



RÉGIE RÉGIONALE
DE LA SANTÉ ET DES
SERVICES SOCIAUX
**ABITIBI-
TÉMISCAMINGUE**

***L'IMPRÉGNATION PAR L'ARSENIC D'UNE POPULATION
DE L'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE PAR INGESTION
D'EAU DE LEUR PUIITS, 1995***

**ADOPTÉ PAR LE
COMITÉ DE GESTION
LE 6 AVRIL 1999**

L'imprégnation par l'arsenic d'une population de l'Abitibi- Témiscamingue par ingestion d'eau de leur puits, 1995

Rédaction

DIRECTION DE LA SANTÉ PUBLIQUE
Louis-Marie Poissant
AGENT DE PLANIFICATION ET DE
PROGRAMMATION SOCIOSANITAIRE

Reproduction autorisée à des fins non commerciales avec
mention de la source. Toute reproduction totale ou partielle doit
être fidèle au texte utilisé.

\\bureautique\dsp\santenv\eaupota 6233\ars-15-\rap\impregnation.doc

ISBN : inscrire no 2-89391-132-3

DÉPÔT LÉGAL – BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC, 1998
DÉPÔT LÉGAL – BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU CANADA, 1998

Prix : 10 \$ + frais de manutention

RÉSUMÉ

Une première étude avait montré que 104 puits avaient plus de 20 ppb d'arsenic dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1995. La concentration maximale acceptable (CMA) *provisoire* pour l'arsenic dans l'eau potable au Canada est de 25 ppb (SBSC 1992). La CMA est dite provisoire car elle ne permet pas d'établir un risque pour la santé considéré comme négligeable à toute fin pratique. Il existe une forte probabilité que ces puits représentent la quasi-totalité des puits contaminés à l'arsenic en région (Poissant 1997). Pour assurer le suivi de la population exposée, la présente étude poursuit trois objectifs. Premièrement, une mesure des indicateurs biologiques (urine et cheveux) et la quantité d'eau bue a été effectuée auprès des familles pour établir s'il existe une corrélation entre la dose d'arsenic absorbée chez les personnes exposées par l'ingestion d'eau potable contaminée et la concentration dans l'urine et les cheveux. Deuxièmement, mesurer l'association possible entre le degré de contamination de l'eau du puits et l'augmentation de la concentration d'arsenic urinaire et capillaire (dans les cheveux). Troisièmement, identifier les personnes les plus à risque d'être exposées à des concentrations d'arsenic élevées dans leur eau de consommation. Ce dernier objectif a permis d'informer et de donner les principales recommandations aux personnes concernées.

Les résultats indiquent qu'il y a une corrélation positive significative entre la dose d'arsenic ingérée à partir de consommation du puits et le taux d'arsenic ($r = 0,37$). En somme, il y a augmentation du taux d'arsenic capillaire avec une augmentation de la quantité d'arsenic ingérée par l'eau. La corrélation semble plus élevée entre la dose d'arsenic absorbée et la concentration d'arsenic urinaire ($r = 0,48$). Toutefois l'indicateur urinaire ne mesure qu'une période d'exposition relativement courte (48 heures) avant la prise d'échantillon. En conséquence les résultats obtenus ne sont pas une mesure d'exposition à long terme comme pour l'indicateur capillaire.

Lorsqu'on divise par classes la contamination des puits à l'arsenic, et qu'on ne tient pas compte de la dose bue, il devient évident qu'une augmentation de la contamination du puits entraîne une augmentation de l'arsenic urinaire et capillaire (figure 2). Cependant, la normale urinaire du CTQ est clairement dépassée uniquement quand on arrive à la classe de 51 à 100 ppb.

Les études épidémiologiques mondiales tendent à montrer que c'est la consommation régulière d'une eau contenant au moins 25 ppb d'arsenic qui peut induire certains cancers, dont un cancer de la peau. Selon l'estimation de Santé Canada à partir de différentes études (dont la plus importante a été effectuée à Taiwan auprès d'une population de 40 421 personnes), la probabilité de développer un cancer de la peau est de 1/1000 pour une ingestion régulière d'une eau contaminée à l'arsenic aussi peu que 28 ppb pendant toute une vie.

Ainsi, même si les taux d'arsenic urinaire et capillaire d'un individu indiquent des niveaux considérés normaux, il faut quand même être prudent si l'on a un puits contaminé à des taux situés entre 25 et 50 ppb.

Finalement, les résultats montrent que l'intervention de la Direction de la santé publique, c'est-à-dire d'aviser la population exposée de diminuer sa consommation d'eau contaminée a été couronnée de succès. L'arsenic urinaire est passé d'une moyenne géométrique de 0,54 $\mu\text{mole/litre}$ à 0,19 $\mu\text{mole/litre}$, la normale pour une population non exposée à l'arsenic par l'eau potable étant de moins de 0,25 $\mu\text{mole/litre}$.

REMERCIEMENTS

Une telle étude n'aurait pas été possible sans l'apport de nombreuses personnes. Nous tenons à remercier le Centre de Toxicologie du Québec (CTQ) qui a réalisé toutes les analyses de prélèvements biologiques et a soutenu notre intervention du début à la fin, notamment par le concours de son chimiste, M. Alain Leblanc.

Nous voulons également souligner la collaboration enrichissante apportée par les personnes suivantes :

Du Centre de santé publique de Québec : Jacques Grondin et Patrick Levallois.

Du Centre de Toxicologie du Québec : Jean-Louis Benedetti, Albert J. Nantel et Jean-Philippe Weber.

Du ministère de l'Environnement et de la Faune : madame Hélène Tremblay.

De la Direction de la santé publique de Montréal : Tom Kosatsky.

De la Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue :

Monsieur Daniel Gagné, Direction de la santé publique, module santé environnementale.

Monsieur Georges Bourdouxhe, Direction de la santé publique, module santé environnementale.

Madame Gaétanne Cormier, Direction de la santé publique, module recherche, connaissance, surveillance et évaluation.

Madame Chantal Girard, Direction de la santé publique, module recherche, connaissance, surveillance et évaluation.

Madame Lise Beaudoin qui a assumé le secrétariat.

LEXIQUE

ppm	Parties par million (par exemple un milligramme par litre)
ppb	Parties par milliard (par exemple un microgramme par litre ($\mu\text{g/L}$), un milligramme dans une tonne métrique)
μg	Microgramme (0,001 milligramme)
μmole	Micromole (10^{-6} mole)
As	Arsenic
MRN	Ministère des Ressources naturelles
CTQ	Centre de toxicologie du Québec

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iii
REMERCIEMENTS.....	v
LEXIQUE.....	vii
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xi
Liste des annexes.....	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE PREMIER	
PROBLÉMATIQUE ET ÉTAT DES CONNAISSANCES.....	5
1.1 Exposition.....	5
1.2 Métabolisme et toxicité.....	5
1.3 Effets chez les humains.....	6
1.4 Objectifs de la recherche	7
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE.....	11
2.1 Échantillonnage des puits et des personnes.....	11
2.2 Collecte des données et calendrier	11
2.3 Mesure des taux d'arsenic dans l'urine et les cheveux.....	13
2.3.1 Taux d'arsenic dans l'urine.....	13
2.3.2 Taux d'arsenic dans les cheveux.....	13
2.4 Analyses statistiques.....	13
2.5 Limite des données.....	15
2.6 Suivi des personnes	16
CHAPITRE 3 RÉSULTATS ET ANALYSE	19
3.1 Statistiques descriptives.....	19
3.2 Statistiques analytiques.....	20
3.2.1 Cheveux 0-3 cm et 3-6 cm.....	20
3.2.2 Association entre l'arsenic ingéré à partir de l'eau et le taux d'arsenic urinaire (1 ^{er} prélèvement).....	21
3.2.3 Association entre la dose d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation et les taux d'arsenic capillaire.....	22
3.2.4 Diminution de la quantité d'arsenic ingéré.....	24
3.2.5 Diminution de l'arsenic urinaire.....	25

3.2.6	Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes de contamination à l'arsenic de l'eau des puits.....	26
3.2.7	Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes d'arsenic ingéré	28
3.3	Suivi des personnes	31
CHAPITRE 4 COMMENTAIRES ET INTERROGATIONS		35
4.1	Variation dans le temps des concentrations dans l'eau	36
4.2	Toxicité des diverses formes d'arsenic	37
4.3	Formations géologiques associées à la présence d'arsenic	38
4.4	Percolation de la contamination de surface vers l'eau souterraine.....	38
CONCLUSION		41
Bibliographie et sites internet		45
Annexe 1: Questionnaire concernant la consommation d'eau.....		49
Annexe 2: Formulaire d'autorisation		53
Annexe 3 : Note sur le prélèvement d'urine		57
Annexe 4 : Lettres donnant les résultats d'arsenicurinaire et capillaire (3 groupes)		61
Annexe 5 : Consommation d'eau maximum suggérée (Litre/jour et tasse/jour) pour respecter la dose journalière de la recommandation fédérale		69
Annexe 6 : Fiche technique 1, Effet de l'absorption d'arsenic à petites doses pendant des années		73
Annexe 7 : Fiche technique 2, D'où vient l'arsenic de votre puits?		77
Annexe 8 : Fiche technique 3, Les solutions à une trop grande concentration en arsenic dans l'eau potable		81

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Taux d'arsenic urinaire (log μ mole/Litre) en fonction de la quantité d'arsenic ingéré (log μ g/jour) à partir de l'eau de consommation, premier prélèvement.....	22
Figure 2 : Taux d'arsenic capillaire (0 à 3 cm des cheveux, log ppm) en fonction de la dose d'arsenic ingérée à partir de l'eau potable des puits (log μ g/jour).....	23
Figure 3 : Moyennes géométriques de l'arsenic urinaire (μ mole/Litre) et capillaire (ppm) en fonction des classes de contamination des puits (ppb).....	27
Figure 4 : Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes d'arsenic ingéré	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Calendrier des activités.....	12
Tableau 2 : Liste des variables retenues.....	14
Tableau 3 : Données descriptives des variables étudiées.....	19
Tableau 4 : Différence entre les taux d'arsenic capillaire 0 à 3 cm et 3 à 6 cm.....	20
Tableau 5: Corrélation entre la quantité d'arsenic ingéré à partir de l'eau et le taux d'arsenic urinaire (1 ^{er} prélèvement).....	21
Tableau 6 : Corrélation entre la dose d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation et les taux d'arsenic capillaire.....	22
Tableau 7 : Comparaison entre les quantités d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation du puits avant et après l'intervention de la Direction de la santé publique.....	25
Tableau 8 : Différence entre les quantités d'arsenic urinaire au premier et au deuxième prélèvement.....	26
Tableau 9 : Moyenne géométrique des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes de contamination à l'arsenic de l'eau des puits.....	27
Tableau 10 : Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes d'arsenic ingéré	29
Tableau 11 : Nombre de participants pour fin de suivi en fonction de leur taux d'arsenic urinaire et de leur taux d'arsenic capillaire.....	31

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Questionnaire concernant la consommation d'eau.....	49
Annexe 2: Formulaire d'autorisation.....	53
Annexe 3 : Note sur le prélèvement d'urine.....	57
Annexe 4 : Lettres donnant les résultats d'arsenic urinaire et capillaire (3 groupes)	61
Annexe 5 : Consommation d'eau maximum suggérée (Litre/jour et tasse/jour) pour respecter la dose journalière de la recommandation fédérale:.....	69
Annexe 6 : Fiche technique 1, Effet de l'absorption d'arsenic à petites doses pendant des années	73

Annexe 7 : Fiche technique 2, D'où vient l'arsenic de votre puits?	77
Annexe 8 : Fiche technique 3, Les solutions à une trop grande concentration en arsenic dans l'eau potable.....	81

INTRODUCTION

La Direction de la santé publique (DSP) a pour mandat de protéger les populations contre une exposition aux contaminants environnementaux. En Abitibi-Témiscamingue, à cause de la nature du sous-sol géologique et du fait qu'une proportion importante de la population a des puits artésiens, la possibilité de contamination aux métaux lourds par l'eau potable dans les résidences isolées est une préoccupation importante. Il s'agit d'ailleurs de l'un des objectifs de santé et de bien-être pour cette région qui stipule que les utilisateurs de puits domestiques contaminés doivent disposer d'une eau conforme aux normes généralement admises (RRSSAT 1994).

