

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

**LA CONTAMINATION PAR L'ARSENIC
DES PUIITS DOMESTIQUES
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE
*Étude descriptive***

Direction régionale de la santé publique
Module santé environnementale

Rouyn-Noranda
17 janvier 1997

Rédigé par :
Louis-Marie Poissant

LMP/dj

Remerciements

Une telle étude n'aurait pas été possible sans l'apport de nombreuses personnes. Nous tenons à remercier particulièrement les personnes suivantes, en plus des personnes dont le puits a été échantillonné.

De la Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue : Daniel Gagné, Sylvie Bellot, Georges Bourdouxhe, Guy Guertin et Diane Joly.

Du ministère de l'Environnement et de la Faune : Hiep Trinh Viet, Luc Proulx et Hélène Tremblay.

Du ministère des Ressources Naturelles : Jean Goutier.

Les inspecteurs ou secrétaires municipaux des municipalités concernées.

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à une subvention conjointe du ministère de la Santé et des Services sociaux et de la Direction régionale de la santé publique de la Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue dans le cadre du Programme de subventions en santé publique.

RÉSUMÉ

La nature géologique du sous-sol de l'Abitibi-Témiscamingue et quelque 5 000 échantillons d'eau souterraine prélevés en 1974-75 par le Ministère des Ressources Naturelles (MRN) laissaient entrevoir qu'il y avait une contamination à l'arsenic (de source naturelle ou industrielle) de plusieurs puits domestiques dans certains secteurs de l'Abitibi-Témiscamingue. Cette trop grande concentration d'arsenic pouvait provoquer une toxicité chronique et avoir des répercussions néfastes sur le système cardio-vasculaire ou provoquer divers types de cancers sur les personnes exposées.

La présente recherche avait pour objectifs :

- de préciser la contamination à l'arsenic des puits domestiques selon leur répartition géographique et leur concentration en arsenic;
- de déterminer si le type de puits (surface vs artésien), la profondeur, l'âge du puits ou sa situation géographique sont des facteurs qu'on peut associer à une différence de contamination;
- de proposer des solutions aux propriétaires qui ont des puits contaminés.

A partir de l'analyse cartographique des résultats du MRN, 14 secteurs ont été retenus comme étant à risque. Une campagne de dépistage a été mise en place, ce qui a permis d'échantillonner 496 puits dans ces secteurs. On a pu trouver 104 puits contenant au moins 20 parties par milliard (ppb) d'arsenic et considérés contaminés, dont 42 à Dubuisson, 18 à Rivière-Héva et 18 à Duparquet/Rapide-Danseur.

Parmi les secteurs où une intervention importante est nécessaire, on trouve en premier lieu le secteur de Dubuisson, pour plusieurs raisons, mais notamment parce que c'est le secteur où on a recensé le plus grand nombre de puits contaminés sur une superficie restreinte (6 km²) et qu'il s'agit d'un secteur en forte progression démographique où il n'y a pas d'aqueduc, ce qui laisse supposer que les prochains puits creusés seront davantage susceptibles de contenir de l'arsenic. Pour ces raisons il nous apparaît important, du point de vue de la santé publique, que la municipalité étudie la possibilité de se doter d'un système d'aqueduc, ou a

tout le moins que les acheteurs des terrains où seront bâtis des maisons soient informés avant l'achat, pour qu'ils sachent à quoi s'en tenir.

En deuxième lieu quant à l'importance de l'intervention à effectuer, on retrouve à peu près *ex aequo* Rivière-Héva et Duparquet/Rapide-Danseur. A Rivière-Héva, on a trouvé 18 puits contaminés (16 % des puits échantillonnés). Comme il s'agit d'un secteur en lente progression, de nouveaux puits pourraient être construits et il faut inciter à la vigilance. A Duparquet/Rapide-Danseur, 18 puits se sont révélés contaminés (26 % des puits échantillonnés). Les puits contaminés de ce secteur ont tendance à l'être fortement, avec une moyenne de 84,6 ppb pour les 18 puits.

Aucun lien significatif n'a pu être établi entre la profondeur ou l'âge des puits et leur contamination, même en s'en tenant aux seuls puits artésiens. Ces derniers étaient significativement plus contaminés que les puits de surface.

L'analyse géographique en lien avec la géologie a permis de conclure que les puits situés sur de la roche archéenne sédimentaire avaient 8 fois plus de chance d'être contaminés à l'arsenic que les autres puits. D'autres études seraient nécessaires pour documenter les causes géologiques de cette association.

Parmi les solutions pour réduire l'imprégnation à l'arsenic, on retrouve l'achat de l'eau potable en bouteilles, la construction d'un aqueduc là où la chose est réalisable et l'installation d'un système d'osmose inversée qui fournit entre 11 et 19 litres d'eau par jour et qui s'installe sous le comptoir de cuisine avec son propre robinet.

Les propriétaires de tous les puits analysés ont reçu leur résultat; une campagne de dépistage des personnes imprégnées a eu lieu en octobre et novembre 1995 et fera l'objet d'une publication séparée. Le rapport sera disponible dans les municipalités concernées à l'intention des citoyens et des planificateurs.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES ANNEXES.....	xiii
INTRODUCTION.....	1
1. PROBLÉMATIQUE ET ÉTAT DES CONNAISSANCES.....	3
1.1 L'ARSENIC DANS L'ENVIRONNEMENT.....	3
1.2 EXPOSITION.....	5
1.3 MÉTABOLISME ET TOXICITÉ.....	5
1.4 EFFETS CHEZ LES HUMAINS.....	6
1.5 L'ARSENIC INORGANIQUE DANS L'EAU EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE.....	7
1.6 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE.....	11
2. MÉTHODOLOGIE.....	13
2.1 PRÉCISER LA CONTAMINATION À L'ARSENIC.....	13
2.1.1 Délimitation des secteurs.....	13
2.1.2 Stratégie de prélèvement.....	15
2.1.3 Analyse statistique.....	16
2.1.4 Analyse géographique.....	17
2.1.5 diffusion des résultats.....	19
2.2 SOLUTIONS AUX PROPRIÉTAIRES DE PUITTS CONTAMINÉS.....	20
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	21
3.1 CONTAMINATION POUR TOUS LES SECTEURS.....	21
3.2 LES PUITTS DU SECTEUR GRANADA.....	25
3.3 LES PUITTS DU SECTEUR MC WATTERS.....	27
3.4 LES PUITTS DU SECTEUR RIVIÈRE-HÉVA.....	29
3.5 LES PUITTS DU SECTEUR DUBUISSON.....	31
3.6 LES PUITTS DU SECTEUR DUPARQUET/RAPIDE-DANSEUR.....	33
3.7 LES PUITTS DU SECTEUR ST-MATHIEU (OUEST ET EST).....	35
3.8 LES PUITTS DU SECTEUR LAC LEGENDRE (LA CORNE).....	37
3.9 LES PUITTS DU SECTEUR CHAZEL/CLERMONT.....	39
3.10 LES PUITTS DU SECTEUR VAL-ST-GILLES.....	41
3.11 LES PUITTS DU SECTEUR COLOMBOURG.....	43
3.12 LES PUITTS DES SECTEURS BERRY/ST-DOMINIQUE ET ST-DOMINIQUE (ROUTE 109).....	45
3.13 LES PUITTS DU SECTEUR ROCHEBAUCOURT.....	48
3.14 VARIATION TEMPORELLE DE LA CONCENTRATION D'ARSENIC DANS L'EAU POTABLE.....	50
3.15 COMPARAISONS ENTRE LES TYPES DE PUITTS ET CORRÉLATIONS STATISTIQUES.....	52
3.15.1 Comparaison entre les types de puits.....	52
3.15.2 Corrélation de l'arsenic avec l'âge du puits.....	53
3.15.3 Corrélation de l'arsenic avec la profondeur du puits.....	55
3.16 ANALYSE GÉOGRAPHIQUE EN FONCTION DE LA ROCHE ARCHÉENNE SÉDIMENTAIRE (RAS).....	56
3.16.1 Résultats pour la roche archéenne sédimentaire seulement.....	56
3.16.2 Résultats pour la roche archéenne sédimentaire plus une zone tampon de un kilomètre.....	59

