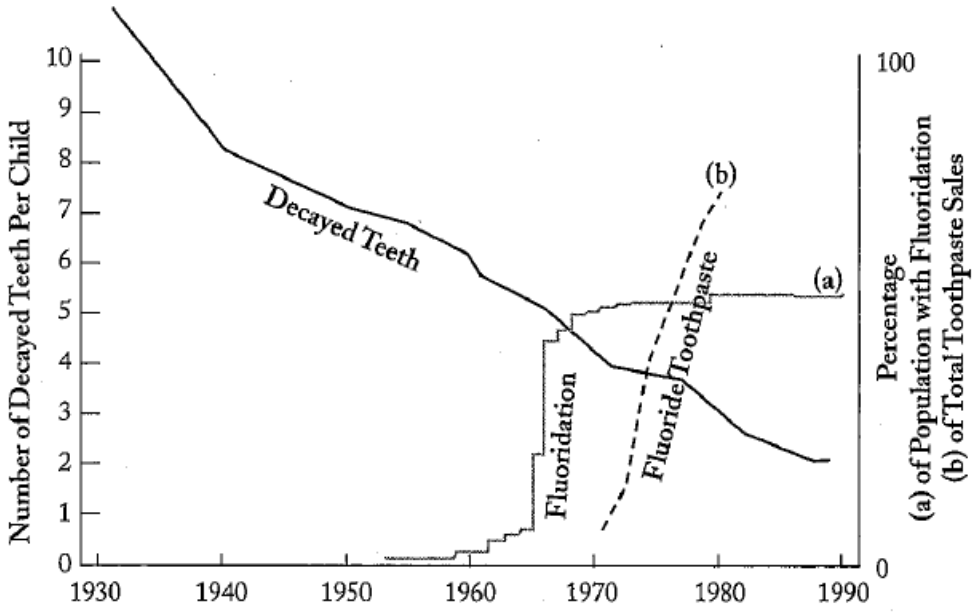


Figure 2.2 Prévalence de la carie chez les enfants âgés de cinq ans sur une période allant de 1930 à 1990, incluant l'introduction de la fluoration des eaux de consommation et l'introduction des dentifrices fluorés. (tirée de Connett et al., 2010, p.43)

Ces deux figures révèlent qu'une tendance à la baisse dans le nombre de caries dentaires est observée mondialement. Plusieurs raisons peuvent être avancées et soutenues pour expliquer cette tendance : meilleures habitudes alimentaires, meilleure hygiène bucco-dentaire, meilleur accès à un suivi en santé dentaire, exposition aux fluorures accrue par une variété de sources, amélioration de la situation sociale et économique des populations.

2.3 Utilisation des fluorures

Tous les étendues et cours d'eau sur la planète renferment une certaine concentration de fluorures. Ceux-ci, présents naturellement dans la croûte terrestre, sont libérés dans l'environnement par l'érosion, l'activité volcanique et des aérosols d'eaux marines. La migration des fluorures dans les eaux souterraines ou superficielles est en partie influencée par le pH. De fait, la migration des fluorures vers les eaux est élevée en milieu acide, minimale en milieu neutre et positivement corrélée au contenu en acide silicique de l'eau (Environment Canada, 2001).

L'eau de mer renferme 0,77 mg/L à 1,4 mg/L de fluorures. Les eaux douces contiennent aussi ces ions; ils sont surtout présents dans les eaux dures qui ont une quantité

importante de calcium et de magnésium (Goyer, 1981). Au Canada, les concentrations moyennes de fluorures naturellement présents dans les eaux douces sont 0,05 mg/L avec une variation de 0,01 mg/L à 11 mg/L. Ailleurs dans le monde, les concentrations aquatiques de fluorures sont très variables et souvent reliées au contexte géologique régional (Environment Canada, 2001). Un tableau indiquant les concentrations naturelles de fluorures dans les eaux de surface non polluées de différents pays est présenté à l'annexe 6.

La teneur de fluorures dans les eaux souterraines est influencée par les facteurs suivants : composition géologique du sous-sol, caractéristiques chimiques de l'eau, proximité d'industries émettrices de fluorures et activité volcanique. Au Canada, une grande variabilité est observée dans les concentrations de fluorures des eaux souterraines. Les plus hauts niveaux ont été constatés dans les Maritimes et dans la région de Gaspé où les concentrations sont parfois supérieures à 5 mg/L. Ailleurs dans le monde, notamment en Chine, les concentrations naturelles de fluorures dans les eaux souterraines sont élevées et de 1 mg/L à 20 mg/L (Environment Canada, 2001).

Le cycle des fluorures dans la biosphère est illustré dans la figure 2.3 suivante.

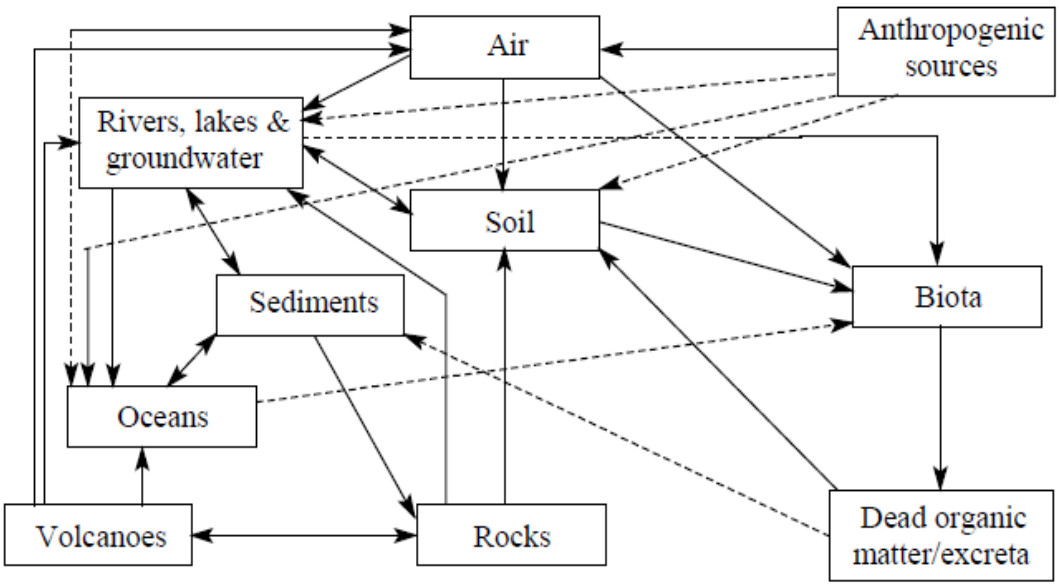


Figure 2.3 Le cycle des fluorures dans la biosphère. (tirée de World Health Organization, 2002, p.24)

Sachant que toutes les eaux de la planète sont naturellement fluorées à des degrés variés, la question n'est pas de déterminer s'il est acceptable que les eaux de consommation des humains contiennent des fluorures, mais plutôt d'évaluer la pertinence de rajouter des fluorures là où les concentrations naturelles en fluorures sont plus faibles. Rappelons à ce propos que les humains ne sont pas uniquement exposés aux fluorures par leur eau de consommation; ils y sont aussi exposés par l'utilisation d'une variété de produits d'hygiène dentaire fluorés, par les différents traitements aux fluorures effectués dans les cabinets de dentistes, par les suppléments de fluorures parfois prescrits, par l'air qu'ils respirent et par leur alimentation (Morin *et al.*, 2005). La pertinence d'ajouter des fluorures à l'eau de consommation doit donc être évaluée en considérant l'ensemble des sources de fluorures auquel les humains sont exposés ainsi que des facteurs déterminants, soit l'âge de l'individu, la diète, le poids, l'état de santé, le mode de vie et la quantité totale d'eau consommée.

2.3.1 Effet halo

Le fait qu'un produit de consommation, par exemple une boisson, soit préparé dans une municipalité où l'eau est fluorée et qu'il soit ensuite transporté et consommé dans une autre municipalité où l'eau n'est pas fluorée et vice versa, se nomme l'effet halo. Cet effet complique le travail de ceux qui doivent estimer la charge totale d'exposition aux fluorures des individus pour déterminer une concentration optimale de fluorures à maintenir dans les eaux municipales sans que des effets néfastes surviennent. Antérieurement, les promoteurs de la fluoration ont souvent soutenu leur position en citant des résultats d'études datant d'avant les années 60, période durant laquelle les seules sources de fluorures étaient l'eau et l'alimentation. Ils doivent maintenant tenir compte de l'effet halo dans leurs considérations (Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes *et al.*, 1997).

2.3.2 Exposition des humains aux fluorures par l'utilisation de dentifrices

Les premiers essais de fluoration des eaux de consommation datent des années 40. Depuis ce temps, de nombreuses villes dans le monde ont adopté cette mesure de santé publique et plusieurs études ont été faites pour en documenter les effets. Parmi ces études, certaines ont été effectuées pour déterminer les effets d'une cessation de la fluoration des eaux municipales sur la prévalence de la carie dentaire. Les résultats ont été surprenants. Non seulement une réduction de la carie dentaire a été observée durant

les années de fluoration, mais aussi, après la cessation de la mesure, la prévalence de caries est demeurée semblable et, dans certains cas, a même diminué (Pizzo *et al.*, 2007). De plus en plus d'études montrent une diminution de caries dentaires tant chez les populations recevant une eau fluorée que chez celles recevant une eau non fluorée (Marshall *et al.*, 2004; Rojas-Sanchez *et al.*, 1999). Plusieurs raisons peuvent être évoquées, surtout l'introduction de dentifrices additionnés de fluorures. Ces derniers ont été introduits sur le marché durant les années 50 par la compagnie Proctor and Gamble. Les effets, quant à eux, se sont fait sentir vers la fin des années 60 et au début des années 70. Plusieurs chercheurs affirment que l'effet anti cariogène primaire des fluorures est principalement dû à leur action topique à la surface des dents (Jones *et al.*, 2011; Pizzo *et al.*, 2007; Palmer *et al.*, 2005; Krol, 2003).

La plupart des pays européens n'ayant jamais instauré de systèmes de fluoration des eaux potables ont connu, dans la dernière décennie, une diminution de 75 % de la prévalence de carie dentaire. Ceci serait dû à l'exposition de la population à une gamme de produits d'hygiène dentaire fluorés incluant dentifrices, rince-bouches, suppléments, gels, mousses et vernis (Pizzo *et al.*, 2007). De récentes études ont comparé la prévalence de la fluorose dentaire chez des communautés ayant accès à une eau fluorée avec celle des communautés dont les eaux de consommation ne sont pas fluorées; les cas de fluorose dentaire sont en augmentation dans les deux cas, soit environ 15 % à 65 % dans les régions dont l'eau est fluorée et environ 5 % à 40 % dans les régions dont l'eau est non fluorée (Jackson *et al.*, 2002; Kiritsy *et al.*, 1996). Trois hypothèses ont été avancées pour expliquer ce fait, à savoir successivement l'effet halo affectant les communautés où l'eau est non fluorée (notamment au niveau de la consommation chez les jeunes de boissons provenant d'usines utilisant une eau fluorée), la préparation de lait maternisé à partir d'eau fluorée pour les personnes demeurant dans des communautés où l'eau est fluorée et l'utilisation à un âge précoce de dentifrice fluoré. Cette dernière hypothèse comporte trois volets, soit l'âge de l'introduction du brossage des dents avec un dentifrice fluoré, la fréquence du brossage et la quantité de dentifrice utilisée (Pendrys *et al.*, 2010; Palmer *et al.*, 2005; Marshall *et al.*, 2004; Horowitz, 2000; Pendrys, 2000; Rojas-Sanchez *et al.*, 1999; Pendrys and Katz, 1998; Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes *et al.*, 1997; Kiritsy *et al.*, 1996). Il semblerait que l'utilisation de dentifrice fluoré par des enfants en très bas âge augmente les risques de fluorose dentaire aux dents primaires et permanentes, en raison de leur incapacité à expectorer efficacement le dentifrice lors du brossage. Aux États-Unis, 98 % des

dentifrices contiennent des fluorures. Sachant que la plupart des tubes de dentifrice fluorés contiennent entre 1 000 mg/kg et 1 500 mg/kg de fluorures, que l'absorption de fluorures par ingestion de dentifrice additionné de fluorure de sodium ou de fluorophosphate de sodium approche 100 %, que l'ingestion de dentifrice est inversement proportionnelle à l'âge des enfants, que ces derniers utilisent rarement la quantité sécuritaire suggérée, soit la grosseur d'un pois, il est important que ce point nécessite une attention particulière dans le débat sur la fluoration des eaux municipales (Marshall *et al.*, 2004; Krol, 2003; Horowitz, 2000; Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes *et al.*, 1997). Les enfants de deux à trois ans avalent en moyenne de 28 % à 65 % de leur dentifrice, soit l'équivalent pour deux brossages par jour de 0,16 mg à 1,64 mg de fluorures. L'absorption de ceux-ci lors du brossage des dents procure entre 0,01 mg et 0,04 mg de fluorures/kg p.c./jour pour les jeunes enfants. Au Canada, la limite maximale recommandée pour les enfants est 0,07 mg/kg p.c. de fluorures totaux (toutes sources incluses) par jour. Lorsqu'une eau fluorée est ajoutée, des traitements aux fluorures divers et des fluorures absorbés par l'effet halo ou ailleurs dans l'alimentation, la limite risque d'être dépassée. La quantité totale de fluorures contenue dans un tube de dentifrice est suffisante pour causer la mort d'un jeune enfant. Il s'agit d'un produit très dangereux qui ne devrait pas se trouver à portée des jeunes enfants. Certains pays, notamment les Pays-Bas, offrent des dentifrices spéciaux pour les enfants, contenant moins de 500 mg/kg de fluorures; ces dentifrices ne sont pas encore disponibles en Amérique du Nord. La problématique des fluorures contenus dans les dentifrices est liée à leur concentration. Un brossage des dents effectué deux fois par jour avec une quantité de 0,1 g de dentifrice contenant 0,2 % de fluorures expose un enfant à 6,5 mg de fluorures, ce qui constituerait une dose toxique (Morin *et al.*, 2005).

2.3.3 Exposition des humains aux fluorures par l'utilisation de rince-bouches

Mis à part les dentifrices, d'autres produits d'hygiène bucco-dentaire contiennent des fluorures, notamment, les rince-bouches. Deux formules de rince-bouches existent : la première est destinée à un usage quotidien et comporte une concentration de 0,05 % de fluorure de sodium et la deuxième est destinée à un usage hebdomadaire avec une concentration de 0,2 % de fluorures. L'utilisation de rince-bouches fluorés représente un danger pour les enfants. Lorsqu'il est utilisé selon la façon recommandée, le volume de rince-bouche suggéré représente une quantité de 116 mg de fluorures. Si l'enfant avalait le rince-bouche au lieu de l'expectorer, ceci occasionnerait une intoxication aiguë avec

nécessité d'hospitalisation. Il a été montré que, lors de l'utilisation d'un rince-bouche, environ 6 mg de fluorures ne sont pas récupérés, ce qui suppose une absorption par la muqueuse buccale ou ingestion avec la salive (Morin *et al.*, 2005).

2.3.4 Exposition des humains aux fluorures par l'utilisation de soie dentaire, cure-dents et brosses à dents fluorées

La soie dentaire, les cure-dents et les brosses à dents imprégnés de fluorures sont d'autres produits ayant été créés dans le but d'assurer une certaine concentration de fluorures dans la salive à proximité des dents. En fait, l'utilisation de soie dentaire et de cure-dents fluorés permettrait d'obtenir une concentration en fluorures dans l'espace proximal entre les dents dix fois plus élevée qu'aux endroits non traités pour une période d'environ 60 minutes. Les cure-dents, qui contiennent environ 0,8 mg de fluorures par cure-dent, libèrent plus de fluorures que la soie dentaire, soit environ 0,15 mg et davantage s'ils sont mâchouillés. Suivant leur fréquence d'utilisation, ces deux produits peuvent contribuer de façon importante à l'apport total en fluorures des individus. La brosse à dents fluorée contient 9,048 mg de fluorures incorporés dans les soies. Les fluorures sont libérés progressivement pendant 28 jours et la libération est plus importante au début que vers la fin. Actuellement, aucune donnée ne permet de déterminer l'apport de fluorures provenant de l'utilisation de cette brosse (Morin *et al.*, 2005).

2.3.5 Exposition des humains aux fluorures lors de traitements professionnels effectués dans des cabinets de dentistes

Des gels et mousses fluorés sont appliqués pour des traitements préventifs dans les cabinets de dentistes. Ils requièrent l'utilisation de gouttières et comportent des concentrations de 12 300 mg en ions fluorures/kg. Ils sont offerts dans différentes saveurs de façon à inciter les enfants à s'y soumettre. Des gels moins forts pour usage à domicile existent également avec une concentration de 2 000 mg de fluorure de sodium/kg. Leur utilisation se fait, directement sur la brosse à dents à raison d'une fois par semaine (Morin *et al.*, 2005).