Cette étude fait suite aux résultats d'une étude menée par la Direction de la santé publique à l'été 1995. Elle montrait que l'eau de 104 puits sur 500 puits échantillonnés contenait plus de 20 ppb d'arsenic. Ce niveau de 20 ppb a été retenu dans la présente étude comme le seuil d'intervention pour inviter les personnes buvant cette eau à participer au prélèvement d'urine et de cheveux. La concentration maximale acceptable (CMA) *provisoire* pour l'arsenic dans l'eau potable au Canada est de 25 ppb (SBSC 1992). La CMA est dite provisoire car elle ne permet pas d'établir un risque pour la santé considéré comme négligeable à toute fin pratique. Pour pouvoir déterminer le degré d'imprégnation des individus à l'arsenic, la mesure de plusieurs variables a été nécessaire : la concentration d'arsenic dans l'eau du puits, la quantité d'eau bue, et les deux indicateurs biologiques utilisés habituellement, soit les taux d'arsenic urinaire et capillaire. Dans cette étude on s'est servi de la mesure de ces indicateurs pour :

- Établir s'il y a une corrélation linéaire significative entre la dose d'arsenic ingérée par l'eau de consommation du puits et les taux d'arsenic urinaire et capillaire;
- Établir s'il y a association entre le degré de contamination de l'eau potable des puits et la concentration d'arsenic dans l'urine et les cheveux;
- Dépister les personnes les plus à risque d'être exposées à des concentrations élevées d'arsenic par la consommation d'eau de leur puits et leur assurer un suivi approprié.

L'étude a été menée auprès des familles exposées à l'arsenic dans leur eau potable. Un premier prélèvement urinaire et capillaire a été effectué entre octobre et novembre 1995. Les résultats ont été remis en janvier 1996 à chaque participant avec les recommandations nécessaires. Un deuxième prélèvement d'urine seulement a été effectué en mai 1996, et les résultats ont été transmis en juillet 1996.

Page Titre CHAPITRE 2

CHAPITRE PREMIER

PROBLÉMATIQUE ET ÉTAT DES CONNAISSANCES

1.1 Exposition

Les humains sont exposés à diverses formes d'arsenic ayant leur propre toxicité et activité métabolique; on distingue l'arsenic organique et l'arsenic inorganique, ce dernier étant surtout constitué d'arsenic trivalent et d'arsenic pentavalent. L'exposition à l'arsenic, toutes formes confondues, vient principalement par l'alimentation et par l'eau. La source d'arsenic organique est l'alimentation. Même pour l'arsenic inorganique, la source principale est habituellement l'alimentation, qui apporte approximativement 10,5 µg/jour, tandis que l'eau en apporte habituellement moins de 7,5 µg/jour (SBSC 1992 : 2). Comme il est difficile de diminuer l'exposition aux aliments, c'est la quantité d'arsenic inorganique dans l'eau potable qui devient l'élément sur lequel on peut agir.

1.2 Métabolisme et toxicité

L'arsenic sous forme organique est très peu toxique car il est excrété rapidement par voie urinaire. Dans le cas de l'arsenic inorganique, environ 60 à 70 % est excrété dans l'urine en quatre jours (Osterloech 1992 : 499). Dans l'eau on retrouve habituellement de l'arsenic trivalent (valence +3, en milieu réducteur) et de l'arsenic pentavalent (valence +5, en milieu plus oxydé). L'arsenic trivalent (arsénite), qui est considéré comme le plus toxique, a tendance à s'accumuler dans les tissus alors que l'arsenic pentavalent (arséniate) est presque complètement éliminé par les reins (SBSC 1992 : 3).

L'arsenic trivalent est excrété selon deux modes principaux. Le premier mode est une excrétion rapide sous forme trivalente ou pentavalente. Le deuxième mode fait appel à une transformation de l'arsenic au niveau du foie. Une partie de l'arsenic est méthylée (associé à un groupement organique méthyle) dans le foie pour former de l'acide monométhylarsinique (AMMA) et de l'acide diméthylarsinique (ADMA), qui sont excrétés plus lentement (niveau maximal 3-4 jours après l'ingestion) par l'urine. D'autres voies d'élimination de l'arsenic inorganique sont les

cheveux, les ongles et la sueur, lesquelles peuvent davantage refléter l'exposition à long terme (1 mois et plus). (SBSC 1992 : 3).

1.3 Effets chez les humains

Les effets aigus de l'ingestion d'arsenic par l'eau potable (à des concentrations d'au moins 1 200 ppb) comprennent les symptômes suivants : « *douleurs abdominales, vomissements, diarrhées, douleurs dans les extrémités et dans les muscles et faiblesse avec rougeur de la peau* » (SBSC 1992). On estime que les chances d'observer de tels symptômes dans la région sont très faibles puisque la concentration d'arsenic mesurée dans l'eau potable atteint rarement plus de 230 ppb.

Les symptômes d'une exposition chronique à de plus faibles doses d'arsenic comprennent les lésions cutanées, le cancer de la peau, des maladies du système vasculaire périphérique et parfois, des cancers touchant d'autres organes (SBSC 1992). De récentes études sur les rats tendent à montrer que l'effet carcinogène de l'arsenic serait dû à la capacité d'un métabolite de la dégradation de l'arsenic dans le corps, l'acide diméthylarsinique (DMAA), d'induire des cancers (Yamamoto 1995).

L'effet cancérigène d'une exposition à l'arsenic ainsi que les limites technologiques de traitement d'eau pour réduire suffisamment la concentration d'arsenic a justifié l'élaboration de la recommandation fédérale d'une concentration maximale acceptable provisoire de 25 ppb. à partir d'études menées à Taiwan, on estime le risque de cancer de la peau, imputable à l'ingestion d'eau à 25 ppb pendant toute une vie à 10^{-3} . Ce niveau de risque est nettement supérieur à l'intervalle généralement considéré comme négligeable à toute fin pratique (10^{-6}) en santé environnementale. L'Organisation mondiale de la santé recommande quant à elle une concentration maximale de 10 ppb. Cependant l'impact économique du respect d'une telle recommandation serait actuellement énorme. Toute technique permettant de réduire davantage la concentration d'arsenic serait donc bienvenue.

D'après une étude écologique portant sur 30 comtés aux États-Unis, des concentrations d'arsenic supérieures à 20 ppb dans l'eau potable pourraient entraîner une augmentation des décès par maladies des artères, artérioles et capillaires (ICD-8e/9e édition, nos). 440-448) chez les populations exposées (Engel 1994). D'autres études seraient nécessaires au niveau international pour confirmer cette étude. Si c'était le cas, il faudrait s'attendre à ce que les personnes exposées en Abitibi-Témiscamingue à une eau contenant plus de 20 ppb d'arsenic seraient plus à risque de développer aussi ces maladies. Dans le cas de notre étude, le seuil d'intervention retenu est de 20 ppb dans l'eau potable comme seuil d'intervention pour le suivi de l'imprégnation. Toutefois la recommandation fédérale de 25 ppb d'arsenic a été utilisée pour l'établissement des secteurs géographiques d'analyse.

1.4 Objectifs de la recherche

Les objectifs de la présente recherche sont :

- Établir s'il y a une corrélation linéaire significative entre la dose d'arsenic ingérée par l'eau de consommation du puits et les taux d'arsenic urinaire et capillaire;
- Établir s'il y a association entre le degré de contamination de l'eau potable des puits et la concentration d'arsenic dans l'urine et les cheveux;
- Dépister les personnes les plus à risque linéaire significative entre la dose d'arsenic ingérée par l'eau de consommation du puits et les taux d'arsenic urinaire et capillaire et leur assurer un suivi approprié.

CHAPITRE 2 PAGE TITRE

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

2.1 Échantillonnage des puits et des personnes

À partir de l'analyse cartographique des résultats du ministère des Ressources Naturelles (MRN), 14 secteurs géographiques de la région de l'Abitibi-Témiscamingue ont été retenus dans l'étude de 1996 comme étant à risque (Poissant 1997). Une campagne de dépistage des puits contaminés avait alors été mise en place, ce qui avait permis d'échantillonner 493 puits dans ces secteurs. On avait alors trouvé 104 puits contenant au moins 20 parties par milliard (ppb ou µg/L) d'arsenic. Les résultats ont été envoyés aux participants en octobre, en leur précisant que si la concentration de l'arsenic dans l'eau était de 20 ppb ou plus, la Direction de la santé publique les contacterait pour faire un suivi de leur taux d'arsenic dans l'urine et les cheveux. La concentration maximale acceptable (CMA) *provisoire* pour l'arsenic dans l'eau potable au Canada est de 25 ppb (SBSC 1992). La CMA est dite provisoire car elle ne permet pas d'établir un risque pour la santé considéré comme négligeable à toute fin pratique.

Parmi les utilisateurs de ces puits, 139 personnes ont accepté de participer au dépistage. Pour neuf d'entre elles, il n'a pas été possible d'avoir les échantillons de cheveux.

2.2 Collecte des données et calendrier

La récolte des échantillons d'eau et de divers paramètres concernant le puits avait été effectuée (lors de la première étude) du 24 juillet au 12 septembre 1995 (Poissant 1997).

Avant la récolte des prélèvements d'urine et de cheveux, les personnes ayant accepté de participer au projet avaient reçu un formulaire d'autorisation et un questionnaire auto-administré concernant la quantité d'eau consommée provenant de leur puits, pour la période de 24 heures précédant la récolte d'urine (voir annexes 1 et 2). Ils devaient compléter et apporter ces documents lors de la collecte des prélèvements.

Ce questionnaire auto-administré allait permettre d'estimer la quantité d'eau du puits consommée par les participants (chaque participant établissait lui-même sa consommation à partir d'une grille incluse dans le questionnaire et reproduite en annexe). Les documents complétés étaient remis à la personne responsable de la cueillette des prélèvements.

La première série de prélèvements d'urine et de cheveux a été récoltée chez tous les volontaires au début de novembre 1995. Les bouteilles d'urine (stérilisées, fournies par le CTQ) ont été distribuées par les municipalités concernées dans la plupart des cas, et les participants étaient avisés de la technique du prélèvement de leur première urine du matin (annexe 3). Les intervenants en santé environnementale se sont déplacés dans des salles communautaires à Rivière-Héva, Dubuisson et Duparquet, tandis qu'un intervenant en CLSC se chargeait des prélèvements des autres secteurs. Les personnes apportaient leur contenant d'urine à la salle communautaire et les intervenants coupaient une mèche de cheveux la plus longue possible et l'agrafaient sur une feuille prévue à cet effet, fournie par le CTQ, et indiquant clairement le côté de la racine des cheveux. La deuxième série de prélèvements (urine seulement) a été effectuée en mai 1996. Le tableau suivant résume la chronologie des activités.

Tableau 1 : Calendrier des activités.

PÉRIODE	ACTIVITÉ
Début novembre 1995	Premier prélèvement d'urine et prélèvement de cheveux
Novembre 1995	Envoi des prélèvements au CTQ
20 décembre 1995	Envoi des résultats avec recommandation et fiches techniques aux participants
Début mai 1996	Deuxième prélèvement d'urine
Mi mai 1996	Envoi des prélèvements au CTQ
3 juillet 1996	Envoi des résultats du deuxième prélèvement d'urine

2.3 Mesure des taux d'arsenic dans l'urine et les cheveux

Les échantillons d'urine ont été gardés au frais et tous les échantillons ont été acheminés pour analyse au laboratoire du Centre de Toxicologie du Québec (CTQ).

2.3.1 Taux d'arsenic dans l'urine

L'urine a été dosée pour sa teneur en arsenic urinaire non alimentaire. La densité urinaire a aussi été mesurée, ce qui a permis de corriger l'arsenic urinaire pour une densité de 1,024 g/mL, de façon à pouvoir comparer les résultats individuels entre eux. C'est cette valeur corrigée qui a servi aux analyses de corrélation. La normale est de moins de 0,25 $\mu\text{mole/L}$ d'arsenic urinaire non alimentaire.

2.3.2 Taux d'arsenic dans les cheveux

Les six premiers centimètres de cheveux (à partir de la racine) ont été divisés au laboratoire en deux segments de 3 cm chacun, correspondant à des périodes de trois mois chacune. Ces deux segments ont servi à établir chacune une variable. Rappelons que le taux d'arsenic dans les cheveux est un bon indicateur de l'exposition à long terme. En effet, pour chaque centimètre de cheveux mesuré, les résultats correspondent à environ un mois d'exposition. On a aussi utilisé comme indicateur la moyenne entre les deux segments de cheveux. Quand le deuxième segment n'était pas disponible, ce sont les mesures du premier segment qui ont servi comme valeur moyenne aux fins d'analyse.

2.4 Analyses statistiques

Les principales analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des logiciels Excel 97 et SPSS version 8.0.

Les principales variables retenues pour l'étude sont exposées au tableau suivant. Des statistiques descriptives ont été exécutées pour chacune d'entre elles : moyenne, écart-type, minimum, maximum.

Tableau 2 : Liste des variables retenues

SIGNIFICATION	UNITÉ
Concentration en arsenic dans l'eau du puits	(mg/L)
Arsenic urinaire corrigé pour la densité, 1 ^{er} prélèvement	(μ mole/L)
Dose journalière d'arsenic ingéré par l'eau du puits, 1 ^{er} prélèvement	(μ g/jour)
Concentration d'arsenic dans les cheveux, de 0 à 3 cm de la racine	ppm
Concentration d'arsenic dans les cheveux, de 3 à 6 cm de la racine	ppm
Moyenne de la concentration d'arsenic dans les cheveux	ppm
Arsenic urinaire corrigé pour la densité, 2 ^e prélèvement	(μ mole/L)
Dose journalière d'arsenic ingéré par l'eau du puits, 2 ^e prélèvement	(μ g/jour)

Pour les mesures d'association, les données des variables ont été transférées sur le logiciel d'analyse statistique SPSS. Elles ont aussi été transformées en logarithme pour pouvoir obtenir des courbes de distribution normale.