4. LES SOLUTIONS À UNE TROP GRANDE CONCENTRATION EN ARSENIC DANS L'EAU POTABLE.....	60
4.1 L'ÉCHANGEUR D'IONS.....	60
4.2 L'ALUMINE ACTIVÉE.....	61
4.3 L'OSMOSE INVERSÉE.....	61
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	65
BIBLIOGRAPHIE.....	69

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : VUE D'ENSEMBLE DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE DE L'ÉTUDE MRN ET CONCENTRATION EN ARSENIC.....	9
FIGURE 2 : LOCALISATION DES PUIXS AYANT PLUS DE 25 PPB D'ARSENIC D'APRÈS L'ÉTUDE DU MRN.....	10
FIGURE 3 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR GRANADA.....	26
FIGURE 4 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR MC WATTERS.....	28
FIGURE 5 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR RIVIÈRE-HÉVA.....	30
FIGURE 6 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR DUBUISSON.....	32
FIGURE 7 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR DUPARQUET/RAPIDE-DANSEUR.....	34
FIGURE 8 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR ST-MATHIEU (OUEST ET EST).....	36
FIGURE 9 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR LAC LEGENDRE (LA CORNE).....	38
FIGURE 10 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR CHAZEL/CLERMONT.....	40
FIGURE 11 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR VAL-ST-GILLES.....	42
FIGURE 12 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR COLOMBOURG.....	44
FIGURE 13 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR BERRY/ST-DOMINIQUE ET SAINT-DOMINIQUE (ROUTE 109).....	47
FIGURE 14 : ARSENIC (MG/L) DANS L'EAU DES PUIXS, SECTEUR ROCHEBAUCOURT.....	49
FIGURE 15 : CORRÉLATION ENTRE L'ÂGE DES PUIXS ARTÉSIENS ET LE LOG DE LA CONCENTRATION EN ARSENIC.....	53
FIGURE 16 : CORRÉLATION ENTRE L'ÂGE DES PUIXS ARTÉSIENS AYANT 20 PPB OU PLUS ET LE LOG DE LA CONCENTRATION EN ARSENIC.....	54
FIGURE 17 : CORRÉLATION ENTRE LA PROFONDEUR DES PUIXS ARTÉSIENS ET LE LOGARITHME DE LA CONCENTRATION EN ARSENIC.....	55
FIGURE 18 : EMBLACEMENT DES PUIXS DE L'ÉTUDE 1974-75 AYANT 20 PPB OU PLUS D'ARSENIC, EN LIEN AVEC LA ROCHE ARCHÉENNE SÉDIMENTAIRE (EN GRISÉ).....	58

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : DIVERSES FORMES DE L'ARSENIC ORGANIQUE DANS L'ENVIRONNEMENT.....	2
TABLEAU 2 : DESCRIPTION DES SECTEURS D'ÉTUDE.....	14
TABLEAU 3 : NOMBRE DE PUIITS ET CONCENTRATION EN ARSENIC (AS) DANS LES SECTEURS ÉTUDIÉS (RÉSULTATS DE 1974-75 ENTRE PARENTHÈSES).....	22
TABLEAU 4 : COMPARAISON ENTRE LES RÉSULTATS RÉPARTIS SUR PLUSIEURS ANNÉES DE DEUX PUIITS ARTÉSIENS.....	51
TABLEAU 5 : COMPARAISON ENTRE LES PUIITS ARTÉSIENS ET DE SURFACE EN REGARD DE LEUR TENEUR EN ARSENIC.....	52
TABLEAU 6 : RISQUE RELATIF POUR LES PUIITS D'ÊTRE CONTAMINÉS SELON LEUR EMPLACEMENT SUR RAS.....	57
TABLEAU 7 : RISQUE RELATIF POUR LES PUIITS D'ÊTRE CONTAMINÉS SELON LEUR EMPLACEMENT SUR RAS INCLUANT UNE ZONE TAMPON DE 1 KILOMÈTRE.....	59
TABLEAU 8 : POURCENTAGE MOYEN D'ENLÈVEMENT DES DEUX FORMES D'ARSENIC SELON LE TYPE DE MEMBRANE.....	61

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : FEUILLE DISTRIBUÉE DANS LES SECTEURS D'ÉTUDE.....	71
ANNEXE 2 : QUESTIONNAIRE DE CONSOMMATION D'EAU DU PUIT.....	75
ANNEXE 3 : FORMULAIRE D'AUTORISATION.....	79
ANNEXE 4 : TECHNIQUE DE PRÉLÈVEMENT.....	83
ANNEXE 5 : CARTE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE DES SOUS-PROVINCES GÉOLOGIQUES D'ABITIBI ET DE PONTIAC (SOURCE : MRN 1994).....	87
ANNEXE 6 : MÉTHODE UTILISÉE POUR IMPORTER LES CARTES GÉOLOGIQUES DANS MAPINFO® ET LES RENDRE UTILISABLES.....	91
ANNEXE 7 : AVIS TECHNIQUE DU MEF SUR L'ARSENIC DANS L'EAU POTABLE.....	95

INTRODUCTION

Une importante proportion (30 %) de la population de l'Abitibi-Témiscamingue s'alimente en eau potable à partir de quelque 15 000 puits domestiques. On estime que 73,4 % de ces puits sont des puits artésiens¹ (Poissant 1995). Le présent projet se propose de caractériser la contamination à l'arsenic des puits domestiques en Abitibi-Témiscamingue, là où on a déjà décelé des concentrations supérieures de cet élément, et de proposer certaines solutions valides aux personnes dont l'eau potable serait affectée par une trop grande concentration de cet élément. Plus précisément, il s'agit de dépister les puits contaminés dans les secteurs les plus susceptibles de contenir plus de 25 ppb² d'arsenic. Cette étude est directement liée au problème de la contamination des puits domestiques, retenue comme l'un des 22 problèmes prioritaires en Abitibi-Témiscamingue.