Dans la catégorie des traitements aux fluorures effectués dans les cabinets de dentistes, il y a l'apport de fluorures par l'entremise des matériaux de restauration dentaire (amalgame, porcelaine, composite). Les composés fluorés sont libérés progressivement dans la salive, la dentine, la pulpe de la dent et dans la circulation sanguine et peuvent

atteindre, durant les 24 heures suivant l'application, des concentrations de 13,3 mg/L dans la salive. Cette libération diminue avec le temps (Morin *et al.*, 2005). Lévy, dentiste-conseil à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), a indiqué que les seuls matériaux de restauration comportant des fluorures au Québec, sont les ciments au verre ionomère qui sont généralement utilisés pour les restaurations temporaires, mais peuvent parfois être employés de façon permanente lorsqu'ils sont appliqués à des endroits non soumis à l'effet abrasif associé à la mastication (Lévy, 2011).

L'application de scellants et de vernis fluorés dans les cabinets de dentistes constitue une autre source de fluorures à laquelle est exposée la population. Les scellants sont adoptés pour protéger les puits et les fissures et les vernis pour traiter des surfaces lisses. Leur concentration en fluorures varie de 7,6 mg/L à 22,6 mg/L de scellants ou de vernis. Ces produits libèrent des fluorures de façon continue, notamment lorsqu'ils sont exposés à l'effet abrasif de la mastication et de certains aliments. Les fluorures sont libérés dans la salive qui est avalée et aussi dans l'émail; dans ce dernier, les concentrations peuvent atteindre 2,1 mg/kg pendant les 37 heures suivant l'application et pénétrer jusqu'à deux microns de profondeur dans l'émail (Morin *et al.*, 2005). La quantité de fluorures à laquelle un individu peut être exposé risque d'être élevée lorsque plusieurs restaurations sont effectuées dans un court délai suivant un examen dentaire où il y a eu un traitement aux fluorures et des applications de vernis ou de scellants.

2.3.6 Exposition des humains à des suppléments de fluorures

L'utilisation de suppléments de fluorures a débuté vers la fin des années 40. La raison de cette pratique était d'offrir une protection contre la carie dentaire là où la fluoration de l'eau n'était pas disponible. Au début, les suppléments étaient prescrits aux enfants et femmes enceintes sans prendre en compte les autres sources de fluorures auxquelles les individus étaient exposés. Au cours des années, de nombreuses tables de posologie ont été recommandées par diverses associations (dentaire, pédiatrique, santé publique); les concentrations variaient avec l'âge des individus. À plusieurs reprises, ces recommandations ont été modifiées, notamment lorsque le lien s'est précisé entre l'exposition à de grandes quantités de fluorures en bas âge et l'incidence ultérieure de fluorose dentaire (Morin *et al.*, 2005). Une des difficultés rencontrées est l'évaluation du niveau d'exposition total à des produits fluorés des individus; par exemple, l'eau à la maison peut ne pas être fluorée, mais celle à la garderie ou à l'école peut l'être ou l'eau à la maison peut ne pas être fluorée, mais l'individu consomme peut-être des boissons faites

à partir d'eau fluorée ou des aliments contenant beaucoup de fluorures, etc. (Palmer *et al.*, 2005). À ce jour, les tables de posologies sont différentes entre les associations; toutefois, la plupart s'entendent sur la nécessité de quantifier adéquatement toutes les sources de fluorures auxquelles sont exposés les individus avant de décider de prescrire un supplément et sur l'importance de ne pas supplémenter les enfants de zéro à six mois. La table de posologies la plus récente en l'an 2000, qui est recommandée par l'association dentaire canadienne, préconise l'utilisation de suppléments de fluorures uniquement pour les enfants à risque, selon un dosage proportionnel au poids et suivant l'apparition de la première dent permanente, soit vers l'âge de six ans (Morin *et al.*, 2005). La table de posologies est présentée à l'annexe 7.

L'exposition des humains aux produits fluorés s'est grandement accrue dans les dernières décennies, l'effet halo est également plus important étant donné l'immense étendue des marchés où sont distribués les produits d'alimentation, l'accès à des traitements dentaires est plus facile et l'amélioration des habitudes d'hygiène dentaire est notable. Tous ces facteurs contribuent à la diminution de la prévalence de la carie dentaire dans plusieurs pays industrialisés. L'utilisation de dentifrices fluorés a entraîné une réduction de 24 % à 26 % de la prévalence de la carie dentaire, l'exposition à des traitements aux gels et aux mousses fluorés a aussi mené à une diminution de 26 % à 28 % de la prévalence de la carie dentaire et l'application de vernis et de scellants a abaissé de 46 % la prévalence de la carie dentaire là où elle est utilisée. La régression de la prévalence de carie dentaire reliée à la fluoration des eaux de consommation, compte tenu de toutes les autres sources d'exposition aux fluorures et mesures de prévention accessibles, serait d'environ 15 % actuellement (Pizzo *et al.*, 2007). Vu l'accroissement important de l'exposition aux fluorures à une variété de sources reliées à l'hygiène dentaire, il est opportun de s'interroger sur la pertinence de rajouter une exposition supplémentaire, soit celle de l'eau de consommation.

2.3.7 Exposition des humains aux fluorures atmosphériques

Au Canada et aux États-Unis, les concentrations de fluorures détectées dans l'air ambiant en région urbaine ou rurale varient de 0,01 µg/m^3 à 1,65 µg/m^3; 75 % sont sous la forme de fluorure de sodium (Prystupa, 2011). Le système respiratoire humain absorbe très rapidement les fluorures atmosphériques sous forme de gaz, de vapeurs et de poussières. L'exposition humaine aux fluorures atmosphériques implique généralement des populations vivant à proximité d'entreprises émettrices de fluorures ou les travailleurs au

sein de ces usines (Goyer, 1981). Les concentrations à proximité d'usines émettrices dépassent 1 µg/m^3. Antérieurement, des teneurs observées à proximité de certaines usines canadiennes ont même atteint des valeurs variant de 2,5 µg/m^3 à 14 000 µg/m^3. Au milieu des années 90, près de 5 400 tonnes métriques de fluorures auraient été émises dans l'atmosphère canadienne; 75 % de cette quantité provenaient des entreprises productrices d'aluminium. Au Canada, les quantités de fluorures absorbées par inhalation pour une majorité d'individus sont d'environ 0,01 µg/kg p.c./jour. Pour un enfant de 10 kg, cela équivaut à environ 0,1 µg/jour et pour un adulte de 70 kg à environ 0,7 µg/jour. La limite sécuritaire suggérée par l'Occupational Safety and Health Administration est 2,5 mg/m^3 (cité par Prysupta J., 2011) pour une exposition aux fluorures dans le milieu de travail (cette concentration équivaut à une absorption d'environ 16,8 mg/jour pour une journée de huit heures, soit 0,24 mg/kg p.c./jour pour un adulte de 70 kg). Compte tenu de cette limite sécuritaire, l'exposition actuelle dans l'air ambiant au Canada ne cause pas de risques pour la santé humaine. À titre de comparaison, pour un individu adulte de 70 kg, l'exposition aux fluorures d'une forte consommation de cigarettes est d'environ 0,8 mg/jour, soit 0,01 mg/kg p.c./jour (Prystupa, 2011). Les fluorures atmosphériques peuvent aussi être absorbés chez les humains via d'autres voies d'absorption, notamment l'alimentation. En effet, les fluorures atmosphériques peuvent être déposés au sol ou dans les cours d'eau et être ensuite transférés à la végétation et aux biotes terrestre et aquatique. Ils sont également transportés et transférés dans l'environnement via des eaux de pluie et la neige (World Health Organization, 2002). Des fluorures sont présents dans toutes les espèces végétales à des concentrations de 10 mg/kg p.s. Dans les régions avoisinant les entreprises émettrices de fluorures, ces valeurs peuvent augmenter considérablement. Dans certains cas, elles peuvent dépasser les normes établies pour la protection du bétail et affecter toutes les autres espèces animales se nourrissant des végétaux contaminés (Goyer, 1981). Un tableau indiquant les concentrations atmosphériques de fluorures dans l'air ambiant est présenté à l'annexe 8 et un tableau exposant les teneurs atmosphériques de fluorures dans l'air à proximité d'industries émettrices de fluorures est fourni à l'annexe 9.

2.3.8 Exposition des humains aux fluorures de boissons

Les boissons préparées à partir d'eau fluorée constituent la catégorie de produits alimentaires ayant l'impact le plus important sur l'apport total en fluorures des individus. Il a été montré que 80 % des fluorures alimentaires proviennent de l'eau du robinet, des

eaux embouteillées, des boissons préparées avec de l'eau fluorée (café, thé, etc.), des boissons carbonisées, de la bière et des jus et boissons prêts à consommer (Palmer *et al.*, 2005). Les boissons peuvent fournir un apport en fluorures équivalent et même supérieur à celui provenant d'une eau fluorée, notamment pour les jus concentrés congelés préparés avec de l'eau fluorée. Les concentrations en fluorures des jus varient également avec la sorte de fruit utilisée. Le jus de raisin blanc, par exemple, constitue le jus dont la concentration en fluorures est la plus élevée; elle varie de 0,15 mg/L à 2,8 mg/L. Ceci est possiblement dû à l'utilisation d'insecticides à base de fluorures dans la culture du raisin puisque la plupart de ces jus sont fabriqués sans apport d'eau. À l'opposé, les jus de raisin produits après l'enlèvement de la pelure ont des quantités non détectables de fluorures. Des quantités élevées de fluorures ont également été décelées dans le thé et les jus de prunes, de canneberge, de poire, de raisin rouge, de cerise et de pomme (Kiritsy *et al.*, 1996). La consommation de jus et de boissons carbonisés est un facteur de risque important dans l'incidence de fluorose dentaire tant chez les membres des communautés ayant accès à une eau fluorée que chez ceux vivant dans des communautés où l'eau est non fluorée (Kiritsy *et al.*, 1996). Un tableau exposant les quantités de fluorures dans les différentes variétés de jus de fruits est présenté à l'annexe 10. La consommation de thé peut également apporter des teneurs élevées de fluorures chez les individus. Les feuilles de thé ont la propriété d'accumuler de très grandes quantités de fluorures provenant du sol et renferment 98 % des fluorures contenus dans la plante qui peut accumuler plus de 400 mg/kg p.s. en fluorures (Hallanger Johnson *et al.*, 2007; Morin *et al.*, 2005). La fluorose osseuse associée à une surconsommation de thé est rare; elle est surtout observée dans les pays où les gens consomment des variétés de thé de basse qualité. De plus, la consommation journalière de quatre tasses et plus de thé entraîne un accroissement de la densité osseuse et une diminution de la qualité des os, sans toutefois présenter de différence au niveau de la prévalence des fractures. Pour les personnes à risque, notamment celles souffrant d'insuffisance rénale, la consommation de thé devrait se faire avec modération afin d'éviter une surexposition aux fluorures (Hallanger Johnson *et al.*, 2007).

2.3.9 Exposition des humains aux fluorures des aliments

Les fluorures sont détectés dans tous les aliments, au moins à l'état de trace (World Health Organization, 2002). Leurs concentrations dépendent de plusieurs facteurs tels la prédisposition naturelle de l'aliment à concentrer les fluorures, la proximité de la culture

avec des usines émettrices de fluorures et le fait qu'un aliment transformé soit préparé avec de l'eau fluorée ou nécessite l'ajout d'eau fluorée pour être consommé. Il est difficile de chiffrer les concentrations de fluorures contenues dans les aliments, car elles peuvent varier selon le producteur ou la compagnie qui les transforme, l'endroit d'où ils proviennent, la façon dont ils ont été préparés, les engrais et pesticides utilisés dans leur culture, etc. Il y aurait 17,7 mg/kg de fluorures dans la betterave, 6,92 mg/kg dans le céleri, 1,11 mg/kg dans les épinards, 19,3 mg/kg dans le saumon, etc. (Morin *et al.*, 2005). Des aliments contenant des grandes concentrations en fluorures sont les préparations pour bébé à base de poulet avec une concentration en fluorures de 8,38 µg/g procurant un apport de 0,48 mg pour un enfant consommant 60 mg de préparation par jour (Prystupa, 2011). D'autres produits renferment également de grandes concentrations de fluorures, notamment les poissons en conserve dont les concentrations en fluorures peuvent atteindre 4,57 mg/kg, les fruits de mer en conserve avec 3,36 mg/kg, le veau cuit avec 1,23 mg/kg, les céréales de blé cuites avec 1,02 mg/kg et les céréales qui sont transformées à partir d'usines où l'eau est fluorée, et qui renferment des concentrations de fluorures variant de 3,8 mg/kg à 6,3 mg/kg (Fluoride Action Network, 2011b). Un tableau indiquant les teneurs de fluorures dans quelques aliments est présenté à l'annexe 11. La nourriture cuite dans une eau fluorée peut également constituer une source non négligeable de fluorures (Palmer *et al.*, 2005; World Health Organization, 2002). Les aliments cuits contiendraient non seulement la concentration de fluorures de l'eau utilisée pour la cuisson, mais aussi, dans certains cas, un apport en fluorures des aliments (Morin *et al.*, 2005; Jackson *et al.*, 2002). La cuisson d'aliments avec des outils de cuisine composés de téflon contribuerait à augmenter la concentration de fluorures des aliments (Fluoride Action Network, 2011b). Un adulte consommant une eau fluorée à 1 mg/L absorberait en moyenne via son alimentation de 2 mg à 5 mg de fluorures. De plus, si l'exposition aux fluorures par l'alimentation des humains en 1937 est comparée à celle d'aujourd'hui, les quantités ingérées actuellement sont augmentées par un facteur variant entre 3 et 10 alors que celles absorbées par toutes les autres sources environnementales auraient doublé ou triplé durant la même période (Morin *et al.*, 2005). En général, les concentrations en fluorures dans les aliments ne sont pas considérablement augmentées par l'addition d'engrais super phosphatés dans leur culture vu le faible coefficient de transfert de leurs fluorures entre le sol et les plantes. Toutefois, une récente étude a mentionné que des végétaux exposés à 537 kg d'engrais phosphatés durant plus de 59 ans avaient des concentrations en fluorures de 22 mg/kg comparativement à des végétaux

non exposés dont les concentrations étaient 11 mg/kg (World Health Organization, 2002). Cela suggère une prédisposition particulière pour certaines plantes à absorber des fluorures et souligne également l'importance de la condition du sol dans la problématique. Les fluorures contenus dans les eaux d'irrigation y sont généralement en concentrations relativement faibles (<3,1 mg/l) et ne devraient pas influencer la concentration des fluorures des plantes exposées. Cependant, la réalité peut être très différente selon l'espèce végétale en cause, le type de sol et la concentration de fluorures dans l'eau et dans le sol. Il faut aussi prendre en considération le fait que les fluorures s'accumulent davantage dans les feuilles d'une plante que dans les fruits; ceci prédispose les légumes à feuilles à accumuler davantage de fluorures que les légumes à fruits ou les légumes à tiges. La culture de végétaux à proximité d'usines émettrices de fluorures représente aussi un facteur de grande importance pour les concentrations de fluorures trouvées dans les aliments. Certaines études ont montré une multiplication des concentrations de fluorures dans les plantes par 100, notamment au Japon ou en Angleterre (World Health Organization, 2002). Les parents de jeunes enfants et les personnes à risque devraient être informés de tous ces faits de façon à pouvoir prendre des décisions d'achat éclairées et choisir des denrées ou des modes de cuisson ayant le moins d'impact sur leur apport total de fluorures ingérés.