Les tests statistiques d'association utilisés sont :

- Le test de comparaison du **t** de Student au seuil de signification de 0,05 :
 - Pour établir s'il y a différence significative entre le taux d'arsenic dans les trois premiers centimètres de cheveux et le taux d'arsenic dans les 3 centimètres suivant (3 à 6 cm).
 - Pour établir s'il y a différence significative entre la quantité d'arsenic ingéré à partir de l'eau de consommation du puits lors de la première cueillette avec la quantité mesurée à la deuxième cueillette, après l'intervention de la santé publique. Les données sont appariées.
 - Pour établir s'il y a différence significative entre le taux d'arsenic urinaire à la première cueillette avec le taux à la deuxième cueillette suite à l'intervention de la santé publique. Les données sont appariées.
- Le test de corrélation de Pearson au seuil de signification de 0,05 :
 - Pour établir la force de l'association entre la quantité d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation du puits et les taux d'arsenic urinaire et capillaire.

Pour pouvoir déterminer le degré de contamination de l'eau des puits pour lequel le seuil normal du taux urinaire et du taux capillaire soit dépassé, deux étapes ont été franchies :

1. Les individus ont été classés par degré de contamination de l'eau de leur puits :

20-25 ppb
26-30 ppb
31-35 ppb
36-50 ppb
51-100 ppb
101-327 ppb

2. La moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire à la première collecte a été calculée pour l'ensemble des individus de chacune des classes.

Pour pouvoir déterminer la quantité d'arsenic ingéré à partir de l'eau des puits pour lequel le seuil normal du taux urinaire et du taux capillaire soit dépassé, deux étapes semblables ont été franchies :

1. Les individus ont été classés par quantité d'arsenic ingéré à partir de l'eau de leur puits (en microgramme par jour ($\mu\text{g}/\text{jour}$)) :

6-39
40-69
70-109
110-199
200-755

2. La moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire à la première collecte a été calculée pour l'ensemble des individus de chacune des classes.

Pour certaines analyses, la dose d'arsenic ingérée quotidiennement provenant de l'eau contaminée était requise. Pour ce faire, le calcul suivant a dû être fait :

Dose quotidienne (d'arsenic ingéré par la consommation d'eau du puits) ($\mu\text{g}/\text{j}$)

= **quantité** d'eau consommée (L/j) X **concentration** d'arsenic ($\mu\text{g}/\text{L}$).

2.5 Limite des données

Un biais lié à l'auto-sélection des sujets se doit d'être souligné. Les raisons qui déterminent la participation peuvent être liées à la perception du risque par les individus. En général, ces sujets sont très coopératifs et ont tendance à vouloir obtenir les résultats espérés.

Ainsi, malgré tous les efforts mis pour préciser la consommation d'eau, il reste qu'il s'agit d'une estimation par les participants eux-mêmes. Il est probable que la consommation ait été surestimée la plupart du temps, du fait qu'il fallait détailler toutes les sources d'eau potable. Par exemple, certaines personnes ont affirmé boire une tasse de café, de thé et de tisane le matin, alors qu'on peut penser qu'il s'agit de l'une ou l'autre selon le matin. La moyenne de consommation quotidienne d'eau potable pour le groupe à l'étude est de 1,73 L/jour, incluant les enfants, ce qui est légèrement supérieur à la moyenne canadienne de 1,5 L/jour. Cette surestimation possible n'a pas d'effet dans les analyses de corrélation, sinon de changer la pente de la droite de régression. Toutefois, il faudrait en tenir compte lors d'analyses comparées avec d'autres études.

La dose ne tient pas non plus compte des apports alimentaires. Il est peu probable que la variation dans la diète des personnes amène des différences significatives dans l'apport de l'arsenic alimentaire, mais ce n'est pas totalement à exclure.

Enfin, il est toujours possible qu'il y ait contamination externe des cheveux par les poussières ou l'eau de la douche.

2.6 Suivi des personnes

Un des objectifs de la recherche était de dépister les personnes les plus à risque d'être exposées à des concentrations élevées d'arsenic par la consommation d'eau de leur puits et leur assurer un suivi approprié. Il a été décidé de répartir l'intervention en 3 groupes selon le degré d'imprégnation mesuré à partir de l'arsenic urinaire et capillaire. Les recommandations ont légèrement différé dans les trois groupes, et sont présentées en annexe.

PAGE TITRE CHAPITRE 3

CHAPITRE 3

RÉSULTATS ET ANALYSE

3.1 Statistiques descriptives

L'analyse descriptive des variables est résumée au tableau suivant:

Tableau 3 : Données descriptives des variables étudiées

Variable	Unité	N	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum	Moy. géom..	Normale
Arsenic dans l'eau	mg/L	139	0,070	0,060	0,002	0,327	0,057	
As urinaire, 1 ^{er} prélèvement	µmole/L	139	0,53	0,52	0,049	4,118	0,362	< 0,25
Dose quotidienne, 1 ^{er} prélèvement	µg/jour	124	122,42	129,92	6,50	753,50	79,60	
As capillaire, 0-3 cm	ppm	130	0,90	1,16	0,05	7,00	0,53	< 1
As capillaire, 3-6 cm	ppm	106	0,93	1,24	0,04	7,45	0,51	< 1
As capillaire, moyenne	ppm	123	0,95	1,16	0,06	7,23	0,55	< 1
As urinaire, 2 ^e prélèvement	µmole/L	98	0,277	0,263	0,049	1,346	0,180	< 0,25
Dose quotidienne, 2 ^e prélèvement	µg/jour	97	30,97	45,08	0	195,75	-----	

Comme on peut le voir sur le tableau précédent, la concentration maximale pour les indicateurs d'imprégnation(urine et cheveux) lors du premier prélèvement est de 7 à 8 fois la normale, ce qui laisse supposer une très forte imprégnation chez certaines personnes. Effectivement, le maximum d'arsenic urinaire est plus de 16 fois la normale, et le maximum d'arsenic capillaire plus de 7 fois la normale.

Le deuxième prélèvement, effectué quelques mois après les recommandations que la Direction de la santé publique avait fournies (voir annexe 4), montre que, malgré le fait que certaines personnes n'aient pas diminué leur consommation d'eau contaminée, la moyenne du taux d'arsenic urinaire de l'ensemble du groupe (0,277 µmole/L).tend vers la normale (0,25 µmole/L)

3.2 Statistiques analytiques

On est intéressé à savoir s'il y a un lien entre les différentes variables étudiées. Par exemple, y a-t-il un lien entre la quantité d'arsenic absorbée par la consommation d'eau et l'arsenic urinaire? Si oui, cette association est-elle linéaire, et significative? C'est ce à quoi répondent les tests statistiques d'association.

D'autre part, on est aussi intéressé à savoir si l'exposition à long terme a été différente pour la même personne. On cherche aussi à savoir si les interventions ont été efficaces, en mesurant la différence chez les mêmes personnes dans le temps avant et après intervention de la santé publique. Ce sont les tests de comparaison (t de Student) qui nous permettront de le faire.

3.2.1 Cheveux 0-3 cm et 3-6 cm

D'après la littérature, la concentration d'arsenic dans les cheveux donnent une idée de l'exposition à long terme (environ 1 cm par mois). Y a-t-il une différence significative, pour tout le groupe, entre l'exposition depuis trois mois et l'exposition de trois à six mois?

Tableau 4 : Différence entre les taux d'arsenic capillaire 0 à 3 cm et 3 à 6 cm

	As cheveux 0-3 cm (ppm)	As cheveux 3-6 cm (ppm)
Moyenne arithmétique	0,903	0,925
Moyenne géométrique	0,491	0,494

N = 104, test du t de Student bilatéral, ddl = 103, p = 0,882 (>0,05); les données ont été exécutées sur des données appariées

Selon les résultats du tableau précédent, il n'y a pas de différence significative (seuil de 5%) entre les taux d'arsenic capillaires 0-3 cm et 3-6 cm. On peut donc supposer que le groupe des personnes exposées l'était depuis plusieurs mois.

3.2.2 Association entre l'arsenic ingéré à partir de l'eau et le taux d'arsenic urinaire (1^{er} prélèvement)

On reconnaît habituellement qu'une bonne partie (45-85% en 1 à 3 jours, selon ATSDR 1993 : 57) de l'arsenic ingéré est éliminé par voie urinaire dans les 24 à 48 heures suivant l'ingestion. Le tableau suivant montre que, d'après les résultats de l'étude, il y a une association significative entre la quantité d'arsenic ingéré provenant de l'eau de consommation du puits et le taux d'arsenic urinaire et cette corrélation est significative ($p < 0,001$). Ainsi, il y a augmentation du taux d'arsenic urinaire avec l'augmentation de la quantité d'arsenic ingéré à partir de l'eau de consommation du puits.

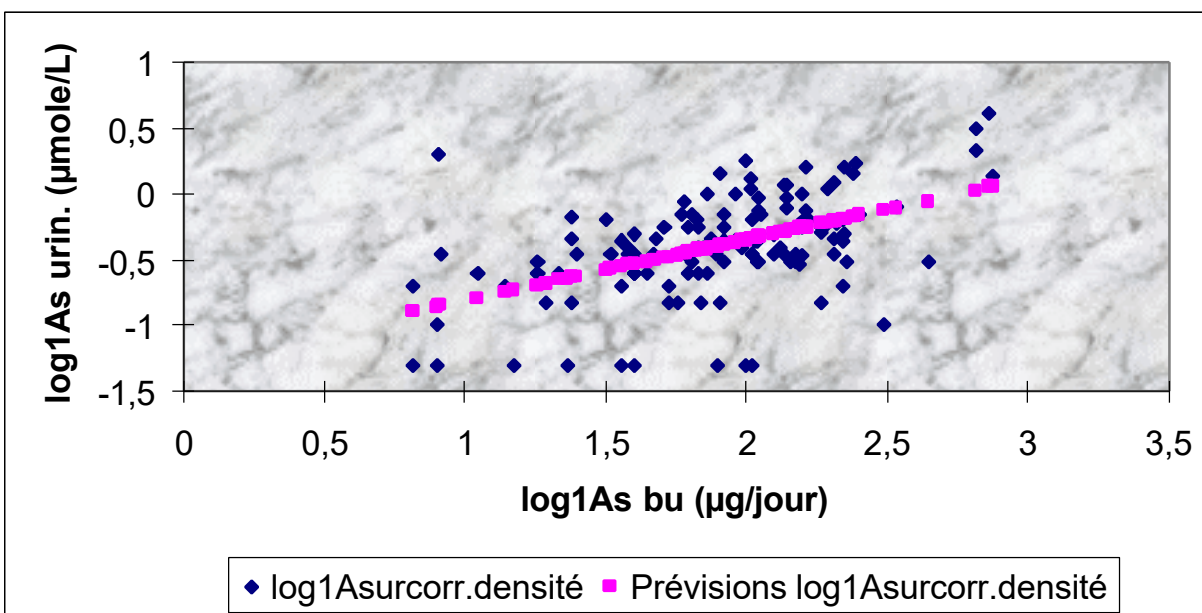
Tableau 5: Corrélation entre la quantité d'arsenic ingéré à partir de l'eau et le taux d'arsenic urinaire (1^{er} prélèvement)

Nombre de cas appariés	Degré de liberté	Valeur de r (coefficient de corrélation de Pearson)	"p"
123	122	0,4801	< 0,001

Le premier prélèvement correspond à la collecte d'échantillons avant toute forme d'intervention de la santé publique

La corrélation, est significative et montre que l'arsenic urinaire augmente proportionnellement à l'arsenic bu tel qu'illustré sur le graphique de la figure suivante.