¹ Dans le contexte de l'Abitibi-Témiscamingue, la distinction entre puits artésien et de surface n'est pas toujours facile à effectuer. Strictement parlant, les pointes qui pénètrent l'argile et vont chercher l'eau dans une nappe d'eau captive entre l'argile et le roc devraient aussi être considérés comme des puits artésiens. Pour les besoins de cette étude, seuls les puits qui pénètrent dans le roc ont été considérés comme des puits artésiens, du fait qu'on s'est intéressé à la contamination de source géologique.

² Un ppb est une partie par milliard (10^{-9}) d'une particule, comme ici l'arsenic, dans son solvant, ici l'eau; cela équivaut à un microgramme par litre (mg/L)

1. PROBLÉMATIQUE ET ÉTAT DES CONNAISSANCES

1.1 L'arsenic dans l'environnement

L'arsenic est un atome de numéro atomique 33, qui peut se retrouver dans l'environnement sous forme inorganique ou organique.

L'arsenic inorganique peut se présenter sous diverses formes dans l'environnement selon son niveau d'oxydation, comme le montre le tableau suivant. Dans l'eau souterraine où l'oxygène est rare, c'est la forme trivalente qui domine, même si elle est peu soluble. C'est aussi la forme trivalente qui est la plus toxique.

Tableau 1 : Description des secteurs d'étude

Nom	Formule	Solubilité dans l'eau froide (g/100cc)	Niveau d'oxydation
Arsenic (gris)	As	insoluble	0
Pentoxide d'arsenic	As ₂ O ₅	150	5
Trioxide d'arsenic	As ₂ O ₃	3,7	3
Arsine	AsH ₃ (gaz)		-3
Ion arsénite	As ⁺³		3
Ion arséniate	As ⁺⁵		5

L'arsenic peut se retrouver aussi sous forme organique (c'est-à-dire associé à des atomes de carbone pour former des molécules organiques), notamment dans la chair des poissons, des coquillages (Osterloh 1992 : 499) et dans la viande (SBSC 1992 : 2).

La source de l'arsenic dans l'environnement peut être de source naturelle ou de source anthropogène. Les sources anthropogènes comprennent l'extraction comme sous-produit d'un minerai, l'émission d'une fonderie, l'utilisation de pesticides, la combustion du charbon (Fowler 1983: 59). Mais l'arsenic est aussi présent de façon naturelle dans certaines roches, l'eau et le sol. Bien que rien ne permette de l'affirmer avec certitude, il semble que l'arsenic de l'eau des puits en Abitibi-Témiscamingue soit le fait d'une présence naturelle de l'arsenic dans la roche où les puits sont creusés. La proximité relative des groupes de puits contaminés et de certaines mines s'explique facilement par le fait qu'ils sont tous deux creusés dans une même formation rocheuse.

L'arsenic n'est pas un élément recherché par l'industrie minière, il n'y a donc pas eu de tentative systématique pour déterminer précisément quel type de roche contient cet élément. On sait qu'il peut se retrouver en assez grande concentration dans les gisements contenant du manganèse (Fowler 1983: 54) et dans l'arsénopyrite (FeAsS), qu'on retrouve dans les gîtes aurifères pyriteux comme Doyon et Bousquet. L'or tend à être associé à la pyrite (MRN 1994 : 41).

La sous-province géologique de l'Abitibi « est reconnue pour ses gisements volcanogéniques de cuivre, de zinc, d'argent et d'or et ceux d'or filonien » (MRN 1994: 21) Un réseau de failles archéennes orientées plus ou moins d'est en ouest découpent l'Abitibi en groupes autonomes. Des bandes étroites de roches sédimentaires d'époque archéenne (plus de 2,5 milliards d'années) sont aussi orientées d'est en ouest, et situées en général en bordure des zones de faille (voir carte géologique en annexe) (MRN 1994 : 21-27). Comme on le verra plus loin, ces zones de roche sédimentaire et de faille présentent un intérêt particulier, car les puits contaminés ont tendance à être associés à ces zones.

1.2 Exposition

Les humains sont exposés à l'arsenic principalement par l'alimentation et par l'eau¹. L'alimentation fournit la plus grande part, surtout à travers les fruits de mer, la viande et le poisson. Cependant, 75 % de l'arsenic alimentaire est sous forme organique (SBSC 1992 : 2). Même en ne tenant compte que de 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 par l'alimentation, c'est la quantité d'arsenic (toujours inorganique) dans l'eau potable qui devient l'élément sur lequel on peut agir.¹

On retrouve de l'eau potable contaminée à l'arsenic dans plusieurs endroits du monde, les plus connus étant à Taïwan et au Chili. On trouve des puits contaminés à l'arsenic dans des roches ayant de hautes concentrations d'arsenic à plusieurs endroits en Amérique du Nord, notamment en Utah, Oregon, Nevada, Alaska et Nouvelle-Écosse. Dans ce dernier cas, sur sept communautés, les concentrations dépassaient 50 ppb dans 33 à 93 % des puits selon la communauté; 9 des 94 puits échantillonnés avaient plus de 500 ppb.

1.3 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 4 jours (Osterloch 1992 : 499). 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. D'une part une excrétion rapide sous forme trivalente ou pentavalente. D'autre part une autre partie est méthylée (associé à un groupement organique méthyle) dans le foie pour former de l'acide monométhylarsonique (AMMA) et de l'acide diméthylarsinique (ADMA), qui sont excrétés

¹ Même dans les endroits situés dans un rayon de 80 km de fonderie de métaux non ferreux, l'exposition à l'arsenic inorganique par inhalation de l'air est de moins de 1 mg/jour, ce qui est négligeable (SBSC 1992).

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).

1.4 Effets chez les humains

Les effets aigus de l'ingestion d'arsenic par l'eau potable (à des concentrations d'au moins 1 200 µg/L) comprennent les symptômes suivants : douleurs abdominales, vomissements, diarrhées, douleurs et faiblesses dans les extrémités et dans les muscles et faiblesse avec rougeur de la peau (SBSC 1992).

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). L'effet critique justifiant la recommandation de 25 µg/L provient de son pouvoir cancérigène, en calculant le risque à une chance sur un million pour toute une vie.

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).

Il aurait été intéressant de faire un suivi médical des personnes exposées, mais le petit nombre de cas qui présenteraient des symptômes rendrait impossible toute analyse. Pour cette raison il vaut mieux se fier à des études antérieures où de plus grandes populations ont été étudiées.