2.3.10 Exposition des humains aux fluorures des préparations lactées pour nourrissons

Le lait maternel contient des concentrations très faibles de fluorures, soit 0,005 mg/L à 0,010 mg/L. Le lait de vache comporte également des concentrations très basses de fluorures, soit de 0,03 mg/L à 0,06 mg/L de fluorures (Marshall *et al.*, 2004). Les préparations pour nourrissons en poudre élaborées avec une eau fluorée sont des sources évidentes de fluorures pour les enfants en bas âge. Elles sont soupçonnées d'être à l'origine de nombreux cas de fluorose dentaire chez les enfants ayant été nourris à partir de ces préparations (Palmer *et al.*, 2005). Avant 1979, les préparations de lait maternisé comportaient des concentrations variables et souvent élevées de fluorures, notamment les formules prêtes à être consommées. En 1979, les manufacturiers ont volontairement accepté de réduire les concentrations de fluorures dans leurs produits; ultérieurement, aucun lien n'a été décelé entre la fluorose dentaire et la consommation de laits maternisés prêts à être consommés chez les enfants nés après 1979. Les préparations pour nourrissons faites à partir de formules concentrées ou en poudre renferment au départ de

faibles concentrations de fluorures; toutefois, lorsqu'elles sont reconstituées avec de l'eau fluorée, les concentrations de fluorures des préparations augmentent parfois au-delà de la limite optimale recommandée et représentent un risque pour le développement ultérieur de fluorose dentaire (Pendrys and Katz, 1998). Dans le cas des préparations pour nourrissons avec du lait de soya, les concentrations de fluorures sont encore plus élevées (Palmer *et al.*, 2005). Les concentrations de fluorures dans les préparations prêtes à être consommées aux États-Unis varient de 0,1 mg/L à 0,2 mg/L et procurent, pour une consommation moyenne de 860 ml de lait par jour, une quantité d'environ 0,09 mg à 0,17 mg de fluorures par jour. Au Canada, les concentrations de fluorures dans les préparations prêtes à être consommées varient de 0,15 mg/L à 0,3 mg/L. Les préparations en poudre ou concentrées, lorsque reconstituées, donnent aux nourrissons des quantités de fluorures variant de 0,1 mg à 1,0 mg de fluorures par jour (Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes *et al.*, 1997). Pour ces raisons, il est de plus en plus recommandé, afin d'éviter les cas éventuels de fluorose dentaire, de promouvoir l'allaitement prolongé ou de préparer les formules lactées à partir d'eau embouteillée à faible concentration de fluorures (Prystupa, 2011; Marshall *et al.*, 2004; Pendrys, 2000; Pendrys and Katz, 1998).

2.3.11 Exposition des humains aux fluorures du lait et du sel fluorés

Le lait et le sel fluorés sont utilisés dans certains pays en remplacement de la fluoration des eaux. Une des objections des populations à la fluoration des eaux de consommation est l'obligation d'y participer et l'absence de choix. La fluoration du sel permet aux gens de choisir. La fluoration du sel apporte les mêmes avantages que la fluoration de l'eau en termes d'efficacité. Les concentrations de fluorures dans le sel fluoré dans le monde varient entre 90 mg/kg et 350 mg/kg. La concentration optimale a été déterminée à 250 mg/kg. La fluoration du lait a été instaurée dans certains pays afin de procurer les avantages de la fluoration sans exiger de changements de comportements de la part de la population. Elle est souvent pratiquée dans les régions rurales où la fluoration de l'eau n'est pas possible. Dans plusieurs cas, des programmes spéciaux sont instaurés et offrent du lait en poudre gratuit pour les enfants de la naissance à deux ans ou des berlingots de lait journaliers à tous les enfants directement dans les classes à l'école (Jones *et al.*, 2011; Prystupa, 2011).

2.3.12 Charge totale d'exposition des humains aux fluorures

La charge totale découlant de l'exposition aux fluorures inclut toutes les sources mentionnées précédemment, mais doit également prendre en considération les variations dans l'exposition en lien avec le mode de vie, la culture, l'âge, le poids et l'état de santé des individus (Prystupa, 2011). Il est donc très difficile d'évaluer l'apport total en fluorures chez des individus compte tenu de la variabilité de tous les facteurs impliqués. Santé Canada (2007) a recommandé une dose journalière maximale tolérable de fluorures de 122 µg/kg p.c./jour. L'institut national de santé publique du Québec a déterminé que l'exposition totale des nourrissons allaités exclusivement variait de 0,5 µg/kg p.c./jour à 2,6 µg/kg p.c./jour en fluorures alors que l'exposition des nourrissons nourris à partir de préparations lactées variait de 5 µg/kg p.c./jour à 69 µg/kg p.c./jour en fluorures. La tranche d'âge de Canadiens étant la plus exposée aux fluorures, soit à 106 µg/kg p.c./jour, est celle des enfants entre sept mois et quatre ans ayant accès à une eau fluorée à 0,7 mg/L. Un tableau présenté à l'annexe 12 montre l'apport quotidien total de fluorures dans la population canadienne selon l'Institut national de santé publique du Québec (2011). Les valeurs sont toutes en deçà de 122 µg/kg p.c./jour qui est la dose maximale recommandée par Santé Canada (2007) selon l'INSPQ (2011). Les valeurs sont calculées à partir de moyennes de consommation et d'exposition aux fluorures et impliquent une eau fluorée à 0,7 mg/L pour les eaux fluorées et à 0,1 mg/L pour les eaux non fluorées. Les suppléments de fluorures ne sont pas inclus dans ces valeurs; ils peuvent être consommés par les enfants faisant partie de la catégorie d'âge de sept mois à quatre ans, catégorie dont l'apport total du groupe exposé à une eau fluorée est assez proche de la limite supérieure recommandée par Santé Canada. La consommation d'eau potable est calculée par rapport au poids et selon les recommandations de Santé Canada, ce qui ne permet pas de tenir compte des gens qui consomment beaucoup d'eau tels les athlètes, les militaires, les personnes occupant un travail exigeant physiquement et celles souffrant de certaines conditions comme le diabète. Un tableau exposé à l'annexe 13 indique les quantités d'eau ingérées ainsi que les quantités de fluorures associées pour différentes catégories de personnes ayant des grandes consommations d'eau. Il est évident que les limites recommandées par Santé Canada sont dépassées pour plusieurs de ces personnes (Prystupa, 2011).

2.4 Points de vue des intervenants

Le débat sur la fluoration des eaux municipales existe depuis longtemps, soit depuis l'époque où ont été effectués les premiers essais de fluoration des eaux municipales dans les années 40. Il y a de la résistance à ce sujet, car plusieurs intervenants considèrent cette mesure comme une obligation pour toute la population d'ingérer un médicament de prévention contre la carie, sans tenir compte du consentement des gens. Certains ont aussi exprimé des contestations de devoir payer l'achat d'un système de traitement de l'eau pour défluorer cette dernière, d'acheter de l'eau embouteillée non fluorée et de subir des dommages physiques reliés à la surexposition aux fluorures. Les cinq prochaines sections donnent une brève description de la position soutenue par les différents groupes participant au débat.

2.4.1 Point de vue des associations dentaires

L'Association dentaire canadienne (ADC) a les activités suivantes : la transmission de savoir concernant la pratique de la dentisterie, le soutien clinique et la défense des intérêts de la profession. Depuis 2011, l'ADC est devenue une fédération des différentes associations dentaires provinciales et territoriales du Canada. Ses membres sont des associations membres. Toutefois, l'Association des chirurgiens dentistes du Québec (ACDQ) a choisi de ne pas adhérer à l'ADC; par conséquent, les dentistes québécois qui désirent adhérer à l'ADC peuvent le faire à titre de membres affiliés individuels et doivent par conséquent payer les frais qui y sont afférents. Mayer, coordonnatrice des communications pour l'ADC, a été contactée et a indiqué que la position de l'ADC concernant la fluoration des eaux de consommation était la suivante.

- La fluoration est un moyen sûr et efficace pour prévenir la carie à un coût modeste et permet de protéger tous les membres de la communauté;
- Le taux optimal de fluoration consiste à trouver un juste équilibre entre les bienfaits associés à la prévention de la carie dentaire et les risques de fluorose dentaire;
- Les études scientifiques n'ont décelé aucun lien crédible entre la fluoration des eaux de consommation et des effets nocifs sur la santé;
- Les enfants de zéro à trois ans risquent de développer des caries dentaires et doivent se faire brosser les dents par un adulte en utilisant une quantité de dentifrice fluoré de la taille d'un grain de riz;

- Les enfants de trois à six ans devraient se brosser les dents avec l'aide d'un adulte en utilisant une quantité de dentifrice fluoré de la taille d'un petit pois;
- Si des suppléments de fluorures sont prescrits, l'ingestion quotidienne totale de fluorure chez les jeunes enfants, toutes sources confondues, ne devrait pas dépasser 0,05 mg à 0,07 mg de fluorures par kg de poids corporel pour minimiser les risques de fluorose dentaire.
- L'ADC croit qu'il est nécessaire de poursuivre la recherche scientifique sur l'exposition aux fluorures sur la santé afin de s'assurer d'une utilisation efficace et sécuritaire.

(L'Association dentaire canadienne, 2011; Mayer, 2011)

L'Association des chirurgiens dentistes du Québec a été contactée et a indiqué que l'information concernant la fluoration des eaux de consommation serait disponible auprès de l'Ordre des dentistes du Québec. Cet Ordre a été contacté et a indiqué que sa position était la même que celle de l'Institut national de santé publique du Québec, soit une position en faveur de la fluoration des eaux de consommation (Ordre des dentistes du Québec, 2008).

2.4.2 Point de vue des décideurs

Le point de vue des décideurs correspond généralement au point de vue des autorités en santé publique. Beaulieu, chimiste superviseure aux laboratoires physicochimiques de la Ville de Québec, a communiqué par téléphone que la Ville de Québec ne fluorait plus ses eaux de consommation depuis 2007 à la suite d'un moratoire ayant été établi à la demande des citoyens et attendait des recommandations claires de la part des autorités de la santé publique à ce sujet. Les citoyens étaient contre le fait que toute une population soit obligatoirement exposée aux fluorures pour prévenir la carie dentaire. La situation est la même à plusieurs endroits au Québec, notamment à Montréal, Longueuil, Trois-Rivières, Lévis, Sainte-Marie-de-Beauce, Saguenay et Beaupré. Plusieurs de ces villes sont en période de réflexion ou en moratoire avant des nouvelles avancées scientifiques sur la question et attendent des directives strictes de la part des gouvernements avant d'imposer la mesure à leurs citoyens (Lacroix *et al.*, 2010).

2.4.3 Point de vue des organismes gouvernementaux

L'organisme gouvernemental québécois qui est impliqué au niveau des décisions concernant la fluoration des eaux de consommation est l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Lévy, dentiste-conseil pour l'Institut, a été contacté en 2011 et a fourni certaines précisions quant à la position de l'Institut à ce sujet.

La position de l'INSPQ est neutre pour l'aspect éthique relié à la question de la fluoration des eaux de consommation. Toutefois, concernant les effets d'une telle pratique sur la santé de la population, la position de l'INSPQ est positive si les effets sur la santé sont favorables et négative s'ils sont défavorables. Évidemment, décider si un effet est favorable ou défavorable ne peut être fait qu'en se basant sur des études scientifiques crédibles sur le sujet. Or, les résultats des différentes études sont souvent contradictoires à un point tel que le débat sur la fluoration semble avoir en quelque sorte dévié pour devenir un débat sur la qualité des études scientifiques, la valeur de leurs données, la validité de leurs choix méthodologiques, la qualité de leur analyse et la réputation de leurs auteurs. Un rapport du National Research Council (NRC) en 2006 indique que l'exposition à une eau fluorée chez les garçons entre six et huit ans augmente de 500 % les chances que ces derniers puissent développer un ostéosarcome vers l'âge de 20 ans. Vu que ces informations sont préoccupantes pour la santé des Québécois, l'INSPQ a décidé de faire sa propre recherche sur le sujet. Il a découvert que l'étude en question comportait non seulement des erreurs méthodologiques importantes, mais aussi une non-reproductibilité. Après avoir fait une vérification des données statistiques américaines sur la prévalence d'ostéosarcomes, il a observé, contrairement à ce qui avait été mis en lumière dans le rapport du NRC, une prévalence presque équivalente pour les garçons et les filles et aucune différence entre la prévalence d'ostéosarcomes chez les sujets des régions fluorées et non fluorées. De plus, selon Lévy (2011), le groupe de scientifiques qui est à l'origine de la rédaction du rapport du National Research Council comporterait au moins deux personnes fortement opposées à la fluoration des eaux municipales, ce qui pourrait avoir contribué à orienter certaines des conclusions de l'ouvrage défavorables à la fluoration. En outre, Lévy (2007) a écrit une critique d'un livre sur la fluoration des eaux municipales (Morin *et al.*, 2005). Il y décortique et réfute plusieurs parties ou citations de ce livre. Il évoque entre autres le fait que plusieurs des conclusions du livre sont contraires à celles du rapport du National Research Council (2006).

Selon Lévy (2011), la valeur recommandée de 0,07 mg/L pour la fluoration des eaux municipales offre une marge de sécurité très grande concernant les risques associés à un apport total en fluorures trop élevé; la nécessité de cette mesure ainsi que les bienfaits qu'elle procure pour préserver la santé dentaire des segments de la population les plus affectés (familles à faibles revenus, minorités, personnes âgées) surpassent largement les quelques inconvénients pouvant en découler (fluorose légère ou très légère) (Lévy *et al.*, 2007). Le ministère de la Santé et Services sociaux (MSSS) du Québec (2011) réitère son entière confiance pour la fluoration de l'eau en réfutant et en répondant à plusieurs des objections soulevées par des citoyens sans toutefois donner de références précises concernant les faits avancés. Un examen des sources bibliographiques citées montre que la plupart des documents consultés proviennent de rapports favorables à la fluoration. Le rapport du National Research Council de 2006 ne fait pas partie des sources consultées.

2.4.4 Point de vue des regroupements militant contre la fluoration des eaux municipales

Plusieurs regroupements militent contre la fluoration des eaux de consommation. Certains de ceux-ci sont petits, mais d'autres s'avèrent plus importants, notamment le Fluoride Action Network aux États-Unis. Au Québec, les organisations sont, entre autres, Action Fluor Québec, qui est rattaché au Fluoride Action Network, la Coalition Eau Secours, le Front commun pour une Eau saine (FCES) rattaché à l'organisme les AmiEs de la Terre Québec (ATQ), la Coalition sans fluor 02 (Saguenay) également rattachée à l'organisme ATQ (Action Fluor Québec, 2011; AmiEs de la Terre de Québec, 2011; Fluoride Action Network, 2011b; Le Front Commun pour une Eau Saine (FCES), 2011; La Coalition sans fluor 02, 2010). Les arguments les plus souvent cités dans l'opposition à la fluoration systématique des eaux de consommation sont en lien avec l'éthique, à savoir qu'il est inacceptable d'imposer un médicament pour prévenir une maladie à toute une population sans le consentement des citoyens. Une autre contestation qui revient assez souvent est le gaspillage, soit le fait que seulement un pour cent des fluorures additionnés à l'eau rejoint la population humaine alors que les 99 % autres sont libérés inutilement dans l'environnement. Les effets néfastes sur la santé sont également très discutés en considérant la validité des études qui sont utilisées de part et d'autre du débat. Le site internet Fluoride Action Network affiche des copies de lettres provenant de plusieurs pays européens qui ne fluorent pas ou ont cessé de fluorer leurs eaux de consommation. La plupart de ces lettres soutiennent la décision de ne pas ou ne plus fluorer les eaux

potables à la suite d'un refus de la part de la population d'entériner cette mesure pour des raisons éthiques (médication forcée); elles soulignent que cette fluoration ne s'avère plus vraiment nécessaire vu la grande variété d'autres voies d'exposition aux fluorures. De plus, il y a une opposition à la fluoration par plusieurs militants provenant du domaine médical et scientifique. En effet, le regroupement Fluoride Action Network demande aux professionnels de la santé qui sont réfractaires à la fluoration de signer une déclaration demandant aux autorités de bannir la fluoration des eaux de consommation. Cette déclaration a été jusqu'à présent signée par près de 4 000 professionnels, incluant des centaines de médecins, dentistes, détenteurs de doctorats dans le domaine de la santé, des sciences et de l'environnement ainsi que d'autres professionnels de la santé et de l'environnement. La liste comprend, notamment, des récipiendaires de Prix Nobel en médecine et des individus à la tête d'organisations médicales prestigieuses. La déclaration du Fluoride Action Network, la liste des catégories de signataires et la liste des signataires de renom sont présentées à l'annexe 14.

2.4.5 Point de vue des regroupements militant pour la fluoration des eaux municipales

La coalition pour la santé des dents, qui est un regroupement de citoyens et d'organismes, appuie la fluoration des eaux potables comme l'OMS pour la prévention de la carie dentaire (La coalition de Montréal pour des dents en santé, 2006). La plupart des organismes faisant partie de ce regroupement œuvrent au niveau de la santé de la population, principalement en santé dentaire, en santé publique et en pédiatrie. Leurs arguments réfutent toute information défavorable à la fluoration des eaux de consommation. Le ton utilisé ne laisse aucune place à une discussion modérée sur le sujet.

3 UTILISATION ACTUELLE DES FLUORURES DANS LES EAUX MUNICIPALES AU QUÉBEC

Alors qu'aux États-Unis, 66 % des citoyens ont accès à une eau fluorée et que 40 % de la population canadienne (60 % en Ontario) ont une eau potable fluorée, la proportion au Québec est limitée à trois pour cent. La Direction de la santé publique (DSP) du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) espère changer la situation. Son plan d'action 2005 à 2012 a un objectif visant l'accès à une eau potable fluorée à 50 % de la population québécoise. De plus, en 2004, le gouvernement a fixé à 0,7 mg/L la concentration optimale de fluorures permettant de prévenir la carie tout en minimisant les risques de fluorose dentaire (Lacroix *et al.*, 2010). Le tableau 3.1 répertorie les municipalités québécoises qui, en 2009, participaient au programme de fluoration de l'eau potable.