Figure 1: Taux d'arsenic urinaire (log $\mu\text{mole/Litre}$) en fonction de la quantité d'arsenic ingéré (log $\mu\text{g/jour}$) à partir de l'eau de consommation, premier prélèvement



3.2.3 Association entre la dose d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation et les taux d'arsenic capillaire

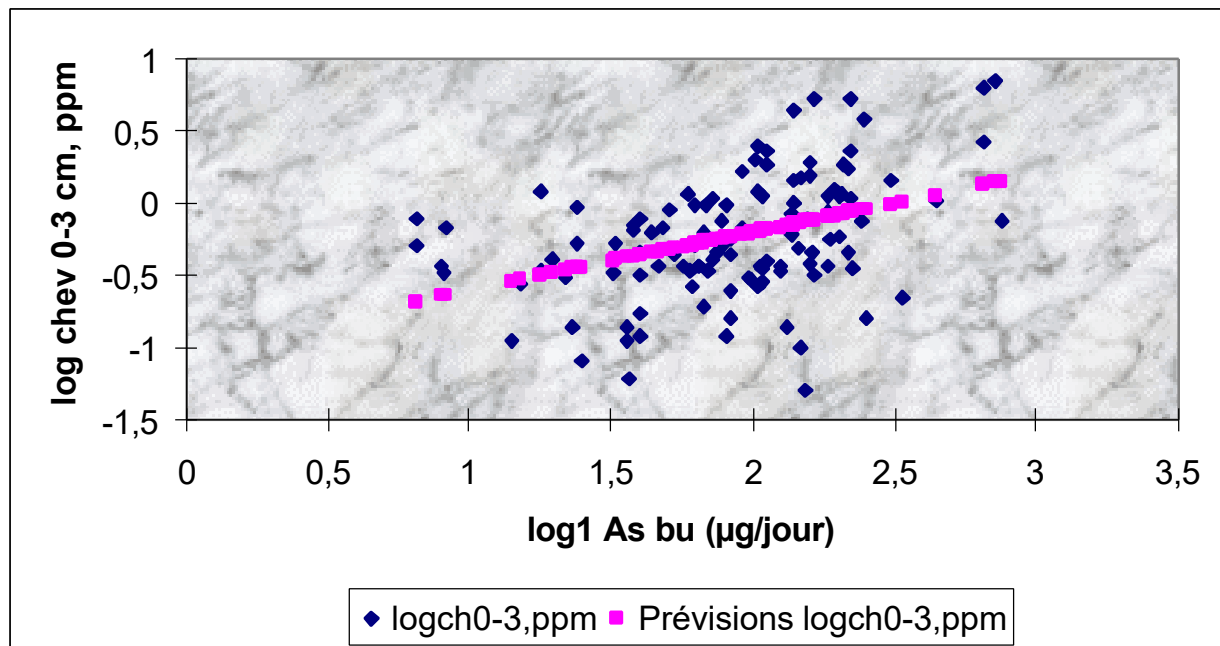
La mesure de la concentration d'arsenic dans l'eau du puits étant connue, et la quantité d'eau bue dans les dernières 24 heures précédant le prélèvement des cheveux des personnes exposées. Y a-t-il corrélation linéaire entre les deux? Autrement dit, dans quelle mesure l'exposition à court terme se reflète-t-elle dans le biomarqueur d'exposition à long terme que constitue les cheveux? Le tableau suivant résume les résultats à cet effet.

Tableau 6 : Corrélation entre la dose d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation et les taux d'arsenic capillaire

Variable	Nombre de cas	Degré de liberté	Valeur de r (coefficient de corrélation de Pearson)	"p"
0 à 3cm	115	114	0,3738	< 0,001

On remarque qu'il y a une corrélation positive significative entre la dose d'arsenic ingérée à partir de l'eau potable des puits et la concentration d'arsenic dans les cheveux de 0 à 3 centimètres. Il y a donc augmentation du taux d'arsenic capillaire avec une augmentation de la quantité d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation des puits. La droite de régression que l'on peut tirer de cette corrélation est illustrée à la figure suivante.

Figure 2 : Taux d'arsenic capillaire (0 à 3 cm des cheveux, log ppm) en fonction de la dose d'arsenic ingérée à partir de l'eau potable des puits (log µg/jour)



La corrélation entre la dose absorbée par l'eau potable et l'arsenic capillaire semble plus faible qu'avec l'arsenic urinaire (0,3738 vs 0,4801).

3.2.4 Diminution de la quantité d'arsenic ingéré

La Direction de la santé publique avait recommandé de diminuer ou d'arrêter (selon les cas) la consommation d'eau non traitée du puits, à partir d'une concentration en arsenic de 20 ppb. Parmi les participants, 38 personnes ont arrêté complètement de consommer l'eau du puits, faisant passer la moyenne arithmétique de la quantité d'arsenic ingérée par l'eau potable chez les 94 participants de 143,1 à 31,2 µg/jour.

Comme pour les autres données, celles-ci ont été transformées en logarithmes pour pouvoir effectuer des comparaisons entre deux distributions normales. Mais pour éviter de se retrouver avec des valeurs égales à 0, il a été décidé de ne retenir pour mesurer si la différence des deux groupes est significative, que ceux qui n'avaient pas complètement cessé de boire ($n = 56$). De cette manière, la Direction de la santé publique a pu vérifier si la diminution d'arsenic ingéré provenant de leur eau de puits était significative chez les 56 participants qui avaient continué à consommer. Le tableau suivant montre que la quantité d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation du puits a diminué de manière significative chez les 56 participants qui ont continué à consommer suite à l'intervention de la Direction de la santé publique. De plus, on peut voir à la lumière des résultats que la diminution est encore plus importante en incluant les données des 38 participants qui ont cessé de boire leur eau. Les personnes ont donc généralement bien suivi les recommandations et ont vu leur exposition à l'arsenic venant de l'eau de leur puits diminuer de façon significative.

Tableau 7 : Comparaison entre les quantités d'arsenic ingérée à partir de l'eau de consommation du puits avant et après l'intervention de la Direction de la santé publique

	As ingéré 1 (nov 95) (µg/j)	As ingéré 2 (mai 96) (µg/j)
Moyenne arithmétique incluant les 38 qui ont arrêté de boire (N = 94)	143,1	31,2
Moyenne arithmétique excluant les 38 qui ont arrêté de boire (N = 56)	132,2	51,6
Moyenne géométrique excluant les 38 qui ont arrêté de boire (N = 56)	94,8	26,3

N = 56, ddl = 55, test du t de Student bilatéral, $p < 0,001$; les données ont été exécutées sur des données appariées

3.2.5 Diminution de l'arsenic urinaire

D'un point de vue de la santé publique, le principal objectif des études portant sur la contamination et l'imprégnation à l'arsenic est de diminuer l'exposition de la population à l'arsenic. La réduction de l'arsenic dans l'eau potable est la seule variable sur laquelle les intervenants ont pris. Après les prélèvements de novembre 1995 et les recommandations fournies, y a-t-il eu une diminution significative de l'imprégnation en arsenic, mesurée dans l'arsenic urinaire? Le tableau suivant présente la comparaison de l'arsenic urinaire au premier et au deuxième prélèvement, pour les mêmes personnes dont on a les habitudes de consommation avant et après l'intervention (section 3.2.4 ci-dessus). La moyenne géométrique d'arsenic urinaire passe de 0,542 µmole/L à 0,186 µmole/L pour les 98 personnes ayant participé aux deux prélèvements.

Comme pour la section précédente, il a fallu exclure les personnes qui avaient complètement arrêté de boire pour mesurer si la différence d'arsenic urinaire est significative. Comme on le voit, la différence est significative ($p < 0,001$). À plus forte raison, la différence serait encore plus significative si on avait pu inclure dans le calcul les 38 personnes qui ont arrêté de boire l'eau de

leur puits. Rappelons ici que la normale est de moins de 0,25 $\mu\text{mole/L}$. Il semble donc que l'intervention ait ramené le taux d'arsenic dans l'urine sous la normale.

Tableau 8 : Différence entre les quantités d'arsenic urinaire au premier et au deuxième prélèvement

	As urinaire 1 (nov 95) ($\mu\text{mole/L}$)	As urinaire 2 (mai 96) ($\mu\text{mole/L}$)
Moyenne arithmétique incluant les 38 qui ont arrêté de boire (N = 94)	0,70	0,28
Moyenne géométrique incluant les 38 qui ont arrêté de boire (N = 94)	0,542	0,186
Moyenne arithmétique excluant les 38 qui ont arrêté de boire (N = 56)	0,75	0,36
Moyenne géométrique excluant les 38 qui ont arrêté de boire (N = 56)	0,619	0,251

N = 94, test du t de Student bilatéral, ddl = 93, $p < 0,001$; les données ont été exécutées sur des données appariées

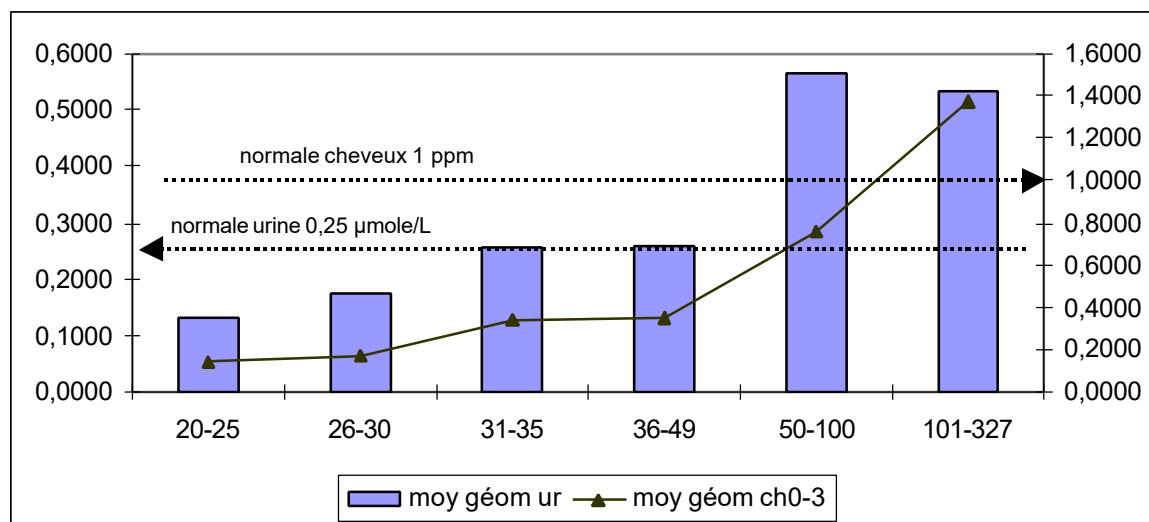
3.2.6 Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes de contamination à l'arsenic de l'eau des puits

La concentration maximale acceptable *provisoire* (CMAP) pour l'arsenic dans l'eau potable au Canada est de 25 ppb (SBSC 1992). La normale du CTQ dans les cheveux est de 1 ppm et celle pour l'urine de 0,25 $\mu\text{mole/Litre}$. Y a-t-il congruence entre la CMAP et les normales établies? Pour le savoir, les puits contaminés ont été divisés en classes d'inégales amplitudes. Les individus ont été classés par degré de contamination de l'eau de leur puits, selon les classes du tableau suivant. La moyenne géométrique a été établie pour l'arsenic urinaire et capillaire pour chacune de ces classes, tel que représenté à la figure 3.

Tableau 9 : Moyenne géométrique des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes de contamination à l'arsenic de l'eau des puits

Classes de contamination D'eau des puits (ppb)	Nb d'échantillons d'urine	Moyenne géométrique arsenic urinaire	Nb d'échantillons de cheveux	Moyenne géométrique d'arsenic dans les cheveux (0 à 3 cm)
20-25	2	0,1316	2	0,1375
26-30	9	0,1726	9	0,1694
31-35	17	0,2547	16	0,3377
36-49	43	0,2595	40	0,3538
50-100	37	0,5640	34	0,7559
101-327	30	0,5338	27	1,3731

Figure 3 : Moyennes géométriques de l'arsenic urinaire ($\mu\text{mole/Litre}$) et capillaire (ppm) en fonction des classes de contamination des puits (ppb)



On peut voir sur cette figure que la normale pour l'arsenic urinaire est atteinte dès qu'on dépasse la classe de contamination de l'eau de 31 à 35 ppb. Le très petit nombre d'individus des deux classes de puits le plus faiblement contaminés nous incitent à la prudence dans l'interprétation de ces résultats. D'autre part la normale urinaire est clairement dépassée uniquement quand on arrive à la classe de 51 à 100 ppb.

Or selon l'estimation de Santé Canada à partir de différentes études (dont la plus importante a été effectuée à Taiwan auprès d'une population de 40 421 personnes), la probabilité de développer un cancer de la peau est de 1/1000 pour une ingestion régulière d'une eau contaminée à l'arsenic à 28 ppb pendant toute une vie (SBSC 1992).

Pour atteindre une probabilité habituellement considérée comme négligeable (1 sur un million, soit 10^{-6}), il faudrait une concentration d'arsenic dans l'eau beaucoup plus faible. À ces concentrations l'arsenic urinaire d'un individu à risque de cancer ne pourrait être distingué de la normale, selon nos résultats épidémiologiques. Selon les résultats obtenus dans l'étude actuelle, on ne peut évaluer le risque réel pour les individus qui consomment une eau contaminée à moins de 51 ppb à partir des indicateurs biologiques urinaires et capillaires. En effet, les moyennes d'arsenic urinaires et capillaires sont égales ou inférieures au seuil normal pour des degrés de contamination de l'eau de consommation qui peuvent induire des problèmes de santé.

Le problème est encore plus patent pour la normale capillaire. En effet, le graphique indique qu'il faudrait boire une eau contenant environ 100 ppb pour que les cheveux aient une concentration au-dessus de la normale. Cela confirme la recherche mentionnée plus haut qui affirmait que l'arsenic capillaire n'était pas sensible à moins de 120 ppb. Par contre, l'arsenic capillaire est un indicateur d'une exposition à long terme (1 cm/mois) à l'arsenic. Si cet indicateur avait été plus sensible, il aurait été préférable. En effet, l'arsenic urinaire, qui ne mesure qu'une exposition à court terme (48 heures), a l'inconvénient de masquer une exposition chronique d'une personne qui n'aurait pas été exposée quelques jours avant la prise d'échantillon (absence de la maison).