D'après une étude écologique de 30 comtés aux États-Unis, des concentrations supérieures à 20 µg/L pourraient entraîner une augmentation des décès par des maladies des artères, artérioles et capillaires (ICD-8e/9e édition, nos. 440-448) chez les populations exposées (Engel 1994). Si c'était le cas, il faudrait s'attendre à ce que les personnes exposées en Abitibi-Témiscamingue à une eau contenant une concentration égale ou

supérieure à 20 µg/L en arsenic aient une chance de développer aussi ces maladies. Même si d'autres études seraient nécessaires au niveau international pour confirmer cette étude, le choix a été fait, dans le cadre du suivi à cette recherche, de retenir la concentration de 20 µg/L dans l'eau potable comme seuil d'intervention pour déterminer si un puits était contaminé, ce même seuil a été retenu pour faire le suivi de l'arsenic urinaire et capillaire chez les personnes exposées. Cependant, comme cette étude n'était pas disponible au moment de l'établissement des secteurs d'étude, c'est la recommandation fédérale de 25 µg/L qui a servi à les délimiter (voir section 2.1.4).

Le seuil de 20 ppb est d'ailleurs corroboré par l'EPA qui doit proposer une nouvelle norme dont on envisage la concentration limite à 20 ppb au maximum, et par l'OMS qui a fixé à 10 ppb sa valeur guide d'arsenic dans l'eau potable (Tremblay 1995). A titre de comparaison, le règlement québécois sur l'eau potable (c.Q-2, r. 4.1) exige pour sa part une concentration maximale de 50 ppb, mais ce règlement est en processus de révision et devrait adopter la nouvelle recommandation fédérale de 25 ppb.

L'organisme américain Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) a présenté une revue de littérature sur les conséquences d'une exposition cutanée à l'arsenic. Elle rapporte une étude effectuée sur des cobayes qui montre qu'une exposition à une solution d'eau contenant 4 000 ppm d'arséniate (As^{+5}) ou 580 ppm d'arsénite (As^{+3}) n'a montré aucune irritation cutanée significative. « Ces études indiquent que le contact direct peut être un objet de préoccupation à de hauts niveaux d'exposition, mais ne suggèrent pas que des niveaux plus bas vont causer une irritation significative » (ATSDR 1993:52; traduction libre). Cependant l'ATSDR mentionne que cette question a été peu étudiée en toxicologie. Plus loin le même organisme ajoute que l'absorption par voie dermique n'a pas été étudiée, mais qu'elle est probablement plutôt basse (ATSDR 1993:53).

1.5 L'arsenic inorganique dans l'eau en Abitibi-Témiscamingue

En 1974 et 1975, l'ancien ministère de l'Énergie et des Ressources (aujourd'hui ministère des Ressources Naturelles, MRN) a effectué des prélèvements d'eau auprès de quelque 5000 points d'échantillonnage de l'eau souterraine dans la région (en général des puits artésiens), et les a analysés pour un grand nombre d'éléments dont l'arsenic. La cartographie de ces points apparaît sur la figure ¹ 1. La densité de l'échantillonnage était d'un échantillon (puits ou source d'eau) par 300 à 500 mètres le long des rangs et routes de l'ensemble du territoire quand la distance entre les points d'échantillonnage le permettait, donc selon un patron de quadrillage assez régulier (Lalonde 1983 : 3). On peut donc dire que la probabilité qu'il y ait un puits contaminé isolé et qui n'aurait pas été répertorié est négligeable. A l'inverse, cependant, là où on trouve des puits contaminés, il y a des chances que les habitations à proximité en contiennent aussi, d'où la formulation du premier objectif de la recherche.

Sur la base de ces données du MRN, on retrouvait 36 puits qui contenaient plus d'arsenic que les recommandations fédérales pour l'eau potable au Canada, soit 25 µg/L; certains en avaient même davantage que la norme légale actuelle de 50 µg/L. Ces puits sont localisés sur la figure 2. Sur ces 36 puits, 15 (42 %) étaient situés sur un substratum de roche archéenne sédimentaire (RAS) (voir section 1.1), tel que dessiné sur les cartes géologiques 1 : 50 000 du MER. Douze autres (33 %) étaient situés à moins de un kilomètre de la RAS. D'autre part, il est reconnu que les roches sédimentaires contiennent plus d'arsenic que les roches ignées (Fowler 1983 : 54). Sans qu'il y ait de corrélation significative évidente, on peut quand même tenir compte de cette donnée. Effectivement, d'après la cartographie de l'échantillon des puits du MRN, il semble que l'arsenic tend à se retrouver en plus grande concentration dans ces roches sédimentaires.

On peut imaginer qu'il est vraisemblable, si l'arsenic vient des formations rocheuses, que les puits de surface soient moins contaminés que les puits artésiens, mais cela demeure une hypothèse à vérifier.

¹ Dans toutes les cartes de ce document, le nord astronomique est situé dans le haut de la carte par rapport au lettrage; les projections sont en longitude/latitude

Figure 1: Vue d'ensemble des points d'échantillonnage de l'étude MRN et concentration en arsenic

Figure 2: Localisation des puits ayant plus de 25 ppb d'arsenic d'après l'étude du MRN

1.6 Objectifs de la recherche

Il y a deux objectifs généraux à la recherche :

1. Préciser la contamination à l'arsenic des puits domestiques selon la répartition géographique des puits contaminés et la concentration d'arsenic dans ces puits.

Cet objectif général peut être décomposé selon les objectifs spécifiques suivants:

- Décrire les caractéristiques de contamination de chacun des secteurs à l'étude.
- Déterminer si le type de puits (surface vs artésien), la profondeur, l'âge du puits sont des facteurs qu'on peut associer à une différence de contamination.
- Déterminer si le type de roche ou de formation géologique peut avoir une influence sur la contamination.

L'hypothèse qui sous-tend cet objectif est le suivant : il y a d'autres puits contaminés à l'arsenic à proximité de ceux où on en a déjà trouvé en 1974-1975.

2. Proposer des solutions aux propriétaires qui ont des puits contaminés.

Ce deuxième objectif est soutenu par l'hypothèse qu'il existe une ou plusieurs techniques pour réduire la concentration d'arsenic dans l'eau à un niveau acceptable.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 *Préciser la contamination à l'arsenic*

2.1.1 **Délimitation des secteurs**

Des secteurs d'étude ont été définis en tenant compte d'abord des résultats de l'eau potable des points d'échantillonnage¹ de l'étude du MRN de 1974-1975. Pour ce faire, les données brutes de l'échantillonnage des eaux souterraines de l'Abitibi (Lalonde 1980a) ont été importées sur support informatique dans une base de donnée du logiciel Mapinfo et géocodées à partir de leurs données UTM (zones 17 et 18). Les puits qui dépassent 25 ppb ont servi de base pour le tracé des secteurs d'étude. L'emplacement des formations géologiques de RAS qui sont près des puits contaminés a été un critère secondaire pour délimiter les secteurs.

Si, parmi les puits qui ont 25 ppb ou plus, la carte indiquait qu'ils n'étaient pas sur une RAS, quelques prélèvements aux maisons à proximité (5 à 10 maisons) ont été pris.