Tableau 3.1 Municipalités québécoises participant au programme de fluoration de l'eau potable.

Municipalité	Usine de filtration	Statut	Municipalité(s) desservie(s)	Population desservie
Bécancour	St-Grégoire-Bécancour	actif	Village Bécancour St-Grégoire Ste-Angèle-de-Laval Précieux Sang St-Gabriel	8 602
Trois-Rivières	Trois-Rivières	actif (arrêt temporaire)		(48 285)
Dorval	Dorval	actif	Dorval	18 139
Pointe-Claire	Pointe-Claire	actif	Pointe-Claire Beaconsfield Baie d'Urfé Kirkland Ste-Anne-de-Bellevue Dollard-des-Ormeaux	80 771
Fermont	Service technique de Fermont	actif	Fermont	3 000
Montmagny	Montmagny	actif	Montmagny	10 000
Lévis (quartier St-Romuald)	St-Romuald	actif	St-Romuald St-Jean-Chrysostome Charny	26 723

Châteauguay	Station Chevrefils	actif	Châteauguay	41 700
	Station Marchand	actif	Mercier St-Paul-de-Châteauguay St-Urbain Ste-Martine	
Laprairie	Laprairie	actif	Laprairie	18 150
Verchères	Verchères	actif	Verchères	4 800

(modifié de Lacroix et al., 2010, p.3 et de ministère de la Santé et des Services sociaux, 2009)

Malgré les actions et intentions révélées par la Direction de la santé publique dans son plan d'action 2005 à 2012, plusieurs municipalités se sont prononcées au sujet de la fluoration de l'eau (Lacroix *et al.*, 2010).

- La Ville de Québec a cessé de fluorer son eau potable en avril 2008 après l'avoir fait pendant 36 ans; les élus estiment que c'est le gouvernement qui doit légiférer sur cette question;
- La Ville de Longueuil a décidé en janvier 2009 de conserver le statu quo de la non-fluoration;
- La Ville de Trois-Rivières a cessé de fluorer son eau potable en juillet 2009 parce que ses équipements étaient désuets; le maire espère recevoir une subvention pour renouveler les équipements, mais fait face à une farouche opposition de la part de certains citoyens;
- La Ville de Lévis a décidé en juillet 2009 d'instaurer le statu quo sur la fluoration en stipulant que c'est au gouvernement de trancher sur la question;
- La Ville de Sainte-Marie-de-Beauce a choisi la non-fluoration à cause d'une forte opposition au sein de sa collectivité; elle attend aussi que la fluoration soit imposée par le gouvernement;
- La Ville de Montréal a également choisi le statu quo de la non-fluoration; les élus croient que la responsabilité de cette décision scientifique ne devrait par leur revenir;
- En décembre 2009, la Ville de Beaupré a décidé de reporter la mise en application de la fluoration de l'eau; elle désire évaluer les conséquences financières ainsi que les nouvelles données concernant les conséquences de la fluoration sur la santé;

- La Ville de Richmond a exécuté les travaux permettant la mise en application d'un programme de fluoration à l'aide d'une subvention du ministère de la Santé et des Services sociaux; la fluoration de l'eau a débuté dans la semaine du 11 janvier 2010;
- La Ville de Saguenay avait d'abord prévu, en janvier 2010, d'instaurer la fluoration de l'eau potable, mais en mars 2010, le maire annonçait la suspension du projet; une campagne d'information devait être menée au cours de l'année;
- La Ville de Gatineau a choisi la non-fluoration lors d'un vote du Conseil municipal en mai 2010; la raison de l'éthique a fait le poids dans la balance, soit qu'il est impensable de contraindre des citoyens à boire une eau fluorée contre leur gré.

Selon ces données, il est peu évident que les objectifs de la Direction de la santé publique pour 2005 à 2012 pourront être atteints. Le mouvement d'opposition à la fluoration des eaux municipales prend de plus en plus d'ampleur, notamment grâce aux médias qui permettent un soutien important tant au niveau de la motivation qu'au niveau du transfert de connaissances les plus récentes sur le sujet.

4 ALTERNATIVES ET SUGGESTIONS

La présente section consiste à faire une analyse de la situation à partir des informations fournies citées dans les sections précédentes et à suggérer des solutions. Le débat sur la fluoration des eaux municipales dure depuis longtemps et il y a toujours eu des perdants qui ont, pour diverses raisons souvent légitimes, persisté à revenir en force. Étant donné ce fait, il est primordial de trouver une façon de régler la question en s'assurant que toutes les parties impliquées puissent être entendues et que les solutions proposées respectent la vision de chacune. À cette fin, une approche de développement durable est suggérée. Les raisons de ce choix, les détails de l'approche, l'analyse de la problématique et les solutions proposées sont développées dans les sections suivantes.

4.1 Approche de développement durable

Une solution orientée vers le développement durable est généralement définie en tenant compte de trois sphères, à savoir sociale, économique et environnementale (voir la figure 4.1) en interrelation les unes avec les autres autour d'un objectif commun de « répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (*Loi sur le développement durable,* 2006).

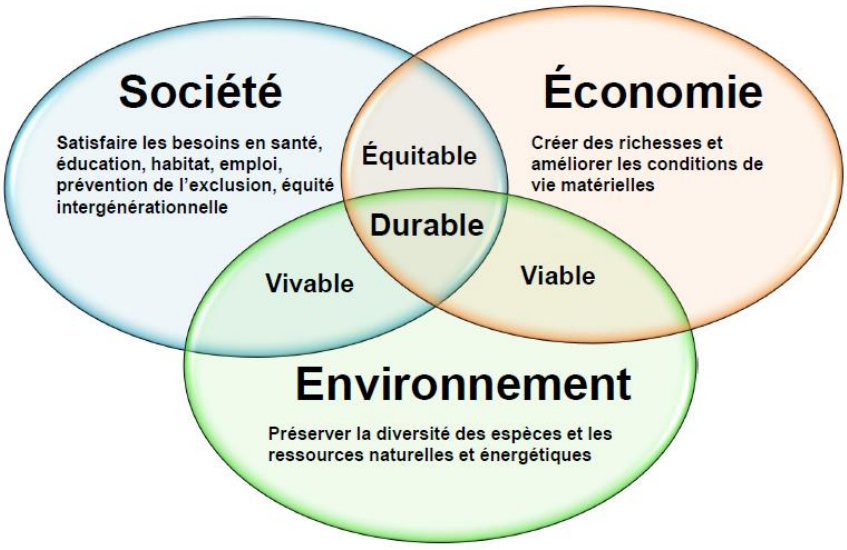


Figure 4.1 Trois sphères du développement durable. (modifiée de Grenier, 2010)

Dans le cas présent, il ne s'agit pas seulement de trouver des solutions pouvant satisfaire les exigences des trois sphères, mais aussi de mettre en place un processus décisionnel permettant de s'assurer que la décision finale concernant le sujet de la fluoration des eaux

municipales sera prise dans le respect des convictions de toutes les parties impliquées à mesure que les connaissances scientifiques sur le sujet évoluent (disponibilité, efficacité et innocuité des mesures préventives et curatives). Le traditionnel schéma du développement durable comportant les trois sphères en interrelation ne peut s'appliquer tel quel dans la recherche de solutions au présent débat. Il faut opter pour la recherche de solutions dans les trois sphères intégrées à l'intérieur d'une stratégie de développement durable orientée selon une approche incorporant des étapes semblables à celles formant une roue de Deming élargie, soit lancement du processus, diagnostic, planification des actions, réalisation, évaluation et amélioration (Croteau et Denoual, 2010). La figure 4.2 illustre le cycle proposé.

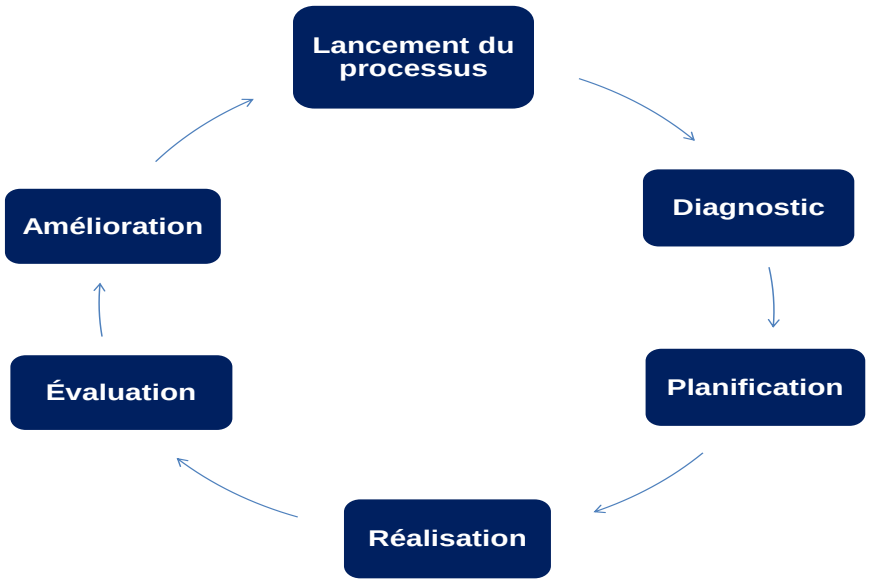


Figure 4.2 Cycle proposé pour la stratégie de développement durable concernant la fluoration de l'eau.

Le lancement du processus permettra de mobiliser les intervenants impliqués. Cette étape demandera de faire la liste de toutes les parties prenantes concernées par la problématique en s'assurant que des représentants provenant des trois sphères sont adéquatement représentés, sans oublier les minorités silencieuses et les décideurs.

L'étape du diagnostic vise à comprendre la problématique en profondeur. Des rencontres devront être organisées où chaque partie aura la possibilité de faire valoir son point de vue. Cette étape devra tenir compte de l'historique du débat et le nécessaire devra être

fait pour permettre une discussion conciliante ne focalisant pas à gagner à tout prix, mais plutôt à faire avancer la situation dans une optique de développement durable en considérant l'aspect évolutif de la problématique et des solutions à mettre en place. Les problèmes seront articulés en objectifs qui seront par la suite hiérarchisés selon différents critères (urgence, importance, ressources, etc.) et une périodicité des cycles sera établie (semestrielle, annuelle, bisannuelle, etc.). Il sera important que les objectifs soient identifiés en s'assurant que ces derniers adhèrent à la vision première du développement durable qui est de pourvoir aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.

L'étape de planification explicitera la meilleure façon de résoudre la problématique dans l'intérêt de tous. Un plan d'action sera alors créé avec des objectifs et cibles réalistes pour chacune des sphères dans une optique de développement durable. Chacun devra mettre « de l'eau dans son vin » pour que les efforts de conciliation aboutissent à des solutions créatives permettant des gains. Il sera important de mobiliser suffisamment de ressources (temps, argent, personnel) à cette fin; l'implication des décideurs sera essentielle.

L'étape de la réalisation devra se faire en impliquant les parties concernées. Les problèmes encourus devront être résolus en s'assurant que chaque partie se sente respectée dans le processus et que le sujet des problèmes encourus soit discuté lors du bilan.

L'étape de l'évaluation devra impliquer tous les intervenants et comporter un bilan ainsi qu'une revue systématique de chaque objectif. Il sera important de regarder objectivement chaque cible et chaque action et de s'interroger sur leur pertinence et leur apport dans l'atteinte des objectifs. Il faudra également discuter des problèmes encourus lors de la mise en œuvre de façon à éviter qu'ils se reproduisent. Concomitamment, il y aura des présentations des nouveautés, des percées scientifiques ou de tout autre facteur (exemple : entrée d'un nouveau joueur) pouvant apporter des changements aux objectifs, aux cibles ou aux actions.

L'étape de l'amélioration sera la mise en forme d'un nouveau plan d'action comportant de nouveaux objectifs et de nouvelles cibles après les changements suggérés à la suite des observations constatées à l'étape de l'évaluation. Elle sera une étape clé pour le type de problématique en constante évolution associé au débat sur la fluoration. « Les pendules

seront remises à l'heure » et les forces (toutes parties confondues) pourront se ressaisir afin de résoudre le problème ou faire avancer la cause.

Ces suggestions d'étapes feraient partie d'une stratégie de développement durable dans le but d'améliorer le débat sur la fluoration des eaux municipales en permettant de solutionner les problématiques sous-jacentes dans une optique de conciliation. Le modèle et la stratégie pourraient cependant varier selon les besoins et la réalité des intervenants impliqués. Il faut s'assurer que le modèle demeure sous forme d'une boucle fermée ayant comme principes inhérents, l'inclusion, l'adaptation et l'amélioration continue.

4.2 Analyse

Les sections 1, 2 et 3 ont permis de présenter plusieurs aspects d'écotoxicologie et de santé environnementale sur la fluoration des eaux municipales. La présente section fait ressortir certains points importants dans le débat. La liste suivante énumère ces points provenant des sections précédentes.

Points importants concernant l'exposition aux fluorures :

- Les fluorures proviennent d'une variété de sources. La fluoration systématique de l'eau potable est imposée à tous les citoyens et ne fait pas de distinction entre les gens. Ceux qui vivent près d'une usine émettrice de fluorures, ceux qui travaillent dans celles-ci et ceux qui consomment beaucoup de produits fluorés (eau, aliments, boissons, traitements dentaires, hygiène dentaire, médicaments, etc.) pourraient être surexposés davantage s'ils consomment de l'eau fluorée à la maison, tant pour s'hydrater que pour cuisiner. Sachant également qu'il y a la problématique de l'effet halo, rajouter des fluorures dans l'eau de consommation est questionnable pour cette catégorie de gens.
- Les standards pour la certification des produits de fluoration de l'eau garantissent que les concentrations de contaminants associés aux fluorures ne dépassent pas le dixième des concentrations maximales acceptables permises par Santé Canada. Comment s'assurer que les concentrations maximales de ces contaminants ne sont pas dépassées lorsqu'il y a une multiplicité de sources d'exposition aux fluorures (eau, dentifrices, breuvages, nourriture, etc.)?
- Un lien significatif entre l'exposition de jeunes garçons de six à huit ans aux fluorures et l'apparition d'ostéosarcomes dans la vingtaine d'années a été explicité

(augmentation des risques de 500 %) (National Research Council, 2006). Les résultats de l'étude en cause sont critiqués par certains scientifiques, mais aussi supportés par plusieurs autres scientifiques. En attendant d'avoir des informations plus certaines, le principe de précaution ne devrait-il pas s'imposer?

- Plusieurs études dont celle du National Research Council (2006) ont suggéré que des recherches plus approfondies devraient être faites pour évaluer les effets des fluorures sur le cerveau, notamment concernant leur action au niveau des protéines G et du métabolisme aérobie de l'ATP ainsi que leur capacité à diminuer l'efficacité de plusieurs neurotransmetteurs importants. Il a également été suggéré que les fluorures auraient des effets sur le système endocrinien, notamment au niveau de la glande pinéale où ils s'accumulent. En attendant la confirmation des résultats de ces recherches, le principe de précaution ne devrait-il pas s'appliquer?
- Le fait que la fluoration de l'eau potable fasse partie des dix plus grands accomplissements en santé publique du XXe siècle ne s'appliquerait qu'à ce siècle. Effectivement, l'introduction de la fluoration fut bénéfique dans les années 40 et 50; les effets ont alors été spectaculaires sur la santé dentaire de l'époque qui était vraiment très mauvaise (13,51 dents affectées par enfant en moyenne). Ce n'est plus le cas aujourd'hui. La réduction de la prévalence de carie par la fluoration de 50 % à 60 % à l'époque est actuellement diminuée à 15 %. De nombreux facteurs socio-économiques ont changé le portrait de la santé dentaire, notamment l'accès élargi à une médecine dentaire préventive et l'usage de techniques de pointe et de produits d'hygiène dentaire fluorés (dentifrices, rince-bouches, etc.) par une majorité de citoyens.
- La fluorose dentaire la plus souvent observée chez les jeunes est légère; elle cause de petites taches opaques sur moins de 50 % de la surface de l'émail. Vu qu'elle est souvent observée à l'extrémité des dents et invisible dans plusieurs cas, la plupart des parents et enfants se disent peu ou pas affectés par cette pathologie. Toutefois, certaines personnes plus vulnérables vont développer une fluorose modérée identifiable par des taches et marbrures beaucoup plus importantes à des taux très bas d'exposition aux fluorures. Les taux de fluorose dentaire modérée ont augmenté dernièrement (dans les communautés ayant une eau fluorée ou non), probablement à cause de la multitude de sources d'exposition aux fluorures. Conséquemment, le gouvernement québécois a choisi de diminuer la concentration de fluorures acceptables à 0,7 mg/L pour les municipalités qui fluorent leur eau. Sachant que le

niveau d'exposition global aux fluorures est déjà suffisamment élevé pour induire une augmentation des cas de fluorose modérée dans la population, est-il vraiment judicieux de risquer d'exposer davantage de personnes à cette pathologie en imposant la fluoration de l'eau au Québec?