3.2.7 Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes d'arsenic ingéré

La quantité d'arsenic ingérée à partir de l'eau des puits a elle aussi été divisée en classes de façon à tenir compte de l'arsenic ingéré. Il s'agit de multiplier la concentration d'arsenic dans l'eau

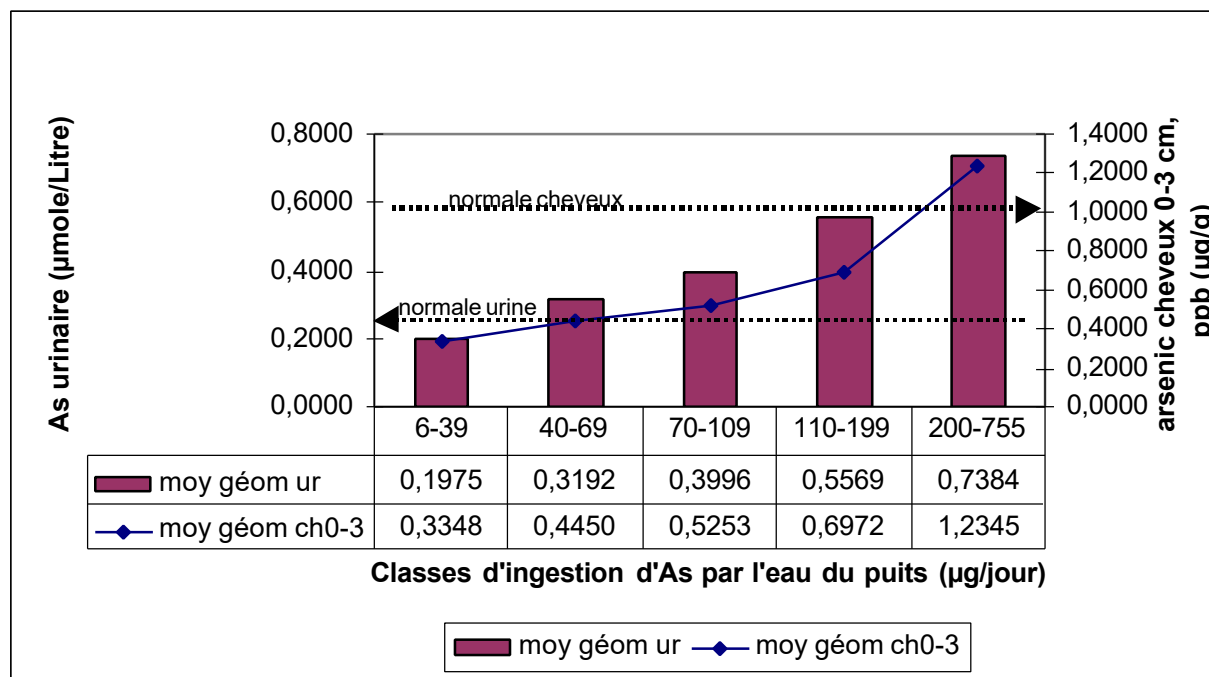
du puits par la quantité d'eau bue (section 2.4). Les recommandations et normes ne font jamais appel à cette donnée car elle est trop peu pratique à mesurer. Les résultats apparaissent au tableau suivant.

Tableau 10 : Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes d'arsenic ingéré

Classes d'arsenic ingéré (µg/jour)	Nb d'échantillons d'urine	Moyenne géométrique arsenic urinaire	Nb d'échantillons de cheveux	Moyenne géométrique d'arsenic dans les cheveux (0 à 3 cm)
6-39	23	0,1975	21	0,3348
40-69	25	0,3192	22	0,4450
70-109	26	0,3996	24	0,5253
110-199	28	0,5569	28	0,6972
200-755	20	0,7384	20	1,2345

À partir des données du tableau précédent, on peut construire le graphique suivant qui permet de mieux visualiser la variation de l'arsenic dans l'urine et les cheveux en fonction de la dose d'arsenic ingéré par l'eau potable des puits.

Figure 4 : Moyenne des taux d'arsenic urinaire et capillaire en fonction des classes d'arsenic ingéré



Cette figure et le tableau qui précède montre encore mieux le lien entre la dose absorbée et l'arsenic urinaire et capillaire, comme l'avaient indiqué du reste les tests de corrélations des sections 3.2.2 et 3.2.3. Comme une personne moyenne absorbe environ 1,5 litres d'eau potable par jour, une personne qui boirait une eau contenant 25 ppb d'arsenic absorberait donc une dose journalière de 37,5 $\mu\text{g/jour}$ d'arsenic en comptant seulement l'arsenic venant de l'eau. En pratique il est peu réaliste que l'arsenic vienne seulement de l'eau. Comme il était mentionné à la section 1.1, l'alimentation apporte approximativement 10,5 $\mu\text{g/jour}$ d'arsenic inorganique. Une personne qui boirait une telle eau se retrouverait dans la première classe (6 à 39 $\mu\text{g/jour}$ d'arsenic venant de l'eau), et la figure nous montre qu'elle risque de se retrouver dans la normale d'une population pour l'arsenic urinaire. Comme à la section précédente, la différence est encore plus marquée quand il s'agit de l'arsenic capillaire.

Il ressort de tout ceci que dans l'état actuel des connaissances, les indicateurs biologiques pour l'exposition à l'arsenic disponibles ne permettent pas d'identifier tous les individus qui seraient à risque de développer un cancer, ou si l'on préfère de réduire la probabilité de cancer à une proportion considérée négligeable (10^{-6}). Ces indicateurs peuvent cependant servir à repérer les personnes qui présentent un risque plus élevé que la normale dans la population, une des causes pouvant être une présence importante d'arsenic dans l'eau potable.

3.3 Suivi des personnes

Les personnes ne boivent pas toutes autant d'eau de leur puits et, pour diverses raisons ayant trait aux différences individuelles, les mesures d'imprégnation ne sont pas les mêmes. Pour tenir compte de ces différences, trois groupes de personnes (A, B et C) ont été retenus pour les fins du suivi, comme le montre le tableau suivant.

Tableau 11 : Nombre de participants pour fin de suivi en fonction de leur taux d'arsenic urinaire et de leur taux d'arsenic capillaire

	Groupe A n = 37	Groupe B n = 40	Groupe C n = 60
Taux d'arsenic capillaire (ppm)	Taux d'arsenic urinaire (µmole/Litre)		
	<i>< 0,25</i>	<i>≥ 0,25 et < 0,5</i>	<i>≥ 0,5</i>
<i>< 1</i>	37	40	26
<i>≥ 1</i>	N/A	N/A	34

Comme on le voit, le groupe A comprend les 37 personnes qui sont moins imprégnées que la normale à la fois pour l'arsenic urinaire et l'arsenic capillaire. Le groupe B comprend les 40 personnes plus imprégnées que la normale pour l'arsenic dans l'urine, mais dont la concentration capillaire est sous la normale. Comme on l'a vu plus haut, une concentration nocive d'arsenic peut ne pas se manifester par une concentration au-dessus de la normale dans les cheveux.

Enfin, le groupe C comprend les 62 personnes les plus imprégnées, c'est-à-dire celles qui ont plus du double de la normale pour l'arsenic urinaire ($0,5 \mu\text{mole/L}$) ou qui ont plus de la normale (1 ppm) dans les cheveux. Des lettres différentes ont été envoyées aux trois groupes (voir annexes), afin d'adapter l'intervention au résultat.

Les recommandations sont à l'effet de réduire ou arrêter la consommation d'eau du puits, incluant les usages culinaires, ou d'installer un système d'osmose inversée avec membrane TFC (Thin Film Composite) et de ne consommer que l'eau qui est passée par ce système.

PAGE TITRE CHAPITRE 4

CHAPITRE 4

COMMENTAIRES ET INTERROGATIONS

Les biomarqueurs les plus couramment utilisés sont l'arsenic urinaire et capillaire (dans les cheveux). Ils ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients. Le taux d'arsenic urinaire ne mesure l'exposition que pour une période de 24 à 48 heures, il risque donc d'y avoir beaucoup de faux négatifs. Il faut compléter ce test par un questionnaire sur la consommation d'eau et d'aliments dans les 48 heures précédant la prise d'échantillon, et s'assurer que cette consommation est « *représentative* » des habitudes courantes de la personne. Un résultat supérieur à 0,25 micromole/L est considérée supérieur à la normale (critère du CTQ).

Le taux d'arsenic dans les cheveux mesure une exposition à long terme (un mois par cm de cheveux, soit 6 mois pour 6 cm de cheveux) mais est peu sensible dans le cas de faibles concentrations (<100 ppb dans l'eau). Si on opte pour ce type d'indicateur, il faut garder en mémoire une contamination externe possible des cheveux (douche ou poussières intérieures). La normale (CTQ) est de 1,0 microgramme d'arsenic total par gramme de cheveux.

Comme on le voit, dans le cas de l'arsenic, il est presque indispensable d'avoir une approche préventive qui commence par une bonne connaissance géologique de la région. Si on ne cherche pas d'arsenic dans l'environnement, on n'en trouvera pas par le biais des indicateurs biologiques urinaires et capillaires, sauf pour des cas où l'eau serait relativement élevée dans sa contamination à l'arsenic.

En ce qui concerne les suites de l'étude, des recommandations ont été élaborées pour les municipalités concernées, et un comité de suivi a été mis sur place avec leur participation ainsi que celle du ministère des Affaires municipales, du ministère de l'Environnement et de la Faune et de la Régie régionale.

Toutes les familles exposées ont fait l'objet d'une surveillance biologique. Dans la plupart des cas, la dose absorbée pouvait expliquer la concentration urinaire d'arsenic mesurée. Une surveillance biologique a été effectuée par la Direction de la santé publique auprès des personnes les plus exposées, une trentaine parmi l'échantillon total. Une diminution de la quantité d'eau contaminée ingérée a permis de ramener l'imprégnation sous la normale dans plus de 70 % des cas.

Parmi l'ensemble des 139 individus exposés rejoints par l'étude, aucun signe ou symptôme d'intoxication ne nous fut rapporté. Cliniquement, un seul cas d'intoxication aiguë (présence de nausées) a pu être relié à la consommation d'eau contaminée en Abitibi, dans un puits contenant 190 ppb d'arsenic.

Du point de vue de la santé environnementale, il reste encore beaucoup à apprendre concernant les meilleures stratégies d'intervention face à un problème de contamination de l'eau potable ou du sol à l'arsenic. Les interventions de la Direction de la santé publique dans ces deux domaines ont permis de soulever quelques interrogations particulières dont les principales sont exposées ci-dessous.

4.1 Variation dans le temps des concentrations dans l'eau

La concentration en arsenic varie-t-elle dans le temps, c'est-à-dire d'une saison à l'autre, d'une année à l'autre, et quelles pourraient en être les causes? Quels sont les impacts d'une importante pluviométrie ou, au contraire, d'une faible pluviométrie? La concentration varie-t-elle en fonction de la quantité d'eau utilisée (comme par exemple un usage intensif des nappes souterraines pour l'irrigation agricole)? Selon les données qui ont pu être accumulées dans la région, les variations saisonnières ne semblent pas importantes. Mais, il s'agit d'évidences indirectes basées sur un très petit nombre de données et une étude portant spécifiquement sur la question serait nécessaire. Pour éliminer toute source aléatoire de variation, il est nécessaire de faire subir une filtration aux échantillons avant analyse, de façon à éliminer les particules minérales, argileuses ou organiques qui adsorbent les molécules d'arsenic sur leurs surfaces.

4.2 Toxicité des diverses formes d'arsenic

Le dosage de l'arsenic total ne permet pas de déterminer laquelle des formes d'arsenic (trivalent ou pentavalent) domine. Or ceci peut parfois amener à surestimer l'importance d'un problème. Une famille fortement exposée à l'arsenic dans l'eau de son puits (3 000 ppb) et ce depuis vraisemblablement près de 20 ans a pu être étudiée en Abitibi-Témiscamingue. Bien que les taux urinaires et dans les cheveux montrent une imprégnation importante (plus de 40 fois la limite supérieure de la normale), les quatre membres de cette famille ne semblent souffrir d'aucun symptôme qui pourrait être associé à une intoxication à l'arsenic. Des dosages subséquents ont permis d'établir que l'exposition de cette famille provenait surtout d'arsenic inorganique pentavalent. Il est pour le moment impossible de savoir jusqu'à quel point cela peut avoir un impact sur la toxicité car les données épidémiologiques ne tiennent généralement pas compte de la forme chimique de l'arsenic.