Si ces puits étaient sur une RAS, le secteur d'étude a été défini pour inclure toute la partie du rang qui est située sur la RAS. C'est dire que si l'emplacement de la RAS dépasse la zone identifiée par les puits contenant plus de 25 ppb d'arsenic en 1974-1975, une partie de la RAS située plus loin des puits contaminés a été exclue du secteur d'étude. C'est notamment le cas au nord de La Sarre, où la bande de RAS se prolonge vers l'ouest entre St-Lambert et Normétal, mais où il n'y a pas de puits contenant de l'arsenic dans l'étude du MRN. Tel que mentionné plus haut, les probabilités d'y retrouver un puits contaminé sont extrêmement faible, compte tenu également qu'en zone rurale à peu près tous les puits ont été pris sur un rang.

Les secteurs d'étude retenus sont décrits au tableau suivant.

Tableau 1 : Description des secteurs d'étude

Nom du secteur	Description approximative
Granada	chemin du rang 2-3 ouest, une partie du chemin du rang 2-3 est et une partie de la rue principale
Mc Watters	au nord du chemin de fer, sur les chemins Paiement et Mont-D'or.
Rivière-Héva	route 117 à l'est du village, jusqu'à Malartic
Dubuisson	chemin Saint-Philippe (route 117) de l'église jusqu'au chemin de la pointe, rue Marguerite-Bourgeois, rue des Trembles, rue de la Plaine, place des Prés, chemin des Explorateurs
Duparquet/Rapide-Danseur	rangs de Rapide-Danseur au sud du village, route 388 et chemin au bord du lac Duparquet
Saint-Mathieu ouest	rang 3-4 ouest
Saint-Mathieu est	rang 2-3 est
lac Legendre	partie sud-est du chemin du lac Legendre
Chazel-Clermont	ch. des rangs 1 et 10 à l'est de la route 393, ch. Val-Clermont de chaque côté de la route 393
Val-Saint-Gilles	le village
Colombourg	quelques maisons à l'est de l'intersection du chemin de fer et de la route 111
Berry/Saint-Dominique	toute la partie habitée du chemin des rangs 7 et 8 dans Berry et Saint-Dominique-du-Rosaire (cantons de Berry et de Béarn)
Saint-Dominique (route 109)	route 109 à l'endroit où elle divise les rangs 3 et 4 du canton de Béarn
Rochebaucourt	sur le chemin des rangs 7 et 8, de 3 kilomètres à l'ouest du village jusqu'au bout du rang à l'est (environ 6 kilomètres), incluant le village

Une lettre a été envoyée aux municipalités où étaient situés les secteurs d'étude pour expliquer la teneur de la recherche. Dans les zones rurales où sont situés les secteurs d'étude, une feuille volante (annexe 3) a été envoyée par la poste pour avertir la population qu'une étude avait lieu et qu'un représentant de la Régie régionale passerait prendre un échantillon d'eau.

¹ Dans l'étude du MRN, les points d'échantillonnage ont été pris en très grande majorité dans des puits, mais parfois dans des trous de forage, des sources ou d'autres sites de prélèvements. Dans cette étude, le terme puits est utilisé au même titre que point d'échantillonnage pour alléger le texte.

Ce choix méthodologique de délimiter des secteurs et d'effectuer un dépistage systématique à l'intérieur de chaque secteur comporte des limites pour identifier les puits contaminés à l'arsenic. Parmi celles-ci, on peut noter les suivantes.

- I. Les nouveaux développements domiciliaires qui n'étaient pas là en 1974-75 ne sont pas pris en compte; c'est notamment le cas sur la Route du Village à McWatters et au développement Pomerleau à Dubuisson.
- II. Des cas isolés peuvent subsister, notamment:
 - A. dans des maisons neuves en zone rurale, où l'échantillon du MRN n'a pas été pris parce qu'il n'y avait pas de puits (un cas a été signalé en 1996 sur le bord de la rivière Duparquet à Gallichan);
 - B. dans certaines maisons en zone densément construites, où le MRN n'aurait pas pris un échantillon parce que les maisons étaient plus rapprochées que 300 à 500 mètres (un cas a été signalé en 1996 sur le chemin du Vieux-Pont à McWatters).Il reste que ces cas isolés devraient être relativement rares, ce qui n'est pas le cas des développements domiciliaires.

2.1.2 Stratégie de prélèvement

A l'intérieur de ces secteurs d'étude, tous les puits artésiens où il a été possible de prendre de l'eau ont été analysés pour l'arsenic. Les maisons situées dans les secteurs d'étude ont systématiquement été visitées au moins une fois.¹ Leur emplacement géographique (coordonnées UTM) a été estimé à partir des cartes topographiques 1 : 50 000 d'Énergie, Mines et Ressources Canada, selon la plus récente édition disponible. Le nombre de maisons totales des secteurs a aussi été noté, à partir des observations sur le terrain². Ces coordonnées ont été saisies à l'ordinateur, permettant le géocodage de l'information sur le logiciel Mapinfo. Cependant, cela ne signifie pas que tous les points d'échantillonnage de 1974-75 ont été échantillonnés en 1995. Au contraire,

¹ Après un premier passage, quand des secteurs (Rochebaucourt, lac Legendre) nous indiquaient qu'il n'y avait pas de puits contaminés, nous n'y sommes pas retournés, concentrant nos efforts sur les secteurs où on avait trouvé une contamination.

² En excluant les maisons abandonnées

plusieurs maisons de 1974-75 n'existent plus, surtout dans les secteurs au nord de la route 111 (entre La Sarre et Senneterre); d'autres points d'échantillonnage de 1974-75 ne sont pas des puits, mais des nappes d'eau à des profondeurs souvent très faibles (30 cm à Colombourg). La collecte des données et des échantillons d'eau s'est effectuée du 24 juillet au 12 septembre 1995. Les échantillons ont été récoltés dans des contenants de polyéthylène qui contenaient un préservatif d'acide nitrique (H_2NO_3 , 8N); ils étaient fournis par le laboratoire. Ils ont été conservés au frais jusqu'au laboratoire (glacière de transport et sacs de glace "ice pack").

Les échantillons ont été dosés pour l'arsenic total, car les recommandations sur l'arsenic dans l'eau potable sont exprimées en arsenic total. La méthode d'analyse de l'arsenic a été l'absorption atomique après génération d'hydrure. La limite de détection est de $1 \mu g/L$, et la précision est de $\pm 11 \%$ à $20 \mu g/L$ (Lalonde 1983 : 20). Le laboratoire qui a effectué les analyses est le Laboratoire d'environnement SM inc. à Longueuil. La méthode a été validée dans leur laboratoire en analysant à 10 reprises un standard certifié de 9.3 ppb. Ils ont obtenu une justesse de 3 % et une réplicabilité de 0.0 ppb. Des tests du contrôle de la qualité ont été effectués sur les échantillons que nous leur avons fourni. Les résultats qui indiquaient plus bas que la limite de détection ($< 1 \mu g/L$) ont été ramenés pour les calculs à la moitié de cette valeur, soit $0,5 \mu g/L$.