Points importants concernant la carie dentaire :

- Compte tenu des avancées spectaculaires qui ont été faites concernant la carie dentaire au XX^{e} siècle, il est étonnant que cette pathologie affecte encore autant de gens au XXI^{e} siècle. La carie dentaire et les maux qu'elle entraîne sont à l'origine d'un grand nombre de journées d'absentéisme à l'école et au travail. Elle est observée surtout chez les populations défavorisées et les minorités, mais aussi chez les aînés (Lévy, 2011). Bien que les coûts associés aux soins dentaires au Québec se chiffrent à environ deux milliards de dollars par année, des actions doivent être prises pour protéger les Québécois contre cette pathologie qui affecte surtout les plus démunis.
- La prévalence de la carie dentaire d'une population est directement reliée à la consommation de sucre. Quels que soient le niveau de fluoration de l'eau potable ou l'accès aux méthodes de prévention et d'hygiène dentaire, il y aura toujours une relation entre la carie dentaire d'une population et sa consommation de sucre.
- Plusieurs études ont permis de découvrir que la consommation de sucre avait un effet minimal sur la prévalence de la carie dentaire lorsque ce dernier était consommé quatre fois ou moins par jour au moment des repas. La fréquence de la consommation de sucre, notamment lorsque ce dernier est ingéré entre les repas, était un facteur important relié à l'apparition de la carie dentaire. De plus, la consommation de produits laitiers et de produits sucrés au lactose ou au xylitol a montré un effet préventif sur l'apparition de la carie alors que la consommation de boissons gazeuses, de jus sucrés et acides, d'aliments acides et d'aliments à haut niveau d'adhérence a été reliée à la carie.

Points importants concernant le débat sur la fluoration :

- Une question d'éthique est souvent la raison qui entraîne les citoyens à militer contre la fluoration des eaux municipales. Le fait d'imposer l'exposition aux fluorures (en tant que médicament pour prévenir la carie) à tous les citoyens, peu importe leurs besoins ou leurs états de santé, constitue un manquement à la liberté individuelle.

Bien que la raison principale de cette mesure soit d'aider les plus démunis, il y a des incertitudes quant à l'efficacité et l'innocuité de la mesure. Chercher d'autres solutions moins invasives pour protéger la population serait plus approprié.

- Il y a peu d'études concernant les risques d'émettre des fluorures dans l'environnement à partir de la fluoration des eaux municipales. Est-il vraiment nécessaire de courir le risque d'exposer plusieurs cours d'eau québécois à une eau fluorée, sachant que seul 1 % de cette eau sera utilisée pour protéger les humains de la carie dentaire alors que les 99 % autres se retrouveront dans l'environnement inutilement?

4.3 Conséquences de l'analyse

Les points soulevés dans la section 4.2 précédente font partie d'un débat controversé puisque d'un côté ou de l'autre, il y a des perdants et, à la fin, la population ressent une certaine confusion. Au lieu de travailler ensemble pour trouver des solutions aux problèmes réels entourant le débat, les intervenants gaspillent du temps, de l'énergie et surtout de l'argent pour montrer que l'autre côté est dans l'erreur et qu'eux seuls détiennent la vérité. S'il y a une fluoration de l'eau pour protéger des minorités démunies de la population contre la carie, il y aura indéniablement des risques à la santé pour certaines personnes, même dans les groupes les moins à risque de caries. De plus, rien ne permet de garantir l'innocuité de la mesure, plusieurs facteurs étant toujours inconnus à ce jour. Par contre, la problématique de la carie dentaire est toujours omniprésente et comporte non seulement des coûts importants pour tous les Québécois, mais aussi des coûts sociaux considérables qui affectent tout particulièrement les gens les plus démunis de la population. Pour l'instant au Québec, aucune autre mesure efficace n'a été adoptée pour aider ces gens (Lévy, 2011). Au lieu de s'affronter dans un débat sans fin, une stratégie de développement durable telle que celle décrite à la section 4.1 permettrait de résoudre cette impasse en permettant un dialogue entre les parties. La section suivante fournit quelques pistes de solutions pouvant faire partie d'un plan d'action en développement durable. Évidemment, il ne s'agit que de suggestions, puisque les vraies solutions ne pourront être adoptées que par les intervenants du débat dans un effort commun. De plus, ces dernières ne s'avéreraient efficaces qu'après plusieurs rondes d'essais et d'erreurs, le but du processus n'étant pas d'éradiquer les problématiques au plus vite, mais surtout d'arriver à des solutions durables dans le temps et dans le respect de toutes les parties impliquées.

4.4 Suggestions

L'Institut de santé publique du Québec recommande qu'il y ait une consommation d'eau fluorée; toutefois, les segments de population visés par cette mesure sont principalement des populations à bas revenus, des minorités et des personnes âgées. Sachant ce fait, est-il vraiment nécessaire d'exposer tous les Québécois à la fluoration de l'eau potable? Serait-il possible de circonscrire la mesure pour atteindre seulement la population ciblée? À cette fin, il est fort possible de rejoindre et de sensibiliser les gens faisant partie de ces segments de population en mobilisant des ressources autour d'eux et en leur offrant le support, l'aide et les connaissances. Dans cette perspective, plusieurs suggestions sont présentées ci-après. Les solutions proposées permettent d'agir au présent et à long terme au niveau des trois sphères du développement durable en protégeant l'environnement par une réduction de la quantité de fluorures déversés dans les cours d'eau, en améliorant la santé dentaire et globale de la population et en diminuant les coûts directs et indirects associés à la problématique de la carie dentaire.

i. Sachant qu'une grande partie de la problématique de la carie dentaire et de certaines autres maladies (obésité et diabète) provient d'une mauvaise alimentation (entre autres, une trop grande consommation de sucre), il semble impératif de mettre en place des solutions axées en ce sens. Des organismes ou des groupes d'aide pourraient faciliter la mise sur pied de cuisines collectives et aider les familles à risque dans la planification de menus équilibrés et la préparation des mets sains au lieu d'acheter des aliments préparés avec beaucoup moins d'éléments nutritifs et souvent très sucrés. Les rencontres de cuisine pourraient être des moments propices à la sensibilisation sur des effets néfastes de la consommation de sucre (santé dentaire, obésité, autres maladies, etc.) et aussi sur des bonnes habitudes d'hygiène dentaire.

ii. Des programmes d'hygiène dentaire dans les écoles permettraient de s'assurer que tous les jeunes Québécois puissent avoir accès à une méthode de prévention contre la carie. Comme mentionné à la section 2, l'action topique des fluorures dans la prévention de la carie dentaire s'est avérée bénéfique dans plusieurs études récentes. Les jeunes provenant de milieux défavorisés où ils ont une diète haute en sucre manquent souvent de régularité au niveau du brossage des dents. Un brossage quotidien à l'école réduirait considérablement les risques de caries

tout en inculquant de bonnes habitudes à long terme. Un programme de dépistage de la carie dentaire pourrait également être instauré avec des exposés de sensibilisation sur les bienfaits de la prévention, d'une bonne alimentation et d'une hygiène dentaire adéquate. La distribution gratuite de produits d'hygiène dentaire permettrait d'assurer une participation pour tous les enfants.

iii. Des campagnes de sensibilisation dans les médias s'avèreraient utiles pour sensibiliser la population sur les méfaits associés à la consommation de sucre et sur les bienfaits d'une bonne hygiène dentaire. Des images-chocs de dents cariées pourraient y être présentées avec des conséquences à long terme de la carie. Des informations concernant la faible prévalence de caries lorsque les sucres sont consommés quatre fois et moins par jour aux repas pourraient être transmises par les médias et informer ainsi une bonne partie de la population. La mobilisation d'un grand nombre d'intervenants de plusieurs domaines (professeurs, parents, dentistes, pédiatres, infirmières, travailleurs sociaux, etc.) concernant la question de la prévention de la carie dentaire serait aussi très efficace.

iv. La gratuité des soins dentaires pour tous les enfants constituerait une mesure très efficace en termes de prévention, d'éducation et de suivi.

v. Un règlement obligeant le personnel des centres pour personnes âgées à inclure un service d'hygiène dentaire journalier aux aînés permettrait de mieux assurer leur santé dentaire.

D'autres solutions pourraient être ajoutées à la liste précédente, notamment au niveau de la recherche en prévention de la carie dentaire.

Les parties prenantes devront décider la meilleure façon d'agencer leurs actions de façon à optimiser les résultats dans une optique de développement durable et d'amélioration continue.

CONCLUSION

L'objectif principal du présent essai vise une étude écotoxicologique des fluorures des eaux municipales. À cette fin, il y a quatre objectifs spécifiques, à savoir : expliciter (i) la toxicocinétique et la toxicodynamique des fluorures, (ii) leur problématique associée à leurs utilisations dans les eaux municipales et diverses autres sources, (iii) leur emploi limité au Québec dans les eaux municipales et (iv) des suggestions d'alternatives. Ces objectifs ont été atteints comme la suite de cette conclusion le décrit.

La fluoration de l'eau potable a toujours été une mesure très prisée par les autorités en santé publique dans la lutte contre la carie dentaire. Introduite à grande échelle durant les années 40, elle a permis de réduire considérablement la prévalence de caries qui était très élevée. Par la suite, d'autres mesures de prévention se sont ajoutées dans la lutte pour enrayer la carie, dont certaines se sont avérées hautement efficaces (dentifrices fluorées, gels et mousses fluorés, vernis et scellants), sans être aussi invasives pour l'être humain (exposition topique au lieu d'une ingestion systémique).

Dès son introduction, la fluoration de l'eau a suscité un débat qui persiste encore à ce jour. Les raisons de la controverse concernent surtout les effets néfastes sur la santé et l'environnement et une question de l'éthique, à savoir qu'il est inacceptable de forcer une population entière à consommer un médicament (eau fluorée) pour prévenir la carie.

Les inquiétudes quant à l'innocuité pour la santé ne sont pas sans fondement. La fluorose dentaire et la fluorose osseuse sont deux pathologies découlant d'une surexposition aux fluorures. Les avancées scientifiques suggèrent également des liens entre l'exposition aux fluorures et d'autres problèmes de santé (ostéosarcome, problèmes de thyroïde, diminution et troubles de la fonction cérébrale, réduction de la tolérance au glucose, altération de la fonction rénale, potentiel génotoxique, perturbation du métabolisme aérobie de l'ATP, etc.).

La multiplicité des sources d'exposition aux fluorures est grandissante (eau, air, alimentation, boissons, produits d'hygiène dentaire, traitements dans les cabinets de dentistes, suppléments, lait maternisé, etc.). Elle suscite de l'inquiétude, notamment concernant les enfants en bas âge dont le risque de développer une fluorose dentaire est de plus en plus élevé.

Cependant, la problématique de la carie dentaire est toujours présente et affecte les plus démunis (population à faible revenu, minorités et personnes âgées). L'ensemble des contraintes (physiques et économiques) découlant de la carie dentaire coûte aussi très cher à la société.

Au Québec, seulement trois pourcent de la population sont desservis par une eau fluorée. Face à ceci, l'INSPQ veut faire grimper ce chiffre à 50 % d'ici la fin de 2012. Cet objectif est tout indiqué pour ranimer le débat. Il est donc impératif de mettre fin à la controverse qui sévit depuis longtemps et de trouver des solutions capables de rassembler toutes les parties dans un objectif commun d'amélioration de la santé.

Une démarche de développement durable serait toute indiquée pour arriver à cette fin. Elle permettrait de prendre en compte les besoins et préoccupations de chacun dans une approche de conciliation en tenant compte des trois sphères du développement durable (environnement, société, économie).

L'analyse des informations contenues dans cet essai permet de constater que la fluoration de l'eau n'est pas la seule option efficace pour réduire la prévalence de la carie dentaire. L'utilisation topique de produits d'hygiène dentaire fluorés et l'adoption de bonnes habitudes alimentaires (fréquence et ampleur de la consommation de sucre) constituent des facteurs importants diminuant les risques de carie. Une dizaine de solutions est suggérée en ce sens, pour optimiser la prévention de la carie par l'exposition aux fluorures non systémiques tout en maximisant une sensibilisation et une éducation afin d'encourager la population à adopter des comportements alimentaires moins nocifs.

RÉFÉRENCES

Action Fluor Québec (2011). Les enjeux du fluor. Réfléchir avant d'agir. *In* Action Fluor Québec. *Action Fluor Québec,* [En ligne]. http://www.qvq.ca/afq/index.htm (Page consultée le 11-09 2011).

AmiEs de la Terre de Québec (2011). *In* Les AmiEs de la Terre de Québec. [En ligne]. http://www.atquebec.org/Accueil (Page consultée le 11-09 2011).

Barbier, O., Arreola-Mendoza, L. and Del Razo, L.M. (2010). Molecular mechanisms of fluoride toxicity. *Chemico-Biological Interactions,* vol. 2, n° 188, p. 319-333.

Comité aviseur sur la fluoruration des eaux de consommation (1979). *Le livre rouge. Les fluorures, la fluoruration et la qualité de l'environnement.* Gouvernement du Québec. Ministère de l'environnement. Sainte-Foy, 210 p.

Connett, P. (2006). Water fluoridation - A public health hazard [1]. *International Journal of Occupational and Environmental Health,* vol. 12, n° 1, p. 88-91.

Connett, P., Beck, J. and Micklem, H.S. (2010). *The case against fluoride.* Chelsea Green Publishing édition, White River Junction, Vermont, Chelsea Green Publishing, 372 p.

Croteau, G. et Denoual, G. (2010). *ENV793 Développement durable dans les organisations - Parties prenantes.* Sainte-Thérèse, 55 p. (Collection Université de Sherbrooke - Maîtrise en environnement).

Dahi, E. (2009). Fluorosis. *In* Anonyme . *De-Fluoride.net,* [En ligne]. http://www.de-fluoride.net/fluorosis.html (Page consultée le 09/04 2011).

Environment Canada (2001). *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: inorganic fluorides.* Ottawa, The Office, 94 p. report no. 1-1. (Collection Ecosystem health, science-based solutions).

Environnement Canada et Santé Canada (1993). *Fluorures inorganiques.* Ottawa, Environnement Canada, 77 p. (Collection Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation).

Fairbanks Fluoride Tasks Force (2011). *Report of the Fairbanks fluoride tasks force.* Faibanks, Alaska, p. 54.

Fluoride Action Network (2011a). *In* Fluoride Action Network. [En ligne]. http://www.fluoridealert.org/health/teeth/caries/who-dmft.aspx (Page consultée le 10/10 2011).

Fluoride Action Network (2011b). *In* Fluoride Action Network. *Fluoride Action Network,* [En ligne]. http://www.fluoridealert.org/ (Page consultée le 11/09 2011).

Goyer, N. (1981). *Vue d'ensemble sur les substances toxiques: rapport sectoriel rédigé pour le Bureau d'étude sur les substances toxiques, Environnement Québec.* Québec, Environnement Québec. Bureau d'étude sur les substances toxiques, 38 p. (Collection BEST : rapports).

Grenier, J. (2010). Conjuguer développement, entrepreneuriat et durable. *In* La Fondation de l'entrepreneurship. *Entrepreneuriat.inc,* [En ligne]. http://blogue.entrepreneurship.qc.ca/index.php/tendances/conjuguer-developpement-entrepreneuriat-et-durable (Page consultée le 12/02 2011).

Hallanger Johnson, J.E., Kearns, A.E., Doran, P.M., Teck, K.K. and Wermers, R.A. (2007). Fluoride-related bone disease associated with habitual tea consumption. *Mayo Clinic Proceedings,* vol. 82, n° 6, p. 719-724.

Hébert, S. (2009). *Étude préliminaire en vue d'effectuer une enquête de santé dentaire chez les enfants de 2 à 5 ans.* Maîtrise en sciences dentaires, Université Laval, Québec, Québec, 120 p.

Horowitz, H.S. (2000). Decision-making for national programs of community fluoride use. *Community Dentistry and Oral Epidemiology,* vol. 28, n° 5, p. 321-329.

Institut national de santé publique du Québec (2011). Fluorures. *In* Gouvernement du Québec. *Institut national de santé publique du Québec,* [En ligne]. http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/198-CartableEau/Fluorures.pdf (Page consultée le 08/15 2011).

Jackson, R.D., Brizendine, E.J., Kelly, S.A., Hinesley, R., Stookey, G.K. and Dunipace, A.J. (2002). The fluoride content of foods and beverages from negligibly and optimally fluoridated communities. *Community Dentistry and Oral Epidemiology,* vol. 30, n° 5, p. 382-391.