Faudrait-il réviser les recommandations (concentrations maximales acceptables) pour l'arsenic dans l'eau potable lorsqu'il s'agit de formes pentavalentes? Mais s'il faut caractériser la forme de l'arsenic dans l'eau, il faut faire face à un autre problème. En effet, selon les conditions ambiantes (pH et pE), l'arsenic trivalent et pentavalent peuvent se convertir l'un à l'autre, de sorte que, d'une semaine ou d'un mois à l'autre, les proportions respectives de ces deux formes d'arsenic peuvent varier de façon importante. Il serait donc important de connaître les facteurs pouvant permettre de prédire cette variabilité. Une récente étude (Nickson 1998) indique par exemple que le niveau d'oxydation de l'arsenic peut dépendre de la concentration de fer dans l'eau et de son niveau d'oxydation (fer ferreux ou ferrique). Dans le cas du puits suivi contaminé à 3 000 ppb, il y a une importante variation entre les deux formes d'arsenic d'une période à l'autre. De plus, en envoyant deux échantillons récoltés en même temps, un congelé et l'autre au frais, l'échantillon congelé contenait un bon pourcentage d'arsenic trivalent, l'autre ne contenant plus que de l'arsenic pentavalent. L'hypothèse que l'arsenic trivalent se transforme en pentavalent simplement en laissant séjourner l'eau dans une bouteille serait intéressante à vérifier.

4.3 Formations géologiques associées à la présence d'arsenic

Les études menées en Abitibi-Témiscamingue ont permis de conclure à un lien associatif entre la présence d'arsenic dans l'eau des puits et la présence de roche sédimentaire archéenne à moins de deux kilomètres du puits. Cependant cette association était particulièrement forte lorsque les puits se trouvaient aussi à proximité d'une zone de faille géologique fortement minéralisée (faille Cadillac et faille Porcupine en Abitibi-Témiscamingue). Jusqu'à tout récemment, on croyait que seule l'Abitibi présentait des concentrations importantes d'arsenic dans l'environnement, mais on commence à en retrouver dans d'autres régions du Québec, notamment en Estrie et dans les Appalaches. Quel serait le prédicteur idéal de la présence d'arsenic dans l'eau souterraine? En effet, puisque dans le cas de l'arsenic il est préférable d'avoir une approche basée sur l'environnement géologique, il devient important de trouver des éléments de géologie qui permettraient de préciser les aires géographiques de recherche d'arsenic.

4.4 Percolation de la contamination de surface vers l'eau souterraine

L'expérience de la Direction de la santé publique à Duparquet indique que l'arsenic en surface est peu mobile dans le sol. Après plus de 50 ans, la contamination de surface ne semble pas avoir atteint la nappe phréatique du puits municipal, d'une profondeur de 15 mètres. Des relevés piézométriques à proximité du puits montrent pourtant une contamination de la couche superficielle jusqu'à environ 1 mètre de profondeur. Quels sont les facteurs prédictifs d'une possible perméation de l'arsenic du sol vers le sous-sol?

Conclusion

CONCLUSION

Une première étude avait montré que 104 puits avaient plus de 20 ppb d'arsenic dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1995. La concentration maximale acceptable (CMA) *provisoire* pour l'arsenic dans l'eau potable au Canada est de 25 ppb (SBSC 1992). La CMA est dite provisoire car elle ne permet pas d'établir un risque pour la santé considéré comme négligeable à toute fin pratique. Il existe une forte probabilité que ces puits représentent la quasi-totalité des puits contaminés à l'arsenic en région (Poissant 1997). Pour assurer le suivi de la population exposée, la présente étude poursuivait trois objectifs :

- Une mesure des indicateurs biologiques (urine et cheveux) et la quantité d'eau bue a été effectuée auprès des familles pour établir s'il existe une corrélation entre la dose d'arsenic absorbée chez les personnes exposées par l'ingestion d'eau potable contaminée et la concentration dans l'urine et les cheveux.
- Une mesure de l'association possible entre le degré de contamination de l'eau du puits et l'augmentation de la concentration d'arsenic urinaire et capillaire.
- L'identification des personnes les plus à risque d'être exposées à des concentrations d'arsenic élevées dans leur eau de consommation. Ce dernier objectif a permis d'informer et de donner les principales recommandations aux personnes concernées.

Les résultats indiquent qu'il y a une corrélation positive significative entre la dose d'arsenic ingérée à partir de consommation du puits et le taux d'arsenic ($r = 0,37$). En somme, il y a augmentation du taux d'arsenic capillaire avec une augmentation de la quantité d'arsenic ingérée par l'eau. La corrélation semble plus élevée entre la dose d'arsenic absorbée et la concentration d'arsenic urinaire ($r = 0,48$). Toutefois l'indicateur urinaire ne mesure qu'une période d'exposition relativement courte (48 heures) avant la prise d'échantillon. En conséquence les résultats obtenus ne sont pas une mesure d'exposition à long terme comme pour l'indicateur capillaire. Ce dernier a cependant l'inconvénient d'être peu sensible aux concentrations d'arsenic habituellement retrouvées dans l'eau.

Lorsqu'on divise par classes la contamination des puits à l'arsenic, et qu'on ne tient pas compte de la dose bue, il devient évident qu'une augmentation de la contamination du puits entraîne une augmentation de l'arsenic urinaire et capillaire (figure 2). La normale urinaire du CTQ est clairement dépassée uniquement quand on arrive à la classe de 51 à 100 ppb.

Or, les études épidémiologiques mondiales tendent à montrer que c'est la consommation régulière d'une eau contenant au moins 25 ppb d'arsenic qui peut induire certains cancers, dont un cancer de la peau. Selon l'estimation de Santé Canada à partir de différentes études (dont la plus importante a été effectuée à Taïwan auprès d'une population de 40 421 personnes), la probabilité de développer un cancer de la peau est de 1/1000 pour une ingestion régulière d'une eau contaminée à l'arsenic à 28 ppb pendant toute une vie.

Ainsi, même si les taux d'arsenic urinaire et capillaire d'un individu indiquent des niveaux considérés normaux, ils ne permettent pas de conclure que l'individu n'a pas été exposé à un degré de contamination de l'eau du puits pouvant comporter un risque pour sa santé. En d'autres termes, les indicateurs biologiques urinaires et capillaires ne peuvent montrer si la personne est exposée à l'arsenic de l'eau de consommation susceptible de lui faire développer des problèmes de santé.

Il faut donc en conclure que selon nos données et dans le cas particulier de l'arsenic, les indicateurs biologiques usuels ne sont pas un outil satisfaisant pour rendre négligeable les probabilités de développer des problèmes de santé. Dans ce cas, il est préférable de procéder par une évaluation systématique des puits d'une région où on suspecte la présence d'arsenic.

Les résultats montrent enfin que l'intervention de la Direction de la santé publique a été couronnée de succès. L'arsenic urinaire est passé d'une moyenne géométrique de 0,54 $\mu\text{mole/Litre}$ à 0,19 $\mu\text{mole/Litre}$, la normale pour une population non exposée à l'arsenic par l'eau potable étant de moins de 0,25 $\mu\text{mole/Litre}$.

Le caractère non spécifique des intoxications chroniques à l'arsenic oblige à une approche par anticipation en santé environnementale. Comme ce fut longtemps le cas en Abitibi-Témiscamingue, il se peut que la contamination à l'arsenic passe actuellement inaperçue dans d'autres régions du Québec ou du nord de l'Ontario. Comme cette contamination est fréquemment d'origine naturelle, elle pourra demeurer longtemps insoupçonnée, à moins qu'on ne consacre du temps et des ressources pour vérifier sa présence. Malheureusement, le manque de connaissances sur les facteurs prédictifs de cette contamination rend ce travail exploratoire plutôt ardu et il risque de s'écouler encore bien du temps avant qu'on ait fait le tour du jardin. Il faudrait consacrer plus d'énergie à la recherche, notamment sur les principales interrogations soulevées:

- La variation dans le temps des concentrations dans l'eau.
- La toxicité des diverses formes d'arsenic.
- Les formations géologiques associées à la présence d'arsenic.
- La percolation de la contamination de surface vers l'eau souterraine.

Enfin, il faudrait valider, par une recherche plus approfondie, par exemple du style cas-témoins, le résultat de cette étude qui montre qu'on ne peut se fier aux indicateurs biologiques pour exclure toute possibilité de risque de développer des problèmes de santé.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNETS

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Toxicological Profile for Arsenic, avril 1993, TP-92/02.
- ENGEL, Robert R. et Allan H. Smith, "Arsenic in Drinking Water and Mortality from Vascular Disease: An Ecologic Analysis in 30 Counties in the United States": Archives of Environmental Health 49, 5 (septembre-octobre 1994), 418-427.
- FOX, Kim R., "Field Experience With Point-of-Use Treatment Systems for Arsenic Removal": Journal AWWA 81, 2 (février 1989), 94-101.
- FOWLER, Bruce A. (éd.), Biological and environmental effects of arsenic, Elsevier Science Publisers, 1983, 277 p.
- LALONDE, Jean-Pierre, Nicole Chouinard et R. Bergeron, Données brutes de l'échantillonnage des eaux souterraines de l'Abitibi. Annexe du DPV 725. Ministère de l'Énergie et des Ressources, DPV 726, 1980a, 267 p.
- LALONDE, Jean-Pierre, Nicole Chouinard et R. Bergeron, Atlas géochimique des eaux souterraines de l'Abitibi Ministère de l'Énergie et des Ressources, DPV 725, 1980b.
- LALONDE, Jean-Pierre, Nicole Chouinard et R. Bergeron, Géochimie des eaux souterraines. Méthodologie d'échantillonnage et résultat des essais, Ministère de l'Énergie et des Ressources, DV 82-01, 1983, 50 p.
- LANDRY, Bruno, Michel Mercier et coll., Notions de géologie, 3e édition, Modulo éditeur, 1992, 565 p.
- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, Gîtes minéraux du Québec, région de l'Abitibi, feuille 32 D Rouyn-Noranda.
- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES (MINES), Carte géologique des gîtes métallifères des districts de Rouyn-Noranda et de Val-d'Or, carte no 2109 du DV 90-11.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (MRN), Géologie du Québec, Les publications du Québec, 1994, 154 p.
- MORISSETTE, Alain, Municipalité de Dubuisson. Plan de zonage du secteur densifié de l'avenue St-Philippe [1986?], carte 1 : 4 000
- NANTEL, Albert J., Contamination des puits par l'arsenic, communication personnelle, 4 p.
- NICKSON, Ross, John McArthur et William Burgess, *Arsenic poisoning of Bangladesh Groundwater*, Nature vol. 395, 24 sept 1998, p. 338.
- OSTERLOH, John D. et Alyce Beezman Tarcher, Environmental and biological monitoring, dans : Principles and practice of environmental medicine, Alyce B. Tarcher (éd.), Plenum Publishing Corporation, 1992, 495- 529.
- POISSANT, Louis-Marie, La contamination par l'arsenic des puits domestiques en Abitibi-Témiscamingue, Étude descriptive, Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue, janvier 1997, 104 p.
- RAHMAN, M. et al., *Diabetes Mellitus Associated with Arsenic Exposure in Bangladesh*, Am J Epidemiology, 1998, vol. 148, no. 2, 198-203.

RÉGIE RÉGIONALE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE L'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE (RRSSSAT), *Plan d'action global en matière de santé et de bien-être en Abitibi-Témiscamingue*, février 1994, 116 p.

ROZELLE, Lee T., "Point-of-Use and Point-of-Entry Drinking Water Treatment": *Journal AWWA* 79, 10 (octobre 1987), 53-59.

ROY, Guy, Contamination de certains puits par l'arsenic. Étude concernant l'arsenic dans l'eau de consommation en Abitibi-Témiscamingue., DSC Rouyn-Noranda, mars 1983.

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA (SBSC), L'arsenic, août 1992, dans : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, Pièces à l'appui, pagination multiple.

TREMBLAY, Hélène, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Présence d'arsenic dans l'eau de puits d'alimentation situés dans la région d'Abitibi-Témiscamingue, communication interne, Ministère de l'environnement et de la faune, Service de l'assainissement des eaux et du traitement des eaux de consommation, mai 1995, 2 p.

TRINH VIET, Hiep, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Traitement d'enlèvement des arsénics dans des puits privés, communication interne, Ministère de l'environnement et de la faune, Service de l'assainissement des eaux et du traitement des eaux de consommation, mai 1995, 6 p..

YAMAMOTO, S. et al., "Induction by an organic arsenic compound, Dimethylarsinic acid (Cacodylic acid), in F344/DUCRJ rats after pretreatment with 5 carcinogens": Cancer Research 55, 6 (mars 1995), 1271-1276.

Un bon site de départ pour une recherche sur l'arsenic sur le Web est le Arsenic Project de la Harvard School of Public Health :

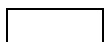
<http://phys4.harvard.edu/~wilson/arsenic.html>

Le site suivant est un article récent sur la crise de l'arsenic au Bangladesh et sur de nouvelles méthodes originales pour y faire face, à base de limaille de fer :

<http://pubs.acs.org/isubscribe/journals/en/76/i46/html/7646inter.html>



ANNEXES



Annexe 1: Questionnaire concernant la consommation d'eau

Aidez-nous à vous aider !

Nom: _____

Pour savoir si les mesures que vous avez prises pour diminuer votre taux d'arsenic dans l'urine ont été efficaces, nous devons connaître le mieux possible votre consommation d'eau. Pour ce faire, vous devez absolument suivre les consignes suivantes :

Ne changez rien à vos habitudes des semaines précédentes concernant votre consommation d'eau.