2.1.3 Analyse statistique

Les résultats cartographiques ont été analysés sur le logiciel Mapinfo; les autres résultats ont été analysés et compilés dans Lotus, Excel et Statview. Trois éléments ont été explorés à partir de tests statistiques: la différence entre les puits artésiens et les puits de surface; la possibilité de corrélation entre la profondeur du puits et la concentration en arsenic; la possibilité de corrélation entre l'âge du puits et la concentration en arsenic. Dans tous les cas, des moyennes géométriques ont été utilisées. On peut en effet imaginer que si l'arsenic vient de la dissolution de la roche-mère où sont creusés les puits

artésiens, les puits de surface qui sont creusés dans du matériau meuble d'une origine toute autre, même s'ils sont creusés jusqu'à la surface du roc, devraient contenir moins d'arsenic. Un test de comparaison de moyennes pour des échantillons non appariés («t» de Student) entre les deux types de puits permettra d'étayer cette hypothèse.

On peut supposer que plus la surface de contact avec la roche-mère est importante, si cette roche contient de l'arsenic, plus il devrait y avoir d'arsenic dans l'eau, toutes choses étant égales par ailleurs. Un test de corrélation linéaire entre le logarithme de la concentration en arsenic et la profondeur des puits artésiens permettra de mesurer la force de cette association.

De la même manière, il se peut que l'arsenic soit davantage libéré les premières années après le forage d'un puits artésien, si l'arsenic vient d'abord de la roche à proximité du trou de forage, et qu'un état d'équilibre entre l'arsenic libéré et l'arsenic pompé s'installe une fois que tout l'arsenic en solution dans l'eau du sous-sol a été pompé. Un test de corrélation linéaire entre le logarithme de la concentration en arsenic et l'âge des puits artésiens permettra de mesurer la force de cette association.

2.1.4 Analyse géographique

Un des objectifs consistait à vérifier si le fait d'être situé sur ou à proximité d'une roche archéenne sédimentaire pouvait augmenter le risque d'avoir un puits contaminé à l'arsenic. En 1974-75, il y a eu 5489 points d'échantillonnage à travers le territoire. Étant donné que ces prélèvements ont été faits assez uniformément sur l'ensemble du territoire, l'ensemble de ces données ont pu être utilisées pour comparer les puits qui sont sur RAS avec ceux qui ne le sont pas, en regard de leur contamination à l'arsenic. Il s'agit donc d'une analyse qui s'est faite indépendamment des échantillons récoltés et analysés en 1995.

Pour ce faire, des cartes géologiques des sous-provinces géologiques d'Abitibi et du Pontiac, à l'échelle de 1 : 250 000¹ ont été numérisées et importées dans le logiciel d'information géographique Mapinfo®. Le détail de la méthodologie pour l'importation de la carte est décrit en annexe.

L'analyse géographique des puits contaminés a été faite à partir de trois surfaces: l'ensemble de la RAS, la RAS plus une zone tampon (« buffer ») de 1 kilomètre, et la RAS avec une zone tampon de 2 kilomètres. Plusieurs raisons motivent à étudier ainsi la RAS avec des zones tampon. D'abord, l'imprécision de la carte elle-même peut faire que certains puits se retrouveraient cartographiés à plus grande échelle mais ne le sont pas à l'échelle utilisée ici. De plus, il peut arriver qu'une roche sédimentaire ait des prolongements sous la couche de dépôt meuble impossible à cartographier; la probabilité de trouver de tels prolongements est évidemment plus forte à proximité de la RAS cartographiée. Enfin, il est possible que le phénomène soit associé à quelque chose qui est à proximité de la RAS, certaines failles par exemple.

Une fois ces surfaces définies, il devient possible de mesurer le risque relatif d'avoir un puits contaminé (≥ 20 ppb) quand on est situé sur une surface incluant la RAS avec zone tampon. Les puits exposés sont ceux qui se retrouvent sur une telle surface, comparé aux non exposés qui ne sont pas sur cette surface.

¹ 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 DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES (MINES), Gîtes minéraux du Québec, région de l'Abitibi, feuille Senneterre 32C et feuille Rouyn-Noranda 32 D.

	Exposés: sur RAS (avec zone tampon si applicable)	Non-exposés: pas sur RAS (avec zone tampon si applicable)
Puits contaminés (≥ 20 ppb)	a	b
Puits non contaminés	c	d

Où :

Le risque chez les exposés (R_e) = $a/(a+c)$

Le risque chez les non exposés (R_o) = $b/ (b+d)$

Le risque relatif (RR) = R_e/R_o

Et le risque attribuable au fait d'être situé sur RAS (R_A) = R_e-R_o .

2.1.5 diffusion des résultats

Les personnes qui ont accepté que leur puits soit échantillonné ont reçu personnellement les résultats pour leur puits. Un résumé des résultats de l'étude sera disponible dans les municipalités concernées. La localisation géographique des puits qui dépassent la norme de SBSC pourront être fournis aux organismes et aux individus qui le désirent, puisqu'il s'agit de délimiter les secteurs géographiques qui représentent des possibilités de contamination de l'eau à l'arsenic.

Étant donné qu'il s'agit d'une étude effectuée par la Direction de la santé publique, un dépistage (dosage de l'arsenic dans l'urine et les cheveux) a été assuré aux familles dont les puits présentaient plus de 20 $\mu\text{g/L}$ d'arsenic. De plus pour toute personne ayant une imprégnation à l'arsenic avec une valeur décelée plus grande que la normale¹, un suivi médical et une référence aux médecins de famille ont été proposés aux familles. Les résultats de cette campagne de dépistage feront l'objet d'une publication ultérieure.

¹ 0,25 mmol/L pour l'arsenic urinaire et 1 ppm pour les cheveux.

2.2 Solutions aux propriétaires de puits contaminés

Une revue de littérature et une demande d'avis technique au ministère de l'Environnement et de la Faune a permis de répondre au deuxième objectif, soit de proposer les meilleures solutions pour enlever l'arsenic au point d'utilisation. Une analyse des coûts associés au traitement de l'eau a aussi été effectuée.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats ont été comparés aux résultats de 1974-1975 pour vérifier si le patron géographique est le même. Le nombre de puits dépassant 25 mg/L dans un secteur en 1995-1996 a été comparé aux résultats de 1974-1975. La moyenne de la concentration d'arsenic dans les puits a été comparée à la moyenne des puits des mêmes secteurs d'étude pour les résultats de 1974-1975

3.1 Contamination pour tous les secteurs

Quatorze secteurs ont été délimités, dont 4 près de la faille Cadillac-Larder Lake (Granada, Mc Watters, Rivière-Héva et Dubuisson), 5 près de la faille du lac Chicobi (Val-Saint-Gilles, Chazel/Clermont, St-Dominique route 109, Berry/Saint-Dominique, Rochebaucourt), et un à proximité de la faille Destor-Porcupine (Duparquet).

Le tableau suivant résume les résultats pour chaque secteur, en les comparant à ceux du MRN de 1974-75.