Jayapakash, K. (2004). *A short textbook of preventive and community dentistry.* New Delhi, Jaypee Brothers Medical Publishers, 229 p.

Jones, S., Burt, B.A., Peterson, P.E. and Lennon, M.A. (2011). The effective use of fluorides in public health. *Bulletin of the World Health Organization,* vol. 83, n° 9, p. Septembre 2005-641-720. http://www.who.int/bulletin/volumes/83/9/jones0905abstract/en/index.html

Kaminsky, L.s., Mahoney, J.L., Melius, J. and Miller, M.J. (2011). Fluoride: Benefits And Risks of Exposure. *In* International and American Association for Dental Research. *SAGE Critical Reviews in Oral Biology and Medicine,* [En ligne]. http://cro.sagepub.com/content/1/4/261.full.pdf (Page consultée le 08/14 2011).

Kiritsy, M.C., Levy, S.M., Warren, J.J., Guha-Chowdhury, N., Heilman, J.R. and Marshall, T. (1996). Assessing fluoride concentrations of juices and juice-flavored drinks. *Journal of the American Dental Association,* vol. 127, n° 7, p. 895-902.

Klaassen, C.D., Amdur, M.O. et Doull, J. (1996). *Casarett and Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons.* New York, Macmillan Publishing Company, 1236 p.

Krol, D.M. (2003). Dental caries, oral health, and pediatricians. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care,* vol. 33, n° 8, p. 253-270.

La coalition de Montréal pour des dents en santé (2006). *In* La coalition de Montréal pour des dents en santé. *La coalition de Montréal pour des dents en santé,* [En ligne]. http://www.dentsensante.qc.ca/ (Page consultée le 11-09 2011).

La Coalition sans fluor 02 (2010). *In* Blogspot. *Le Sagnenay contre la fluoration. Pour la santé et l'environnement,* [En ligne]. http://info-fluor.blogspot.com/2010/03/revendications-de-la-coalition-sans.html (Page consultée le 11-09 2011).

Lacroix, E., Ouellet, M., Chatelain, M., Pin, E. et Banville, L. (2010). *Pour une eau sans fluor.* Coalition Eau Secours! édition, Coalition Eau Secours!, 16 p.

L'Association Dentaire Canadienne (2011). FAQ sur le fluorure. *In* L'Association Dentaire Canadienne. *L'Association Dentaire Canadienne,* [En ligne]. http://www.cda-adc.ca/fr/oral_health/faqs_resources/faqs/fluoride_faqs.asp (Page consultée le 11/01 2011).

Le Front Commun pour une Eau Saine (FCES) (2011). *In* Les AmiEs de la Terre de Québec. *Front commun pour une Eau Saine (FCES),* [En ligne]. http://www.atquebec.org/Front_Commun_pour_une_Eau_Saine_(FCES) (Page consultée le 11-09 2011).

Lévy, M. (2011). Communication orale. *Position de l'Institut national de santé publique du Québec sur la fluoration de l'eau,* 2011/10/28, Montréal.

Lévy, M. (2007). *Critique du livre: La fluoration autopsie d'une erreur scientifique.* Montréal, document non publié.

Lévy, M., Corbeil, F., Fortin Christian, Lamarre, J., Lavallière, A., Shwartz, S., Tardif, R. et Vu, D. (2007). Fluoration de l'Eau: Analyse des Bénéfices et des Risques pour la Santé. *In* Gouvernement du Québec. *Institut national de santé publique du Québec,* [En ligne]. http://www.inspq.qc.ca/ (Page consultée le 08/2011 2011).

Loi sur le développement durable (2006). L.R.Q., 118.

Marier, J.R. et Rose, D. (1977). Environmental fluorides. *In Fluoride Action Network,* [En ligne]. http://www.fluoridealert.org/NRC-Fluoride.htm#1.1.1 (Page consultée le 08/14 2011).

Marshall, T.A., Levy, S.M., Warren, J.J., Broffitt, B., Eichenberger-Gilmore, J.M. and Stumbo, P.J. (2004). Associations between Intakes of fluoride from beverages during infancy and dental fluorosis of primary teeth. *Journal of the American College of Nutrition,* vol. 23, n° 2, p. 108-116.

Mayer, M. (2011). Communication orale. *Position de l'ADC sur la fluorationd de l'eau,* 2011/11/01, Montréal.

Ministère de la Santé et des Services sociaux (2009). Programme québécois de fluoration de l'eau potable. Liste des municipalités participantes. *In* Gouvernement du Québec. *Agence de la santé et des services sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean,* [En ligne]. http://www.santesaglac.gouv.qc.ca/web/document/U219/fluoration%20liste%20municipalites.pdf (Page consultée le 11/29 2011).

Ministère de la Santé et des Services sociaux (2011). Fluoration de l'eau: position du directeur national de la santé publique. Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, Québec, 12 p.

Morin, P., Remington Graham, J. et Parent, G. (2005). *La fluoration: Autopsie d'une erreur scientifique.* Eastman, Berger, 315 p.

Moynihan, P. and Petersen, P.E. (2004). Diet, nutrition and the prevention of dental diseases. *Public Health Nutrition,* vol. 7, n° 1 A, p. 201-226.

Naidoo, S. and Myburgh, N. (2007). Nutrition, oral health and the young child. *Maternal and Child Nutrition,* vol. 3, n° 4, p. 312-321.

National Research Council (2006). *Fluoride in drinking Water: A scientific review of EPA's standards.* Washington DC, National Academies Press, 530 p.

Olivier, M.J. (2009). *Chimie de l'environnement.* 6e éd édition, Lévis, Québec, Productions J. Bernier, 368 p. ((OCoLC)480966083).

Ordre des dentistes du Québec (2008). Position de l'Ordre des dentistes du Québec sur la fluoration de l'eau. *In* Ordre des dentistes du Québec. *Ordre des dentistes du Québec,* [En ligne]. http://www.odq.qc.ca/Publications/Politiquesetdocumentation/tabid/320/language/fr-CA/Default.aspx (Page consultée le 11-13 2011).

Osterman, J.W. (1990). Evaluationg the impact of municipal water fluoridation on the aquatic environment. *American Journal of Public Health,* vol. 80, n° 10, p. 1230-1235.

Palmer, C., Wolfe, S.H., Harper, L.F., Holt, K., Levy, S., Marshall, Teresa A. and McGinley, Jane, Pediatric Nutrition dietetic practice group, Stegeman, C., Rourke, K., Paulsen, B. et Touger-Decker, R. (2005). Position of the American Dietetic Association: The impact of fluoride on health. *Journal of the American Dietetic Association,* vol. 105, n° 10, p. 1620-1628.

Pendrys, D.G. (2000). Risk of enamel fluorosis in nonfluoridated and opimally fluoridated populations: Considerations for the dental professional. *Journal of the American Dental Association,* vol. 131, n° 6, p. 746-755.

Pendrys, D.G., Haugejorden, O., Bårdsen, A., Wang, N.J. and Gustavsen, F. (2010). The risk of enamel fluorosis and caries among Norwegian children: Implications for Norway and the United States. *Journal of the American Dental Association,* vol. 141, n° 4, p. 401-414.

Pendrys, D.G. and Katz, R.V. (1998). Risk factors for enamel fluorosis in optimally fluoridated children born after the US manufacturers' decision to reduce the fluoride concentration of infant formula. *American Journal of Epidemiology,* vol. 148, n° 10, p. 967-974.

Pizzo, G., Piscopo, M.R., Pizzo, I. and Giuliana, G. (2007). Community water fluoridation and caries prevention: A critical review. *Clinical oral investigations,* vol. 11, n° 3, p. 189-193.

Prystupa, J. (2011). Fluorine - A current literature review. An NRC and ATSDR based review of safety standards for exposure to fluorine and fluorides. *Toxicology Mechanisms and Methods,* vol. 21, n° 2, p. 103-170.

Rojas-Sanchez, F., Kelly, S.A., Drake, K.M., Eckert, G.J., Stookey, G.K. and Dunipace, A.J. (1999). Fluoride intake from foods, beverages and dentifrice by young children in communities with negligibly and optimally fluoridated water: A pilot study. *Community Dentistry and Oral Epidemiology,* vol. 27, n° 4, p. 288-297.

Santé Canada (2008). Santé de l'environnement et du milieu de travail. Observations et recommandations du groupe d'experts sur le fluorure. *In* Gouvernement du Canada. *Santé Canada,* [En ligne]. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2008-fluoride-fluorure/index-fra.php (Page consultée le 08/28 2011).

Santé Canada (2007). Santé de l'environnement et du milieu de travail, fluorures inorganiques - LSIP1. *In* Santé Canada. *Site internet de Santé Canada. Information sur le fluor sa provenance, les fluorures, leurs effets sur la santé, sur la terre, eau, sol, plantes, mamiphères, populations, etc.* [En ligne]. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/fluorides_inorg_fluorures/fluorides_inorg_fluorures_introduction-fra.php (Page consultée le 07/31 2011).

Secci, G. (2010). Manuel d'hygiène bucco-dentaire destiné à la formation de prophylaxistes. *In* Secours Dentaire International. *Secours Dentaire International,* [En ligne]. http://www.secoursdentaire.ch/download/MANUEL%202.pdf (Page consultée le 08/24 2011).

Spittle, B. (2008). *Fluoride Fatigue - Fluoride Poisoning: is fluoride in your drinking water - and from other sources - making you sick?* 4 edition, Dunedin, New Zealand, Paua Press, 78 p.

Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board et Institute of Medicine (1997). *Dietary reference intakes for Calcium. Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride.* Washington, DC, USA, Natipnal Academies Press, 432 p.

Vulgaris - Medical (2011a). Hyperparathyroïdie: Definition. *In* Vulgaris. [En ligne]. http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie/hyperparathyroidie-2410.html (Page consultée le 09-02 2011).

Vulgaris - Medical (2011b). Ostéomalacie : Definition. *In* Vulgaris. *Vulgaris - Medical,* [En ligne]. http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie/osteomalacie-5906/definition.html (Page consultée le 09/02 2011).

Vulgaris - Medical (2011c). Ostéosarcome : Definition. *In* vulgaris. *Vulgaris - Medical,* [En ligne]. http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie/osteosarcome-5868.html (Page consultée le 08/02 2011).

World Health Organization (2002). *Environmental Health Criteria for Fluorides.* WHO Library Cataloguing-in-Publication Data édition,

Annexe 1 Caractéristiques de l'acide fluosilicique ($H_2Si\ F_6$)

(modifié de Morin *et al*., 2005, p.8)

Description	
Autres noms	Acide silicofluorhydrique Acide hydrofluosilicique
Couleur	Solution de couleur variant de aqueuse à couleur de paille
Caractéristiques	Odeur piquant Irritation des muqueuses et de la peau
Normalisation	À la norme B 703-00 et 60 ANSI/NSF
Analyse chimique	
Concentration	23,00 % minimum
Concentration en fluor	18,22 % minimum
Métaux lourds, tel le plomb	0,02 % maximum
Acide fluorhydrique (HF)	Moins de 1 %
Propriétés physiques	
Point d'ébullition, concentration 25 %	222,5 °F
Point de congélation, concentration 25 %	4 °F (-15,5 °C)
Poids moléculaire	144.08
Poids au gallon, concentration 25 %	10,29 lbs/gal
Viscosité, concentration 23 %	6 cps
Contenants	
Wagons citernes	Poids approx. de 100 tonnes (É.-U.)
Camions citernes	Poids approx. De 20 à 25 tonnes (É.-U.)
Description pour les transporteurs	
Classification DOT	Classe 8 : Corrosif
Nom utilisé pour le transport	Acide fluosilicique (solution contenant de 20 à 35 % d'acide)
Groupe d'emballage n° III	Plaque-étiquette de danger : Corrosif
Mode de production	
Provient de la production des engrais chimiques phosphatés et de l'uranium	Produit à partir du traitement à l'acide sulfurique d'apatite ou de fluorspar
Utilisations	
Dans la stérilisation de certains équipements	Dans la fluoration des eaux de consommation
Comme agent durcissant dans la préparation du ciment	Comme agent neutralisant pour les alcalins
Dans l'acidification des puits d'huile	Dans la galvanoplastie
Comme agent de préservation pour le bois	Dans le gravage du verre

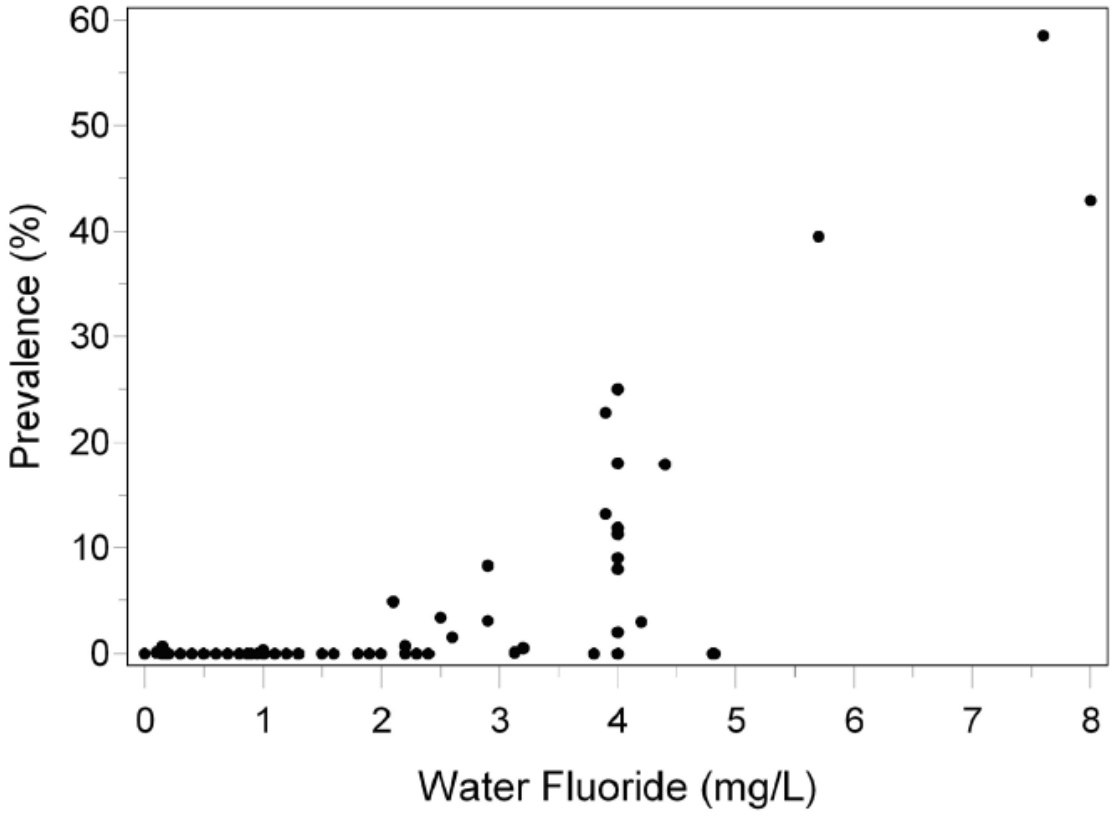
Annexe 2 Caractéristiques du fluosilicate de sodium (Na2Si F6)

(modifié de Morin et al., 2005, p.9)

Description	
Autres noms	Aucun
Couleur	Poudre blanche inodore
Caractéristiques	Sel sec et cristallin
Normalisation	Norme B-702 et ANSI/NSF n° 2,679
Analyse chimique	
Concentration	98,00 % minimum
Concentration en fluor	59,43 % minimum
Humidité (eau)	00,50 % maximum
Matières insolubles dans l'eau	00,50 % maximum
Métaux lourds, tel le plomb	00,05 % maximum
Propriétés physiques	
Densité (H_2O = 1)	Se décompose à 500 °C (932 °F)
Point d'ébullition	0,76 g/100 mL d'eau à 25 °C
Poids moléculaire	2,45 g/100 mL d'eau à 100 °C
Solubilité dans l'eau	98 % traversent un grillage de 40 mailles
Grosseur des particules	25 % traversent un grillage de 325 mailles
pH (solution de 1%)	3,0 à 4,5
Contenants	
Usage domestique	Sacs de papier de 5 m^2 à multiples épaisseurs et résistants à l'eau
Usage industriel	Sacs plus gros pour le vrac Camions pour le transport en vrac
Description pour les transporteurs	
Classification DOT	Classe 6.1 : Toxique
Nom utilisé pour le transport	Fluosilicate de sodium (UN 2674)
Groupe d'emballage n° III	Plaque-étiquette de danger : Toxique
Mode de production	
Provient de la production des engrais chimiques phosphatés et de l'uranium	Produit à partir de la neutralisation de l'acide fluosilicique par le carbonate de soude
Utilisations	
Dans les blanchisseries commerciales	Dans le procédé de flottation des métaux
Comme agent de fluatation des métaux	Dans le procédé de première préparation du verre
Dans la production des produits de latex	Dans la fluoration des eaux de consommation
Dans le procédé d'opacification du verre	