Dans les 24 heures qui précèdent votre prise d'urine, **gardez cette feuille à portée de la main** près de l'endroit où vous êtes susceptibles de consommer de l'eau, par exemple dans la cuisine. Si vous ne pouvez pas être chez vous pendant cette période, remplissez-la le mieux possible à partir de votre consommation habituelle d'eau de votre puits.

Remplissez le plus précisément possible la grille suivante, en ne tenant compte que de l'eau qui provient **de votre puits**.

Quantité d'eau (**en tasses***) provenant de votre puits, consommée dans les 24 heures avant la prise d'urine

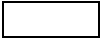
	MATIN	MIDI	SOIR	AUTRES
Café, thé, tisane				
Chocolat chaud (avec eau)				
Céréales avec eau (gruau)				
Cubes de glace				
Eau en pichet ou du robinet				
Jus reconstitué à partir de l'eau du puits				
Lait (en poudre, concentré, formules pour bébé)				
Soupe				
Bouillons				
Autres				

* 1 tasse = 8 onces ou 250 ml

Merci!

L'équipe de santé environnementale.

(819) 764-3264, poste 336



Annexe 2: Formulaire d'autorisation

FORMULAIRE D'AUTORISATION

Je soussigné(e), _____, déclare être pleinement informé(e) du type de dépistage que la Direction régionale de la santé publique de l'Abitibi-Témiscamingue veut effectuer, et l'autorise, par la présente, à faire les prélèvements de cheveux et d'urine nécessaires pour connaître mon état en regard d'une éventuelle imprégnation par l'arsenic.

J'accepte que le médecin de l'équipe, Docteur Catherine Boucher, communique avec mon médecin de famille par rapport aux résultats, si elle le juge nécessaire pour ma santé.

Signé à _____ le _____ 1995.

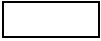
Parent ou tuteur (le cas échéant)

Signature : _____

**Nom de votre médecin traitant ,
et numéro de téléphone :**

Nom: _____

Tél.: _____



Annexe 3 : Note sur le prélèvement d'urine



RÉGIE RÉGIONALE
DE LA SANTÉ ET DES
SERVICES SOCIAUX
**ABITIBI-
TÉMISCAMINGUE**

DIRECTION DE LA SANTÉ PUBLIQUE

COMMENT RÉALISER VOTRE PRÉLÈVEMENT D'URINE

*(suivi biologique sur la contamination de l'eau potable
par l'arsenic dans les puits domestiques)*

- 1° *Lavez-vous les mains **avant de recueillir votre prélèvement (au cas où il y aurait des poussières contenant de l'arsenic sur vos mains).***
- 2° *Si possible, recueillir la première urine du matin. Au pis aller, un autre moment de la journée fera l'affaire.*
- 3° *Dévissez le contenant identifié à votre nom et l'emplir jusqu'au col du bouchon (au moins jusqu'au 2/3 de la bouteille).*
- 4° *Une fois le prélèvement terminé, refermez le bouchon hermétiquement (serrez bien). Essuyez ensuite le contenant.*
- 5° *Conservez ensuite la bouteille au réfrigérateur (mais pas au congélateur), si possible en l'enveloppant dans un sac de plastique (ex. : « baggies ou ziplock »).*
- 6° *Apportez votre bouteille à l'endroit convenu.*

*Pour éviter de l'oublier, déposez votre bouteille près de la toilette la veille du prélèvement.
Merci de votre collaboration. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à nous appeler.*

Georges Bourdouxhe
764-3264, poste 335
GB/DG/lb

Daniel Gagné
764-3264, poste 337



***Annexe 4 : Lettres donnant les résultats d'arsenic
urinaire et capillaire(3 groupes)***

Groupe « A » :

Le 20 décembre 1995

(nom et adresse)

Objet : Suivi de l'imprégnation humaine à l'arsenic causée par la contamination des puits domestiques

M,

Vous trouverez ci-joint vos résultats pour l'échantillon d'urine et de cheveux prélevé cet automne dans votre municipalité.

Nous vous joignons également des fiches d'information. Une sur les risques à la santé inhérents à la consommation d'eau contaminée à l'arsenic (fiche 1). Une autre expliquant d'où peut provenir l'arsenic (fiche 2). Finalement une dernière suggérant des solutions envisageables pour diminuer la quantité d'arsenic dans l'eau de votre puits (fiche 3).

Selon notre prélèvement de cet été, la concentration d'arsenic dans votre puits est de xx microgrammes par litre. La recommandation fédérale à ne pas dépasser est de 25 microgrammes par litre. Cette recommandation vise à protéger les consommateurs d'eau des effets néfastes sur la santé causés par l'arsenic.

Nos données pour l'ensemble des analyses d'urine et de cheveux montrent que le taux d'arsenic dans l'urine et les cheveux augmente en fonction du taux d'arsenic dans le puits et de la quantité d'eau consommée par chacun (en plus de certains autres facteurs individuels). Donc dépendamment de ces facteurs, pour un même puits il est possible de trouver des taux variables d'arsenic dans l'urine et les cheveux chez les différents membres de la famille.

RÉSULTATS DES PRÉLÈVEMENTS

NORMALE

Votre taux dans l'urine est de « xxx » micromole par litre	0,25 micromole par litre ou moins
Votre taux dans les cheveux est de : <u>0-3 cm</u> xxx <u>3-6 cm</u> xxx	1,0 microgramme par gramme (mg/g) ou moins

...2

Le taux urinaire reflète votre exposition pendant les quelques jours avant le prélèvement. Le taux dans les cheveux reflète votre exposition moyenne pendant les mois d'août à octobre (0-3 cm) et de mai à juillet (3-6 cm).

Votre taux d'arsenic urinaire et d'arsenic cheveux ne démontrent pas d'évidence d'une exposition anormale à l'arsenic au moment du prélèvement.

Nous vous rappelons cependant que plus le taux d'arsenic dans votre puits est élevé, par rapport à la recommandation fédérale, plus vous devez réduire votre consommation de cette eau. Vous pouvez la remplacer par une eau non contaminée par l'arsenic (eau vendue commercialement, d'un puits voisin non contaminé, ou d'un aqueduc municipal).

Sachant que dans certains cas plus d'une famille utilise le même puits, dont certaines n'ont pas été rejointes dans l'étude, nous comptons sur votre collaboration pour leur transmettre nos recommandations et les informations de la présente lettre.

Si de plus amples informations vous étaient nécessaires, n'hésitez pas à communiquer avec le soussigné au (819) 764-3264, poste 336 de la DRSP.

Espérant le tout conforme, veuillez croire à nos sentiments les meilleurs.

MODULE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

Georges Bourdouxhe,
Agent de planification

GB/DG/dj

Groupe « B » :

Le 20 décembre 1995

(nom et adresse)

Objet : Suivi de l'imprégnation humaine à l'arsenic causée par la contamination des puits domestiques

M,

Vous trouverez ci-joint vos résultats pour l'échantillon d'urine et de cheveux prélevé cet automne dans votre municipalité.

Nous vous joignons également des fiches d'information. Une sur les risques à la santé inhérents à la consommation d'eau contaminée à l'arsenic (fiche 1). Une autre expliquant d'où peut provenir l'arsenic (fiche 2). Finalement une dernière suggérant des solutions envisageables pour diminuer la quantité d'arsenic dans l'eau de votre puits (fiche 3).

Selon notre prélèvement de cet été, la concentration d'arsenic dans votre puits est de xx microgrammes par litre. La recommandation fédérale à ne pas dépasser est de 25 microgrammes par litre. Cette recommandation vise à protéger les consommateurs d'eau des effets néfastes sur la santé causés par l'arsenic.

Nos données pour l'ensemble des analyses d'urine et de cheveux montrent que le taux d'arsenic dans l'urine et les cheveux augmente en fonction du taux d'arsenic dans le puits et de la quantité d'eau consommée par chacun (en plus de certains autres facteurs individuels). Donc dépendamment de ces facteurs, pour un même puits il est possible de trouver des taux variables d'arsenic dans l'urine et les cheveux chez les différents membres de la famille.

RÉSULTATS DES PRÉLÈVEMENTS

NORMALE

Votre taux dans l'urine est de « xxx » micromole par litre	0,25 micromole par litre ou moins
Votre taux dans les cheveux est de : <u>0-3 cm</u> xxx <u>3-6 cm</u> xxx	1,0 microgramme par gramme (mg/g) ou moins

...2

Le taux urinaire reflète votre exposition pendant les quelques jours avant le prélèvement. Le taux dans les cheveux reflète votre exposition moyenne pendant les mois d'août à octobre (0-3 cm) et de mai à juillet (3-6 cm).

Votre taux d'arsenic urinaire et d'arsenic cheveux montrent une exposition légère à modérée à l'arsenic. Pour assurer que vous ne subissiez aucun des effets possibles sur la santé à long terme dus à cette exposition, nous vous suggérons fortement de diminuer la consommation d'eau de votre puits afin de retrouver des taux d'arsenic urinaire sous la normale.

À cette fin, nous vous conseillons de ne plus utiliser d'eau de votre puits comme boisson (jus, café, thé, verres d'eau). Vous pouvez toutefois l'utiliser pour la cuisine (soupe, cuisson des aliments, sauces, nettoyage, etc.). Elle peut évidemment être utilisée pour les usages domestiques comme le lavage, le bain, la douche, brossage des dents, etc. D'ici quelques mois nous vous recontacterons pour faire de nouveaux prélèvements afin de s'assurer que ces mesures ont pu vous permettre de retrouver des taux urinaires normaux.

Sachant que dans certains cas plus d'une famille utilise le même puits, dont certaines n'ont pas été rejointes dans l'étude, nous comptons sur votre collaboration pour leur transmettre nos recommandations et les informations de la présente lettre.

Si de plus amples informations vous étaient nécessaires, n'hésitez pas à communiquer avec le soussigné au (819) 764-3264, poste 336 de la DRSP.

Espérant le tout conforme, veuillez croire à nos sentiments les meilleurs.

MODULE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

Georges Bourdouxhe
Agent de planification

GB/DG/dj

Groupe « C » :

Le 20 décembre 1995

(nom et adresse)

Objet : Suivi de l'imprégnation humaine à l'arsenic causée par la contamination des puits domestiques

M,

Vous trouverez ci-joint vos résultats pour l'échantillon d'urine et de cheveux prélevé cet automne dans votre municipalité.

Nous vous joignons également des fiches d'information. Une sur les risques à la santé inhérents à la consommation d'eau contaminée à l'arsenic (fiche 1). Une autre expliquant d'où peut provenir l'arsenic (fiche 2). Finalement une dernière suggérant des solutions envisageables pour diminuer la quantité d'arsenic dans l'eau de votre puits (fiche 3).

Selon notre prélèvement de cet été, la concentration d'arsenic dans votre puits est de xx microgrammes par litre. La recommandation fédérale à ne pas dépasser est de 25 microgrammes par litre. Cette recommandation vise à protéger les consommateurs d'eau des effets néfastes sur la santé causés par l'arsenic.

Nos données pour l'ensemble des analyses d'urine et de cheveux montrent que le taux d'arsenic dans l'urine et les cheveux augmente en fonction du taux d'arsenic dans le puits et de la quantité d'eau consommée par chacun (en plus de certains autres facteurs individuels). Donc dépendamment de ces facteurs, pour un même puits il est possible de trouver des taux variables d'arsenic dans l'urine et les cheveux chez les différents membres de la famille.

RÉSULTATS DES PRÉLÈVEMENTS

NORMALE

Votre taux dans l'urine est de « xxx » micromole par litre	0,25 micromole par litre ou moins
Votre taux dans les cheveux est de : <u>0-3 cm</u> xxx <u>3-6 cm</u> xxx	1,0 microgramme par gramme (mg/g) ou moins

...2

Le taux urinaire reflète votre exposition pendant les quelques jours avant le prélèvement. Le taux dans les cheveux reflète votre exposition moyenne pendant les mois d'août à octobre (0-3 cm) et de mai à juillet (3-6 cm).

Votre taux d'arsenic urinaire et d'arsenic cheveux montrent une exposition modérée à importante à l'arsenic. D'après les taux d'arsenic dans votre puits, nous croyons que votre exposition provient de la consommation de l'eau de votre puits.

Nous vous avisons donc de ne plus consommer l'eau de votre puits à moins de la traiter de façon à en diminuer les teneurs en arsenic (voir fiche technique). Cette eau peut cependant être utilisée pour les usages domestiques (hygiène personnel, lavage de légumes).

Nous allons transmettre vos résultats à votre médecin de famille qui verra à assurer avec vous le suivi nécessaire pour vous permettre de retrouver des taux normaux d'exposition à l'arsenic.

Sachant que dans certains cas plus d'une famille utilise le même puits, dont certaines n'ont pas été rejointes dans l'étude, nous comptons sur votre collaboration pour leur transmettre nos recommandations et les informations de la présente lettre.