Tableau 2 : Nombre de puits et concentration en arsenic (As) dans les secteurs étudiés (résultats de 1974-75 entre parenthèses).

Secteur	Nombre de puits total	Nombre de puits échantillonnés	Moyenne As ($\mu\text{g/L}$)	Nombre de puits $\geq 20 \mu\text{g/L}$	Moyenne As des puits $\geq 20 \mu\text{g/L}$ ($\mu\text{g/L}$)
Granada	76	61 (30)	12,5 (5,4)	9 (1)	61,0 (34)
Mc Watters	15	8 (5)	31,1 (36,6)	3 (2)	80 (83,5)
Rivière-Héva	100	93 (33)	15,8 (18,4)	18 (5)	57,8 (87,8)
Dubuisson	157	132 (19)	21,3 (11,7)	42 (4)	54,7 (36,2)
Duparquet/Rapide-Danseur	58	51 (30)	32,8 (21,4)	18 (6)	84,6 (80,8)
St-Mathieu (Ouest)	14	12 (12)	10,8 (7,7)	2 (2)	24,5 (30)
St-Mathieu (Est)	9	7 (5)	5,7 (12,0)	1 (1)	28,0 (39)
lac Legendre (La Corne)	11	4 (2)	< 1,0 (14,0)	0 (1)	N/A (25)
Chazel/Clermont	91	67 (55)	8,3 (11,2)	8 (9)	29,2 (41)
Val-St-Gilles	19	13 (4)	11,9 (133,8)	2 (2)	26,0 (255)
Colombourg	7	7 (5)	1,2 (9,2)	0 (1)	N/A (38)
Berry/St-Dominique	32	18 (21)	4,8 (6,6)	0 (3)	N/A (30)
St-Dominique (route 109)	9	5 (5)	2,0 (7,4)	0 (1)	N/A (29)
Rochebaucourt	30	18 (38)	6,1 (5,4)	1 (3)	56,0 (23)
Total	628	496 (264)	16,3 (13,5)	104 (41)	58,4 (60,9)

Ce tableau montre la diversité des secteurs étudiés, tant au point de vue du nombre de puits que de la concentration en arsenic. Cinq secteurs se distinguent en ce qui concerne le nombre de puits échantillonnés: Dubuisson (132 puits), Rivière-Héva (93), Chazel/Clermont (67), Granada (61) et Duparquet/Rapide-Danseur (51). Ces 5 secteurs

comptent plus de 81 % des puits échantillonnés. Ces 5 secteurs sont tous sur roche archéenne sédimentaire ou près d'une faille.

La moyenne en arsenic des puits échantillonnés varie considérablement selon les secteurs, allant de la limite de détection pour les 4 puits du lac Legendre à 32,8 ppb pour les 51 puits du secteur Duparquet/Rapide-Danseur. Une forte moyenne signifie notamment qu'on a bien réussi, dans la description du secteur, à inclure les puits contaminés et à exclure les autres. Si les puits contaminés ont une très forte teneur en arsenic, cela contribue aussi à rehausser la moyenne, comme on peut le voir à Duparquet/Rapide-Danseur où les 18 puits qui ont 20 ppb d'arsenic ou plus ont *en moyenne* 84,6 ppb d'arsenic, plus de 4 fois le seuil d'intervention.

Le nombre de puits qui avaient 20 ppb ou plus d'arsenic dans un secteur donné est un indice qui nous permet de mieux voir où sont les secteurs à problème et quels sont les secteurs où il pourrait y avoir potentiellement d'autres puits contaminés.

Ainsi, dans 4 secteurs (lac Legendre, Berry/St-Dominique, St-Dominique (route 109) et Colombourg), aucun puits n'a été trouvé égal ou dépassant 20 µg/L, même si au moins un échantillon d'eau avait plus de 20 ppb en 1974-75; ces secteurs ne semblent donc pas à risque. Il faut rappeler ici que ce ne sont pas nécessairement les mêmes points d'eau qui ont été échantillonnés en 1974-75 et en 1995; un puits particulier échantillonné en 1974-75 n'existe peut-être plus, ce qui peut expliquer qu'on ne trouve aucun puits contaminé dans certains secteurs. De ces secteurs, seul Berry/St-Dominique est situé sur une roche archéenne sédimentaire; cela vient supporter l'hypothèse que le fait d'être sur une roche sédimentaire augmente la probabilité d'avoir de l'arsenic dans l'eau.

A l'autre extrême, 3 secteurs ont 78 des 104 puits ayant 20 ppb ou plus d'arsenic: ce sont Dubuisson (42 puits), Rivière-Héva (18 puits) et Duparquet/Rapide-Danseur (18 puits). De plus, hormis Mc Watters, ce sont les trois secteurs pour lesquels on a le plus trouvé de puits contaminés par rapport aux puits échantillonnés. Ainsi, à Duparquet/Rapide-

Danseur, 18 puits se sont révélés contaminés sur 51 analysés (35 %); à Dubuisson, 42 des 130 puits (32 %) se sont révélés contaminés, et à Rivière-Héva, cela représentait 18 des 93 puits échantillonnés (19 %).

On a pu établir à 628 le nombre total de puits dans les secteurs étudiés. Pour différentes raisons, dont surtout l'absence des occupants après un ou plusieurs passages, le nombre de puits échantillonnés au total s'élève à 496, soit 79 % des puits. Il reste donc une certaine probabilité de trouver d'autres puits contaminés dans ces secteurs.

Comme il s'agit d'une étude descriptive, des cartes des secteurs d'étude ont été produites indiquant toutes les maisons échantillonnées, en mettant en évidence celles dont la concentration dépasse 20 µg/L. Ces cartes incluent aussi les rues et les limites municipales, de façon à pouvoir être utilisées par les responsables de l'aménagement du territoire.

3.2 Les puits du secteur Granada

Le secteur Granada comprend le chemin du rang 2-3 ouest, une partie du chemin du rang 2-3 est et une partie de la rue principale. La roche archéenne sédimentaire (RAS) est située entre les deux chemins des rangs, mais une partie (3 km) du chemin du rang 2-3 ouest est située par-dessus la RAS. Pourtant, comme on peut le voir sur la figure 3, l'échantillon d'eau de 1974-75 qui a servi à délimiter ce secteur était hors de la RAS, sur le rang 2-3 est à environ 3 km de la rue Principale. Par ailleurs, les 9 puits ayant 20 ppb ou plus sont en bordure de la RAS, et sont regroupés autour de la rue Principale et du chemin des rangs 2 et 3.

Figure 3 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Granada

3.3 Les puits du secteur *Mc Watters*

Les 2 puits qui ont servi à établir le secteur sont situés au nord du chemin de fer qui longe la route 117. Toutes les maisons où il a été possible de le faire ont été échantillonnées au nord du chemin de fer, sur les chemins Paiement et Mont-d'Or. En plus de confirmer un puits déjà contaminé, deux autres puits sont apparus contaminés. On voit que la répartition est relativement aléatoire, 4 autres puits n'étant pas contaminés au milieu de ces trois-là, même si tous les puits sont proches, dans un rayon de 500 mètres.