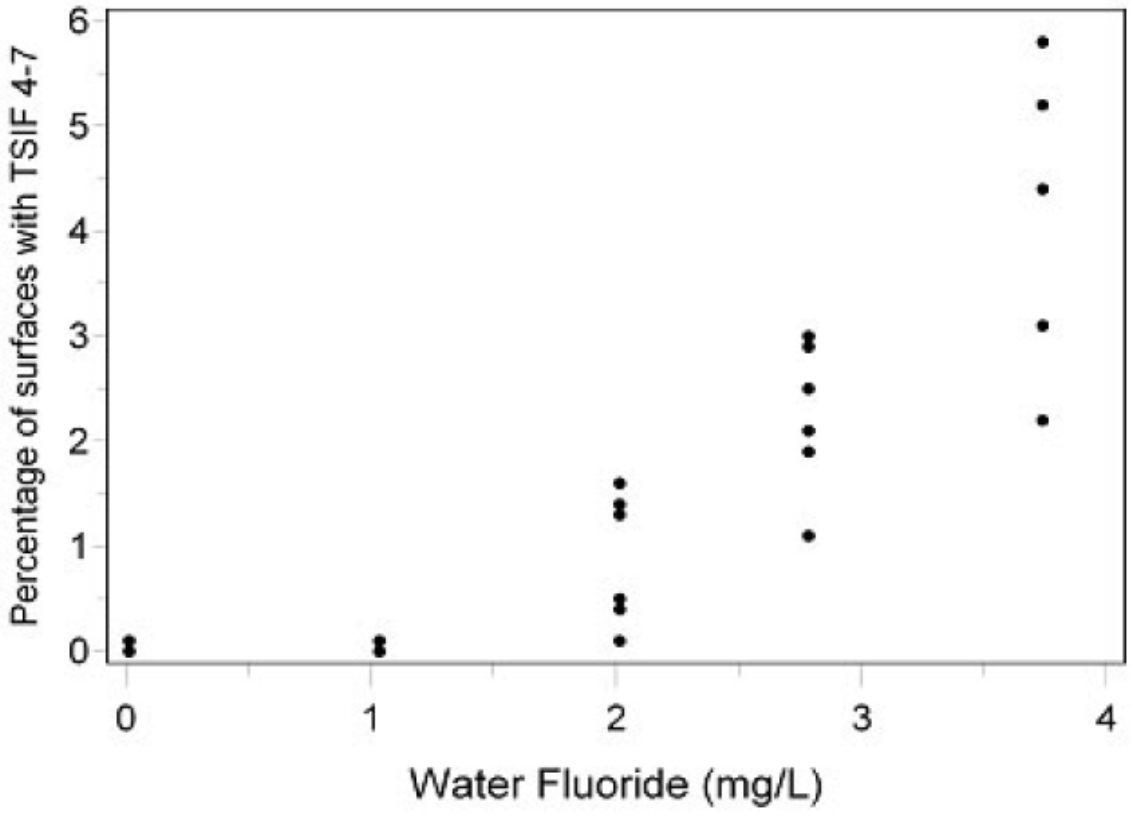
Annexe 3 **Prévalence de la fluorose dentaire et pourcentage de la surface dentaire affectée par une fluorose sévère selon la concentration de fluorures dans l'eau de consommation aux États-Unis**

Prévalence de la fluorose dentaire sévère dans les dents permanentes chez les individus de moins de 20 ans aux États-Unis en 1951, 1985 et 1987 en lien avec la concentration de fluorures dans l'eau potable.
(tiré de National Research Council, 2006, p.114)



(suite)

Pourcentage de la surface des dents affectée de fluorose dentaire sévère chez des enfants de 8 à 10 ans et de 13 à 16 ans en lien avec la concentration de fluorures dans l'eau potable en 1980, 1985 et 1990 aux États-Unis.
(tiré de National Research Council, 2006, p.115)



Annexe 4 Index de fluorose dentaire de Dean

(modifié de Jayapakash, 2004, p.72)

Classification	Importance statistique	Critères
Normal	0	Structure semi vitrifiée normale de la dent, surface lisse et luisante et couleur d'un blanc crème pâle.
Discutable	0,5	L'émail avec de légers manquements à sa translucidité normale, quelques petites marbrures blanches et d'occasionnelles taches blanches.
Très légère	1	Petites régions opaques de la dent colorées blanc papier ne touchant pas plus de 25% de la dent et souvent apparentes à l'extrémité (1 à 2 mm) des sommets des prémolaires ou des secondes molaires.
Légère	2	Régions blanches opaques plus importantes mais ne touchent pas plus de 50% de la dent.
Modérée	3	Toute la surface de l'émail affectée avec une usure et une porosité anormales et des taches brunes dentaires inesthétiques.
Sévère	4	Toute la surface de la dent touchée, la forme de la dent affectée, présence de craquelures importantes et de sillons créés par la perte d'émail, taches brunes généralisées et dent avec un aspect rouillé.

Le «Community Fluorosis Index (CFI) » se calcule ainsi :

$$CFI = \frac{\text{Somme de (nombre d'individus x importance statistique)}}{\text{Nombre total d'individus examinés}}$$

Étendues des résultats	Signification en santé publique
0,0 -0,4	Négatif
0,4 – 0,5	Limite
0,5 – 1,0	Léger
1,0 – 2,0	Modéré
2,0 – 3,0	Marqué
3,0 – 4,0	Très marqué

Un CFI inférieur à 0,6 indique que la fluorose n'est pas problématique.

Annexe 5 Images représentant les différents stades de la fluorose dentaire et osseuse

Fluorose dentaire

(modifié de Fluoride Action Network, 2011a et b)

Fluorose osseuse

(modifié de Dahi, 2009)

Annexe 6 **Tableau indiquant les concentrations naturelles de fluorures dans les eaux non polluées de différents pays**

(tiré de World Health Organization, 2002, p.39)

Location	Fluoride concentration (mg/litre)[a]	Reference
Areas with low natural fluoride		
Canada	0.05	Environment Canada (1994)
USA	0.035–0.052[b] (<0.001–0.59)	Overton et al. (1986)
USA (Cache la Poudre River)	(0.3–0.5)	Camargo et al. (1992)
Belgium (River Meuse)	0.13–0.2	Van Craenenbroeck & Marivoet (1987)
France (rivers)	0.08–0.25	Martin & Salvadori (1983)
Norway (lakes)	0.037 (<0.005–0.56)	Skjelkvåle (1994a)
Spain (Duratón River)	0.1	Camargo (1996a)
United Kingdom (rivers)	<0.05–0.4	Fuge & Andrews (1988)
Wales, United Kingdom (streams)	0.02–0.22	Neal (1989)
Nigeria (River Niger)	0.1–0.12	Nriagu (1986)
India (rivers)	0.2–0.25	Zingde & Mandalia (1988)
India (rivers)	0.038–0.21	Datta et al. (2000)
Tibet, China (rivers)	0.04	Cao et al. (2000)
Areas with high natural fluoride		
Hot springs and geysers, Yellowstone National Park, USA	(25–50)	Neuhold & Sigler (1960)
Firehole and Madison rivers, USA	(1–14)	Neuhold & Sigler (1960)
Walker and Pyramid lakes, Nevada, USA	(up to 13)	Sigler & Neuhold (1972)
Kenya (lakes)	(up to 2800)	Nair et al. (1984)

Annexe 7 Posologie quotidienne des suppléments de fluorure recommandée par l'Association dentaire canadienne en 2000

(modifié de Morin *et al*., 2005, p.125)

Enfants à risque *	Sources insuffisantes de F^-	Sources suffisantes de F^-
Avant l'apparition de la 1ère dent permanente **	Suppléments ajustés *** à 0,05 à 0,07 mg/kg	Aucun
Après l'apparition de la 1ère dent permanente ****	1,00 mg	Aucun

* La catégorie « Enfants à risques » peut inclure les enfants qui ne se brossent pas (ou ne se les font pas brosser) les dents deux fois par jour avec un dentifrice fluoruré ou ceux qui sont exposés à une forte activité cariogène vu leurs antécédents familiaux ou communautaires.

** L'emploi de suppléments avant l'éruption de la première dent permanente, soit vers 6 ou 7 ans, n'est normalement pas recommandé sauf si l'enfant est à risque.

*** Le dosage des suppléments de fluorure à prescrire doit tenir compte de l'exposition au fluorure de toutes les sources incluant les dentifrices fluorurés, toutes les sources d'eau (jus préparés avec de l'eau fluorurée, etc.) afin que la somme quotidienne totale ne dépasse pas le seuil de 0,05 à 0,07 mg par kilogramme de poids.

**** Après l'apparition de la première dent permanente et la réduction du risque associé de fluorose dentaire à ce stade de développement, on peut utiliser les suppléments de fluorure sous forme de tablettes ou de comprimés croquables pour fournir une dose intra-buccale de fluorure. Une tablette ou un comprimé croquable de 1 mg fournit la même quantité de fluorure d'une façon intra-buccale que le brossage avec une quantité moyenne (1 g) d'un dentifrice fluoruré à 1000 ppm. (Il est à noter que l'effet topique des fluorures est le seul effet spécifié.)

Annexe 8 Tableau indiquant les concentrations de fluorures dans l'air ambiant dans diverses régions

(tiré de World Health Organization, 2002, p.42)

Location	Detection limit (mg/m^3)	Number of samples	Concentration[a] (mg/m^3)	Reference
Arctic, Canada	0.001–0.004	na[b]	0.002–0.007[c]	Barrie & Hoff (1985)
	0.001–0.004	na	0.006–0.008[c]	Barrie & Hoff (1985)
Toronto, Ontario, Canada	na	na	0.03 (0.01–0.05)	Health Canada (1993)
147 non-industrial urban locations, USA	0.05	3687	<0.05 (nd[d]–1.65)	Thompson et al. (1971)
29 rural locations, USA	0.05	724	<0.05 (nd)	Thompson et al. (1971)
1 non-industrial urban location, United Kingdom	0.1	na	<0.1 (<0.1–0.17)	Bennett & Barratt (1980)
4 non-industrial urban locations, The Netherlands	na	na	0.07 (0.05–0.08)	Sloof et al. (1989)

[a] Mean and range of concentrations of total (gaseous and particulate) fluoride in ambient air, unless otherwise stated.

[b] na = not available.

[c] Range of means.

[d] nd = not detectable.

Annexe 9 Tableau indiquant les concentrations en fluorures dans l'air à proximité d'industries émettrices de fluorures

(tiré de World Health Organization, 2002, p.43)

Location	Distance from source (km)	Concentration[a] ($\mu g/m^3$)	Reference
Cornwall Island, Ontario, Canada	1.65	0.79–0.85 (nd[b]–5.54)	Environment Canada (1989)
	4.0	0.43 (nd–23.08)	
Brampton, Ontario, Canada	<1.0	0.73 (0.28–2.01)	Health Canada (1993)
Trail, British Columbia, Canada	• 5.0	0.59 (0.51–0.61)	Environment Canada (1994)
Various locations, Quebec, Canada	0.5–2.0	0.1–0.67 (0.03–2.16)	Environment Canada (1994)
South African Highveld	Various	0.08–0.14[c] 2.9 (maximum)	Scheifinger & Held (1997)
Norway		1.3–3.8	Søyseth et al. (1996)
Groningen, The Netherlands	1.3	0.4	Sloof et al. (1989)
Zeeland (Sloe area), The Netherlands	6.0	0.25	Sloof et al. (1989)
China		2–6	Liu (1995)

[a] Mean and range of fluoride concentrations, unless otherwise stated.

[b] nd = not detectable.

[c] Range of means.

Annexe 10 Tableau indiquant les concentrations de fluorures trouvées dans différentes sortes de jus (N=532)

(modifié de Kiritsy, 1996, p.297)

Saveur	Nombre de jus (%)	Concentration moyenne (mg/l)	Concentration médiane (mg/l)	Variation (mg/l)
Raisin blanc	10 (1,9)	1,45	1,40	0,15 – 2,80
Thé	5 (0,9)	1,41	1,15	0,95 – 2,33
Prune	10 (1,9)	1,18	0,79	0,05 – 2,13
Canneberge	45 (8,4)	0,81	0,92	0,04 – 1,73
Poire	8 (1,5)	0,75	0,54	0,16 – 0,64
Raisin rouge	37 (7,0)	0,74	0,47	0,05 – 2,45
Cerise	8 (1,5)	0,74	0,18	0,12 – 1,71
Pomme raisin	12 (2,3)	0,64	0,42	0,20 – 1,90
Fruits mélanges	119 (22,4)	0,57	0,38	0,03 – 2,02
Pamplemousse	34 (6,4)	0,55	0,65	0,05 – 1,30
Pomme	83 (15,6)	0,54	0,32	0,03 – 2,64
Orange	88 (16,5)	0,37	0,13	0,02 – 1,85
Limonade	17 (3,2)	0,25	0,08	0,03 – 0,84
Nectar de fruit	7 (1,3)	0,15	0,14	0,05 – 0,27
Ananas	12 (2,2)	0,16	0,09	0,03 – 0,88

Annexe 11 Tableau indiquant les concentrations en fluorures dans les aliments à partir d'études variées faites dans différents pays

(tiré de World Health Organization, 2002, p.56)

Food	Fluoride concentration (mg/kg)	Comment	References
Milk and milk products	0.01–0.8	Range of concentrations in 12 varieties of dairy products in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	0.045–0.51	Range of mean concentrations in 13 varieties of dairy products in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
	0.019–0.16	Range of concentrations in milk and milk products sampled between 1981 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)
Meat and poultry	0.04–1.2	Range of concentrations in 17 varieties of (cooked and raw) meat and poultry in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	0.01–1.7	Range of mean concentrations in 7 varieties of meat and poultry in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
	0.29	Mean concentration in canned meat and sausage sampled between 1981 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)
Fish	0.21–4.57	Range of concentrations in 4 varieties of fish available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)

(suite)

Tableau indiquant les concentrations en fluorures dans les aliments à partir d'études variées faites dans différents pays
(tiré de World Health Organization, 2002, p.57)

Food	Fluoride concentration (mg/kg)[a]	Comment	References
Fish (contd).	0.06–1.7	Range of concentrations in 6 varieties of fish available in the USA	Whitford (1996)
Soups	0.41–0.84	Range of concentrations in 4 varieties of soup available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	0.42–0.94	Range of mean concentrations in 7 varieties of soup available in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
Baked goods and cereals	0.04–1.02	Range of concentrations in 24 varieties of baked goods and cereals available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	1.27–1.85	Range of mean concentrations in rice consumed in three villages in China	Chen et al. (1996)
	0.06–0.49	Range of mean concentrations in 13 varieties of baked goods and cereals available in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
	0.05–0.39	Range of concentrations in bread and grains sampled between 1981 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)
Vegetables	0.01– 0.68	Range of concentrations in 38 varieties of raw, cooked and canned vegetables in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	0.28–1.34	Range of mean concentrations in three staple vegetables consumed in three villages in China	Chen et al. (1996)
	0.01–0.86	Range of mean concentrations in 24 varieties of vegetables available in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
	0.023	Mean concentration in some vegetables sampled between 1981 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)

(suite)

Tableau indiquant les concentrations en fluorures dans les aliments à partir d'études variées faites dans différents pays

(tiré de World Health Organization, 2002, p.58)

Food	Fluoride concentration (mg/kg)	Comment	References
Fruits and fruit juices	0.01–0.58	Range of concentrations in 25 varieties of fruit and fruit juices available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	0.03–0.19	Range of mean concentrations in 16 varieties of fruits and fruit juices available in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
	0.02–2.8	Range of concentrations in 532 varieties of fruit juice and juice-flavoured beverages in the USA	Kiritsy et al. (1996)
	0.027	Mean concentration in some fruits sampled between 1981 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)
	0.014–0.35	Range of concentrations in some fruit juices sampled between 1984 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)
Fats and oils	0.05–0.13	Range of concentrations in 3 varieties of fats and oils available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
Sugars and candies	0.01–0.28	Range of concentrations in 7 varieties of sugar-containing products available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	0.01–0.31	Range of mean concentrations in 12 varieties of sugar-containing foods available in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
Beverages	0.21–0.96	Range of concentrations in 6 varieties of beer, wines, coffee and soft drinks available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	0.19–0.78	Range of mean concentrations in 3 varieties of coffee and soft drinks available in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
	0.003–0.39	Range of concentrations in some soft drinks sampled between 1984 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)

(suite)

Tableau indiquant les concentrations en fluorures dans les aliments à partir d'études variées faites dans différents pays
(tiré de World Health Organization, 2002, p.59)

Food	Fluoride concentration (mg/kg)*	Comment	References
Beverages (contd).	0.02–1.28	Range of concentrations in 332 samples of soft drinks sold in Iowa, USA, between 1995 and 1997	Heilman et al. (1999)
Tea	4.97	Concentration in tea available in Canada	Dabeka & McKenzie (1995)
	90.94–287.9	Range of mean concentrations of tea consumed in 3 villages in China	Chen et al. (1996)
	243.7	Mean concentration in 4 samples of tea leaves used in Hungary	Schamschula et al. (1988a)
	82–371	Range of concentrations in samples of 32 tea leaves purchased in Hong Kong	Wei et al. (1989)
	0.005–0.174	Range of concentrations in herbal and children's teas sampled between 1984 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)
	0.37–2.07	Range of concentrations in black tea sampled between 1984 and 1989 in Germany	Bergmann (1995)

Annexe 12 Tableau indiquant l'apport en fluorure des Canadiens selon différentes sources et par groupe d'âge

(tiré de INSPQ, 2011, p.3)

Source d'exposition	Apport calculé de fluorures chez divers groupes d'âge (mg/kg/j)			
	7 mois à 4 ans	5 à 11 ans	12 à 19 ans	20 ans et +
Air ambiant	0,01	0,01	0,01	0,01
Aliments	22,3	16,4	13,6	30,1
Dentifrice	20 - 60[a]	8,2 - 20[a]	2,5	1,1
Terre	0,02 - 1,19[b]	0,01 - 0,40[b]	0,002 - 0,11[b]	0,002 - 0,09[b]
Eau potable fluorurée[c]	43	23	16	15
Eau potable non fluorurée[c]	6	3	2	2
Apport total eau fluorurée	106	54	32	46
Apport total eau non fluorurée	69	34	18	33

Adapté de Environnement Canada et Santé Canada (Environnement Canada et Santé Canada, 1993).