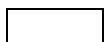
Si de plus amples informations vous étaient nécessaires, n'hésitez pas à communiquer avec le soussigné au (819) 764-3264, poste 336 de la DRSP.

Espérant le tout conforme, veuillez croire à nos sentiments les meilleurs.

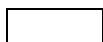
MODULE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

Georges Bourdouxhe,
Agent de planification

GB/DG/dj

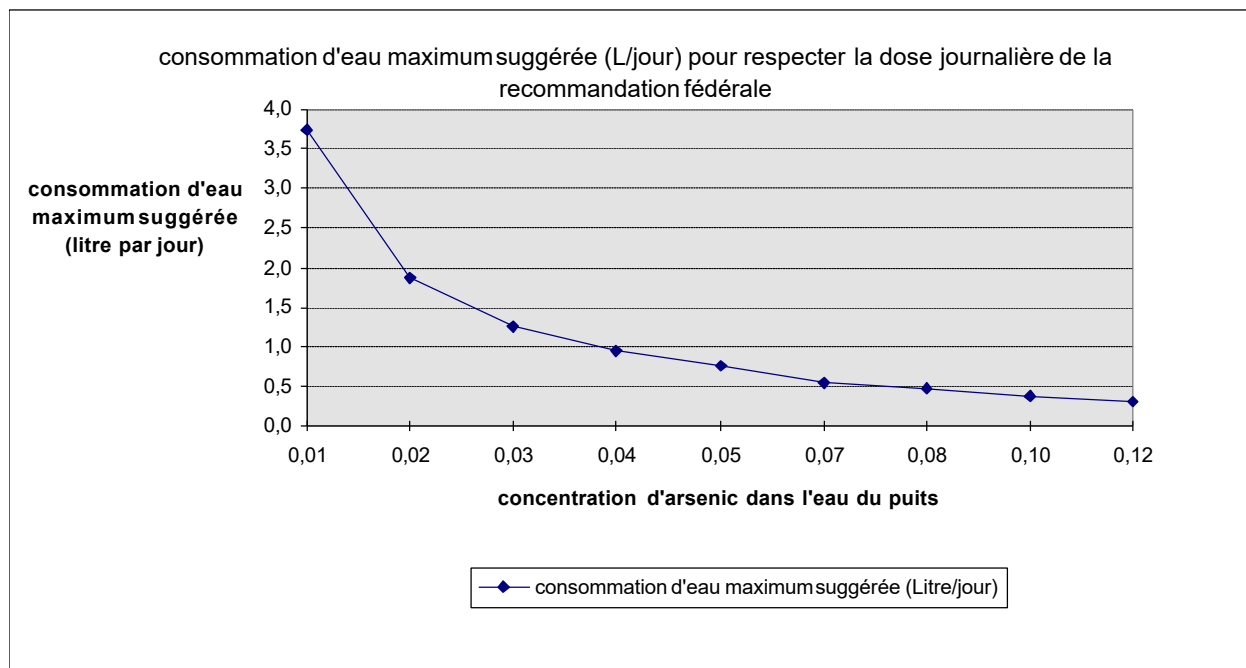


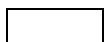
Annexe 5 : Consommation d'eau maximum suggérée (Litre/jour et tasse/jour) pour respecter la dose journalière de la recommandation fédérale



**Consommation d'eau maximum suggérée (Litre/jour et tasse/jour)
pour respecter la dose journalière de la recommandation fédérale:**

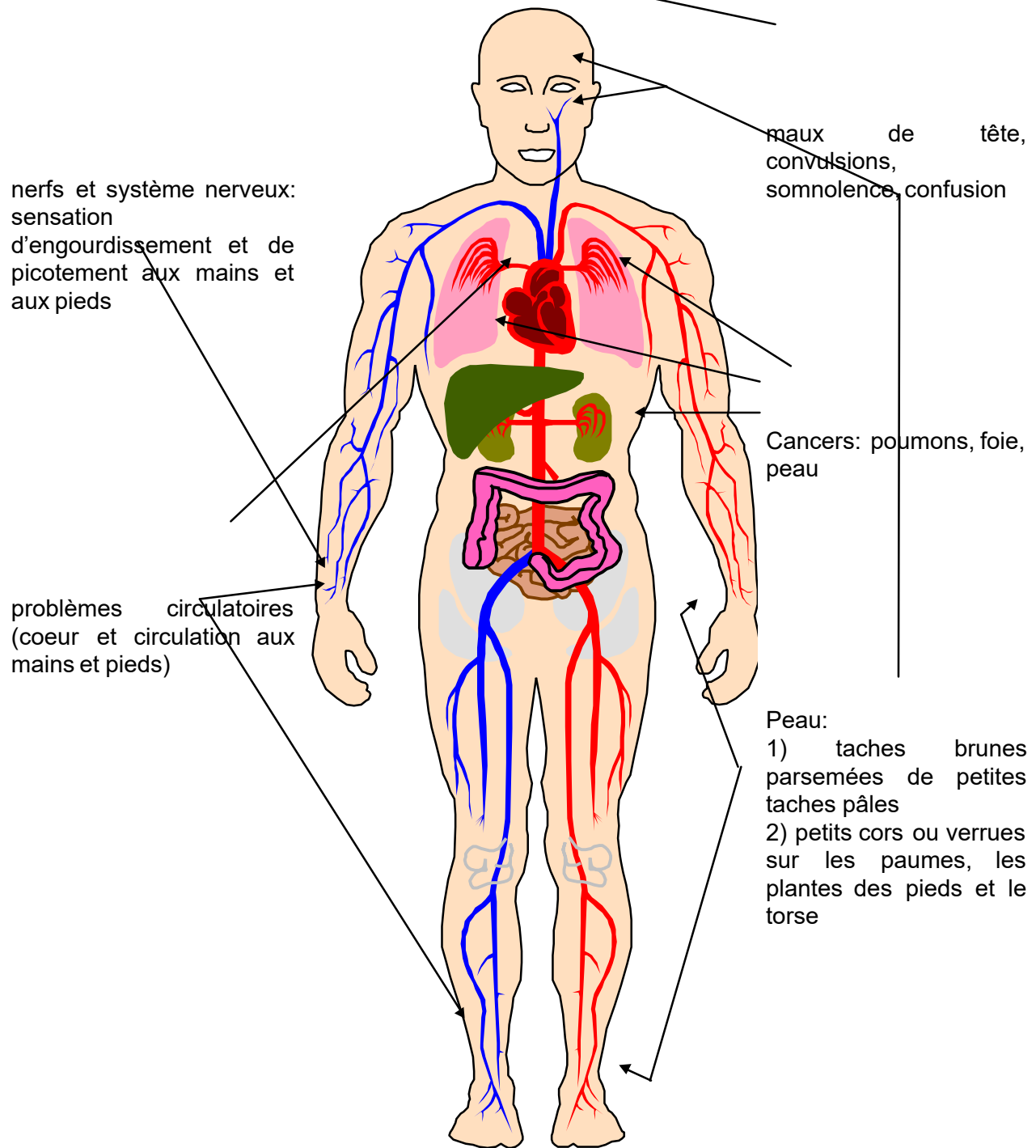
CONCENTRATION D'ARSENIC DANS L'EAU (MG/L)	CONSOMMATION D'EAU MAXIMUM SUGGÉRÉE (LITRE/JOUR)	CONSOMMATION D'EAU MAXIMUM SUGGÉRÉE (TASSE/JOUR)
0,01	3,8	15,0
0,02	1,9	7,5
0,03	1,3	5,0
0,04	0,9	3,8
0,05	0,8	3,0
0,07	0,5	2,1
0,08	0,5	1,9
0,10	0,4	1,5
0,12	0,3	1,3
0,15	0,3	1,0
0,20	0,2	0,8





***Annexe 6 : Fiche technique 1,
Effet de l'absorption d'arsenic à petites doses pendant des années***

Effet de l'absorption d'arsenic à petites doses pendant des années : Fiche technique 1



***Annexe 7 : Fiche technique 2,
D'où vient l'arsenic de votre puits?***



D'où vient l'arsenic de votre puits?

Fiche technique 2

L'arsenic se retrouve naturellement dans plusieurs types de roches, spécialement celles qui contiennent du cuivre et du plomb (ATSDR 1993:1). Il est reconnu aussi que les roches sédimentaires contiennent plus d'arsenic que les roches ignées (Fowler 1983 :54). Effectivement, d'après la cartographie de l'échantillonnage des puits du Ministère des Ressources naturelles, il semble que l'arsenic tende à se retrouver en plus grande concentration dans ces roches sédimentaires. La contamination est donc d'origine géologique (par la roche) la plupart du temps.

C'est pour cela que, dans les zones où la roche contient de l'arsenic, les puits artésiens sont plus contaminés que les puits de surface. Quand un puits artésien est foré et qu'une pompe est installée, l'arsenic est dissout dans l'eau du puits.

Il n'est pas impossible non plus que la contamination pour certains puits situés très proches et en aval de sites à résidus miniers que la contamination s'effectue par les rejets de ces sites, mais cela reste peu probable et difficile à prouver. Il est plus probable que les sites à résidus contenant de l'arsenic et les puits traversent un même type de roche contenant de l'arsenic.

Sources:

FOWLER, Bruce A. (éd.), Biological and environmental effects of arsenic, Elsevier Science Publishers, 1983, 277 p.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), US Department of Health & Human Services, Toxicological Profile for Arsenic, TP 92/02, 1993.



***Annexe 8 : Fiche technique 3,
Les solutions à une trop grande concentration
en arsenic dans l'eau potable***

Les solutions à une trop grande concentration en arsenic dans l'eau potable

Fiche technique 3

Plusieurs solutions sont possibles:

- . Se procurer de l'eau potable **en bouteille** ;
- . Installer un système d'**aqueduc** à partir d'une source non contaminée;
- . Installer un système approprié de **traitement** de l'eau potable au point d'utilisation.

Traitement de l'eau potable au point d'utilisation.

Tous les systèmes proposés sont installés au point d'utilisation («point-of-use»), typiquement avec un robinet séparé sur le comptoir de la cuisine, le système étant installé sous le comptoir.

Les systèmes proposés comprennent la distillation, l'échangeur d'ion, l'alumine activée et l'osmose inversée. Ce dernier est le procédé le plus couramment utilisé pour réduire la concentration d'arsenic de l'eau potable. «Les équipements sont bien connus et les fournisseurs acquièrent une bonne expertise. (...) Depuis les cinq dernières années, la fabrication des membranes s'améliore considérablement pour produire des membranes plus performantes et plus résistantes» (Trinh Viet 1995). On peut donc conclure que c'est, selon nos connaissances actuelles, le système à privilégier.

L'osmose inversée est une méthode efficace pour réduire l'ensemble des contaminants inorganiques, surtout s'il s'agit d'une membrane composite polyamide mince (Thin Film Composite, TFC). En effet, l'efficacité de l'osmose dépend essentiellement du type de membrane utilisé. Il importe donc de s'assurer que le système d'osmose inversée a une membrane composite. Avec un entretien approprié des préfiltres, la membrane devrait être changée à tous les deux à quatre ans.

Le coût est de 700\$ à 1200 \$ pour une unité qui produit 15 à 23 litres par jour pour une eau froide (11°C) à pression fournie par une pompe standard (60 psi). A noter que le nombre de litres produit par jour (tel que donné ici) a été mesuré par l'équipe de la revue Protégez-vous et est largement inférieur au débit annoncé par les fabricants.

Il est recommandé de faire analyser de l'eau après l'installation pour s'assurer de l'efficacité du système. Une analyse par un laboratoire indépendant accrédité par le Ministère de l'Environnement et de la Faune devrait faire partie d'un contrat avec un éventuel vendeur d'appareils à osmose inversée. Celui-ci devrait d'ailleurs garantir que la concentration en arsenic baissera en dessous de 20 parties par milliard (ppb).

Si l'eau contient du fer, il est préférable pour ne pas user la membrane prématurément d'installer un appareil pour éliminer ce fer; cet appareil peut coûter entre quelques centaines et 2500 \$ selon la qualité et selon qu'il peut également traiter autre chose.

Les systèmes d'osmose inversée installés sous l'évier fonctionnent efficacement à une pression de 276 à 483 kPa (40 à 70 psi); une plus grande pression améliore l'efficacité du système. Il rejette à l'égout environ 10 fois plus d'eau qu'il n'en fournit (Fox 1989:95).

La revue Protégez-vous a testé récemment 10 systèmes à osmose inversée dont 5 modèles avec une membrane TFC. Les personnes qui voudraient acheter un tel système auraient avantage à consulter la revue.

Sources :

Protégez-vous, cahier spécial H₂O, mai 1995, p. 39-40.

FOX, Kim R. "Field Experience with Point-of-use Treatment Systems for Arsenic Removal": Jour. AWWA 81,2 (février 1989) 94-101.

TRINH VIET, Hiep, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Traitement d'enlèvement des arsenics dans des puits privés, communication interne, Ministère de l'environnement et de la faune, Service de l'assainissement des eaux et du traitement des eaux de consommation, mai 1995, 6 p..