[a] Dans le calcul de l'apport quotidien total, une valeur moyenne de 40 µg/kg/j a été retenue pour l'apport en fluorures provenant du dentifrice chez les 7 mois à 4 ans et une valeur moyenne de 14 µg/kg/j a été retenue dans le cas des 5 à 11 ans.

[b] Dans le calcul de l'apport quotidien total, une valeur moyenne de 0,61 µg/kg/j a été retenue pour l'apport en fluorures provenant de la terre chez les 7 mois à 4 ans, une valeur moyenne de 0,21 µg/kg/j pour les 5 à 11 ans, une valeur moyenne de 0,06 µg/kg/j pour les 12 à 19 ans et une valeur moyenne de 0,05 µg/kg/j pour les 20 ans et plus.

[c] Le calcul de l'apport quotidien en fluorures provenant de l'eau potable est basé sur la consommation d'eau quotidienne et le poids corporel recommandés par Santé Canada (Santé Canada, 1995). Les doses ont été calculées en considérant que la concentration de fluorures dans les eaux fluorurées est de 0,7 mg/l, tandis que la concentration dans les eaux non fluorurées est de 0,1 mg/l.

Annexe 13 Tableau indiquant la quantité de fluorures ingérée par des sous-groupes de la population dont la consommation d'eau est plus élevée que la normale

(tiré de Prysupta, 2011, p.116)

	Typical consumers[b]			
	Water consumption		Fluoride intake[d]	
Population Subgroup (Weight)	mL/day	mL/kg/day	mg/day	mg/kg/day
Athletes, workers, military (50 kg)	2,500	50	1.8-3.0	0.035-0.06
Athletes, workers, military (70 kg)	3,500	50	2.5-4.2	0.035-0.06
Athletes, workers, military (100 kg)	5,000	50	3.5-6.0	0.035-0.06
Athletes and workers (120 kg)	6,000	50	4.2-7.2	0.035-0.06
DM patients (20 kg)	1,000	50	0.7-1.2	0.035-0.06
DM patients (70 kg)	3,500	50	2.5-4.2	0.035-0.06
NDI patients (20 kg)	1,000	50	0.7-1.2	0.035-0.06
NDI patients (70 kg)	3,500	50	2.5-4.2	0.035-0.06
	High consumers[c]			
	Water consumption		Fluoride intake[d]	
Population Subgroup (Weight)	mL/day	mL/kg/day	mg/day	mg/kg/day
Athletes, workers, military (50 kg)	3,500	70	2.5-4.2	0.049-0.084
Athletes, workers, military (70 kg)	4,900	70	3.4-5.9	0.049-0.084
Athletes, workers, military (100 kg)	7,000	70	4.9-8.4	0.049-0.084
Athletes and workers (120 kg)	8,400	70	5.9-10	0.049-0.084
DM patients (20 kg)	2,000	100	1.4-2.4	0.07-0.12
DM patients (70 kg)	4,900	70	3.4-5.9	0.049-0.084
NDI patients (20 kg)	3,000	150	2.1-3.6	0.11-0.18
NDI patients (70 kg)	10,500	150	7.4-13	0.11-0.18

[a]Assumes all drinking water is from fluoridated community (municipal) sources.
[b]Based on a typical consumption rate for the population subgroup.
[c]Based on a reasonably high (but not upper bound) consumption rate for the population subgroup; some individual exposures could be higher.
[d]Based on fluoride concentrations of 0.7-1.2 mg/L.
ABBREVIATIONS: DM, diabetes mellitus; NDI, nephrogenic diabetes insipidus.

Annexe 14 Déclaration du Fluoride Action Network pour bannir la fluoration des eaux municipales aux États-Unis et signataires

(tiré de Fluoride Action Network, 2011)

THE STATEMENT:

We, the undersigned professionals, come from a variety of disciplines but all have an abiding interest in ensuring that government public health and environmental policies be determined honestly, with full attention paid to the latest scientific research and to ethical principles. EIGHT recent events make action to end water fluoridation urgent.

1. The publication in 2006 of a 500-page review of fluoride's toxicology **by a distinguished panel appointed by the National Research Council of the National Academies (NRC, 2006).** The NRC report concluded that the US Environmental Protection Agency's (EPA) safe drinking water standard for fluoride (i.e. maximum contaminant level goal or MCLG) of 4 parts per million (ppm) is unsafe and should be lowered. Despite over 60 years of fluoridation, the report listed many basic research questions that have not been addressed. Still, the panel reviewed a large body of literature in which fluoride has a statistically significant association with a wide range of adverse effects. These include an increased risk of bone fractures, decreased thyroid function, lowered IQ, arthritic-like conditions, dental fluorosis and, possibly, osteosarcoma.

The average fluoride daily intakes (*) associated with many of these adverse effects are reached by some people consuming water at the concentration levels now used for fluoridation -- especially small children, above average water drinkers, diabetics, people with poor kidney function and other vulnerable sub-groups. For example, the average fluoride daily intake associated with impaired thyroid function in people with iodine deficiency (about 12% of the US population) is reached by small children with average consumption of fluoridated water at 1 ppm and by people of any age or weight with moderate to high fluoridated water consumption. Of special note among the animal studies is one in which rats fed water containing 1 ppm fluoride had an increased uptake of aluminum into the brain, with formation of beta-amyloid plaques, which is a classic marker of Alzheimer's disease pathology in humans. **Considering the substantial variation in individual water intake, exposure to fluoride from many other sources, its accumulation in the bone and other calcifying tissues and the wide range of human sensitivity to any toxic substance, fluoridation provides NO margin of safety for many adverse effects, especially lowered thyroid function.** * Note: "Daily intake" takes into account the exposed individual's bodyweight and is measured in mg. of fluoride per kilogram bodyweight.

2. The evidence provided by the US Centers for Disease Control and Prevention (CDC) in 2005 that 32% of American children have dental fluorosis – an abnormal discoloration and mottling of the enamel. This irreversible and sometimes disfiguring condition is caused by fluoride. Children are now being overdosed with fluoride, even in non-fluoridated areas, from water, swallowed toothpaste, foods and beverages processed with fluoridated water, and other sources. Fluoridated water is the easiest source to eliminate.

(suite)

3. The American Dental Association's policy change, in November 2006, recommending that only the following types of water be used for preparing infant formula during the first 12 months of life: "purified, distilled, deionized, demineralized, or produced through reverse osmosis." This new policy, which was implemented to prevent the ingestion of too much fluoride by babies and to lower the risk of dental fluorosis, clearly excludes the use of fluoridated tap water. The burden of following this recommendation, especially for low income families, is reason alone for fluoridation to be halted immediately. Formula made with fluoridated water contains 250 times more fluoride than the average 0.004 ppm concentration found in human breast milk in non-fluoridated areas (Table 2-6, NRC, 2006).

4. The CDC's concession, in 1999 and 2001, that the predominant benefit of fluoride in reducing tooth decay is TOPICAL and not SYSTEMIC. To the extent fluoride works to reduce tooth decay, it works from the outside of the tooth, not from inside the body. It makes no sense to drink it and expose the rest of the body to the long term risks of fluoride ingestion when fluoridated toothpaste is readily available.

Fluoride's topical mechanism probably explains the fact that, since the 1980s, there have been many research reports indicating little difference in tooth decay between fluoridated and non-fluoridated communities (Leverett, 1982; Colquhoun, 1984; 1985 and 1987; Diesendorf, 1986; Gray, 1987; Brunelle and Carlos, 1990; Spencer,1996; deLiefde, 1998; Locker, 1999; Armfield and Spencer, 2004; and Pizzo 2007 - see citations). Poverty is the clearest factor associated with tooth decay, not lack of ingested fluoride. According to the World Health Organization, dental health in 12-year olds in non-fluoridated industrialized countries is as good, if not better, than those in fluoridated countries (Neurath, 2005).

5. In 2000, the publication of the UK government sponsored "York Review," the first systematic scientific review of fluoridation, found that NONE of the studies purporting to demonstrate the effectiveness of fluoridation to reduce tooth decay were of grade A status, i.e. "high quality, bias unlikely" (McDonagh et al., 2000).

6. The publication in May 2006 of a peer-reviewed, case-controlled study from Harvard University which found a 5-7 fold increase in osteosarcoma (a frequently fatal bone cancer) in young men associated with exposure to fluoridated water during their 6th, 7th and 8th years (Bassin et al., 2006). This study was surrounded by scandal as Elise Bassin's PhD thesis adviser, Professor Chester Douglass, was accused by the watchdog Environmental Working Group of attempting to suppress these findings for several years (see video). While this study does not prove a relationship between fluoridation and osteosarcoma beyond any doubt, the weight of evidence and the importance of the risk call for serious consideration.

7. The admission by federal agencies, in response to questions from a Congressional subcommittee in 1999-2000, that the industrial grade waste products used to fluoridate over 90% of America's drinking water supplies (fluorosilicate compounds) have never been subjected to toxicological testing nor received FDA approval for human ingestion (Fox, 1999; Hazan, 2000; Plaisier, 2000; Thurnau, 2000).

(suite)

8. The publication in 2004 of "The Fluoride Deception" by Christopher Bryson. This meticulously researched book showed that industrial interests, concerned about liabilities from fluoride pollution and health effects on workers, played a significant role in the early promotion of fluoridation. Bryson also details the harassment of scientists who expressed concerns about the safety and/or efficacy of fluoridation (see Bryson interview).

We call upon Members of Congress (and legislators in other fluoridating countries) to sponsor a new Congressional (or Parliamentary) Hearing on Fluoridation so that those in government agencies who continue to support the procedure, particularly the Oral Health Division of the CDC, be compelled to provide the scientific basis for their ongoing promotion of fluoridation. They must be cross-examined under oath if the public is ever to fully learn the truth about this outdated and harmful practice.

We call upon all medical and dental professionals, members of water departments, local officials, public health organizations, environmental groups and the media to examine for themselves the new documentation that fluoridated water is ineffective and poses serious health risks. It is no longer acceptable to simply rely on endorsements from agencies that continue to ignore the large body of scientific evidence on this matter -- especially the extensive citations in the NRC (2006) report discussed above.

The untold millions of dollars that are now spent on equipment, chemicals, monitoring, and promotion of fluoridation could be much better invested in nutrition education and targeted dental care for children from low income families. The vast majority of enlightened nations have done this (see statements).

It is time for the US, and the few remaining fluoridating countries, to recognize that fluoridation is outdated, has serious risks that far outweigh any minor benefits, violates sound medical ethics and denies freedom of choice. Fluoridation must be ended now.

(suite)

Signataires de la déclaration du Fluoride Action Network demandant de cesser la fluoration des eaux aux États-Unis

UPDATE: **3,825 Signers by-degree as of October 16, 2011:**

• 674 Nurses (RN, MSN, BSN, ARNP, APRN, LNC, RGON)
• 556 DC's (Doctor of Chiropractic, includes M Chiro)
• 467 PhD's – includes DSc, Doctor of Science; EdD (Doctor of Education); DrPH (Doctor of Public Health)
• 407 MD's (includes MBBS)
• 328 Dentists (DDS, DMD, BDS)
• 156 ND's (Doctor of Naturopathic Medicine)
• 90 Lawyers (JD, LLB, Avvocato)
• 86 Pharmacists (Pharm.D, B. Pharm, DPh, RPH)
• 91 RDHs (Registered Dental Hygienist); also DH, RDHAP, EFDA, RDAEF, and RDN
• 62 Acupuncturists (Lac – Licensed Acupuncturist, and, Mac –Master Acupuncturist)
• 38 DO's (Doctor of Osteopathic Medicine)
• 25 Veterinarians (DMV, VMD, BVMS)
• 17 OD (Doctor of Optometry)
• 16 PA-C (Physician Assistant – Certified); also MPAS and RPA-C

Signers include:

• Arvid Carlsson, Nobel Laureate for Physiology or Medicine, 2000
• Vyvyan Howard, MD, PhD, Past President, International Society of Doctors for the Environment (ISDE)
• Ingrid Eckerman, MD, MPH, President, Swedish Doctors for the Environment (LFM), Stockholm, Sweden
• Raul Montenegro, PhD, Right Livelihood Award 2004 (known as the Alternative Nobel Prize), President of FUNAM, Professor of Evolutionary Biology, National University of Cordoba, Argentina
• The current President and six past Presidents of the International Academy of Oral Medicine and Toxicology
• Three scientists from the Environmental Protection Agency (EPA) Headquarters Union in Washington D.C.
* William Marcus, PhD, Former chief toxicologist of the EPA Water Division, Boyds, MD
• Three members of the National Research Council committee who wrote the landmark 2006 report: Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards (Hardy Limeback, PhD, DDS; Robert L. Isaacson, PhD; Kathleen M. Thiessen, PhD)
• The Board of Directors, American Academy of Environmental Medicine

(suite)

Signataires de la déclaration du Fluoride Action Network demandant de cesser la fluoration des eaux aux États-Unis (suite)

• Two advisory board members of the UK government sponsored “York Review”
• Andy Harris, MD, former national president, Physicians for Social Responsibility, Salem, OR
• Theo Colborn, PhD, co-author, Our Stolen Future
• Lubomyr Romankiw, PhD, awarded the Perkin Medal (1993), the highest honor given in the US industrial chemical industry
• Lynn Margulis, PhD, a recipient of the National Medal of Science
• Ken Cook and Richard Wiles, President and Executive Director, Environmental Working Group (EWG)
• Ron Cummins, Director, Organic Consumers Association
• Magda Aelvoet, MD, Former Minister of Public Health, Leuven, BELGIUM
• Doug Everingham, former Federal Health Minister (1972-75), Australia
• Peter Montague, PhD, Director of Environmental Health Foundation
• Ted Schettler, MD, Science Director, Science and Environmental Health Network
• Stephen Lester, Science Director, Center for Health, Environment, and Justice
• Lois Gibbs, Executive Director, Center for Health, Environment, and Justice, Goldman Prize Winner (1990), Falls Church, VA
• Rosalie Bertell, PhD, Regent of the Board, International Physicians for Humanitarian Medicine, Geneva, Switzerland, Retired President, International Institute of Concern for Public Health, Toronto, Canada
• FIVE Goldman Prize winners (2006, 2003, 1997,1995, 1990)
• Sam Epstein, MD, author, “Politics of Cancer” and Chairman,Cancer Prevention Coalition
• Pat Costner, retired Senior Scientist, Greenpeace International
• Jay Feldman, Executive Director,Beyond Pesticides
• Sandra Duffy, Board President, Consumers for Dental Choice
• Joseph Mercola, Doctor of Osteopathic Medicine, http://www.mercola.com, Chicago, IL
• Michael W. Fox, DSc, PhD, BVM, MRCVS (former vice president of The Humane Society of the US, former vice president of Humane Society International and the author of more than 40 adult and children’s books on animal care, animal 98ehaviour and bioethics), http://www.twobitdog.com/DrFox/, Minneapolis, MN
• Leo Cashman, Executive Director of DAMS (Dental Amalgam Mercury Syndrome)
• Chris Bryson, author, The Fluoride Deception
• Environmental leaders from over 30 countries, and
• Legendary folksinger, songwriter and activist, Pete Seeger