La géologie de ce secteur est assez complexe, la roche sédimentaire étant à 500 mètres au nord du secteur, (à partir de la rivière Kinojévis vers le nord) et également juste au sud du secteur, à partir du chemin de fer. Il est possible que la forme particulière de la géologie ait une influence sur la regroupement en un seul endroit des puits contaminés.

Les zones résidentielles du village et du chemin du Village n'ayant pas été échantillonnées par le MRN en 1974-75, il est possible que d'autres puits soient contaminés dans ce secteur. Étant donné que cette zone est sur roche archéenne sédimentaire, il serait prudent d'y effectuer des analyses d'eau des puits, d'autant plus qu'il s'agit de zones en croissance. Cela permettrait une meilleure planification de l'aménagement du territoire. Quelques puits ont été échantillonnés à l'automne 1995 sur le chemin du Village et sur le chemin du Vieux Pont. On n'a trouvé aucun puits contaminé sur le chemin du Village, mais il y en avait sur le chemin du Vieux Pont. La prudence est donc de mise dans ce secteur.

Figure 4 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Mc Watters

3.4 Les puits du secteur Rivière-Héva

La géologie du secteur étudié est caractérisée par deux bandes de roches archéennes sédimentaires d'environ 3 et 1 kilomètres de largeur qui traversent la partie nord-sud de la route 117. Ces bandes remontent vers le nord-ouest et chevauchent par endroits la route 117, notamment sur une partie du village de Rivière-Héva. Mais comme aucun puits du MRN ne décelait de taux anormal d'arsenic dans cette région nord-ouest vers le village, celle-ci n'a pas été retenue. Les probabilités d'y trouver un puits contenant plus de 20 ppb d'arsenic y sont faibles, mais ce n'est pas impossible. Avec les données et les outils dont nous disposons, il n'est pas possible de quantifier cette probabilité.

Comme on peut le voir sur la figure 5, deux groupes de puits ayant 20 ppb ou plus se retrouvent sur la partie nord-sud de la route 117, les 6 autres étant dispersés sur le parcours. Les données de 1974-75 peuvent aider à délimiter globalement l'emplacement des puits contaminés, sans que cela puisse servir d'indice assuré. Ainsi dans le sud du secteur, il n'y a pas de puits contaminé près du puits qui avait plus de 20 ppb, et celui qui a plus de 20 ppb cette année est entouré de points d'échantillonnage qui avaient moins de 20 ppb en 1974-75.

Ce secteur, situé en banlieue de Malartic, risque de subir des pressions de développement domiciliaire. Si c'était le cas, il nous apparaît opportun de mentionner le fait que de nouveaux puits ont une probabilité relativement grande d'avoir trop d'arsenic dans leur eau (16 % des puits échantillonnés étaient contaminés).

Figure 5 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Rivière-Héva

3.5 Les puits du secteur Dubuisson

La géologie du secteur Dubuisson est particulièrement complexe. Il y a plusieurs zones de failles est-ouest au sud et au nord de la route 117, sur toute la longueur de la municipalité. Le tracé géologique sur carte 1 : 50 000 indique qu'il y a une bande d'environ 1 km de largeur immédiatement au sud de la route 117, au moins jusqu'à la rivière Piché.

Le secteur a été délimité à partir de 4 points d'échantillonnage qui dépassaient 25 ppb dans l'étude du MRN. Ceux-ci se sont avérés d'excellents prédictors de deux sous-secteurs où on rencontre un grand nombre de puits ayant plus de 20 ppb d'arsenic. Comme on peut le constater sur la figure 6, le premier est situé sur la route 117, vis-à-vis les rues Marguerite-Bourgeois et Des Trembles (et incluant ces rues), en descendant vers le sud-est jusqu'à la courbe de la route 117. Le deuxième est situé sur la route 117 à partir de l'intersection du chemin Des Explorateurs en remontant vers le nord-ouest environ 1,5 kilomètre.

D'un point de vue de l'occupation humaine du territoire, Dubuisson est une ville de banlieue, située entre deux villes importantes (Val D'Or et Malartic), et dont la population croît rapidement. Comme il n'y pas d'aqueduc, chaque maison a son propre puits artésien (la zone est trop rocheuse et les terrains trop petits pour qu'on puisse installer des puits de surface pour tous). Les nouvelles maisons qui vont s'y construire ont donc une probabilité importante d'avoir un approvisionnement en eau compromis par une trop grande concentration en arsenic. La situation est d'autant plus préoccupante que certains secteurs où on projette de construire des maisons (place des Prés, rue Marguerite-Bourgeois)¹ sont à proximité de puits contaminés à l'arsenic.

¹ D'après le plan de zonage (Morissette 1986) qui montre des terrains subdivisés mais non construits.

Figure 6 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Dubuisson

3.6 Les puits du secteur Duparquet/Rapide-Danseur

Avec Rivière-Héva et Dubuisson, le secteur Duparquet/Rapide-Danseur est celui dont la contamination des puits à l'arsenic est la plus préoccupante. Plus du tiers des puits échantillonnés (18 sur 51) ont 20 ppb ou plus d'arsenic, et la moyenne de ces 18 puits est de 84,6 ppb, contre 454,7 pour les puits contaminés de Dubuisson et 58,8 pour ceux de Rivière-Héva. Les puits contaminés ont donc tendance à l'être beaucoup plus fortement dans ce secteur.

D'un point de vue géologique, une bande de roche archéenne sédimentaire d'environ un kilomètre de largeur traverse la zone urbaine de Duparquet, et englobe toute la partie nord du lac Duparquet où des maisons et des chalets ont été construits. Il n'est pas étonnant qu'un grand nombre de ces puits soient contaminés, bien qu'on remarque ici aussi l'impossibilité d'une prédiction sûre: des puits ayant plus de 50 ppb sont situés juste à côté de puits ayant moins de 10 ppb d'arsenic.

Le sous-secteur situé sur le rang Du Pouce à l'intersection du chemin des rangs 8 et 9, où on retrouve 5 puits contaminés, est à environ 2 kilomètres de la roche archéenne sédimentaire tel que dessiné sur les cartes à l'échelle 1 : 50 000. Il est difficile de proposer des explications à cet état de fait. Il n'est pas impossible qu'à plus grande échelle on puisse faire apparaître des particularités géologiques qui n'ont pas été cartographiées.

Figure 7 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Duparquet/Rapide-Danseur

3.7 Les puits du secteur *St-Mathieu (ouest et est)*

Le secteur St-Mathieu ouest comprend tout le chemin des rangs 3 et 4 ouest à St-Mathieu.

Le MRN avait répertorié, en 1974-75, deux puits qui avaient plus de 20 ppb sur 12 puits échantillonnés. Ce secteur est à environ 2 kilomètres au nord d'une mince bande de roche archéenne sédimentaire d'environ 500 mètres de largeur. Dans l'étude de cette année, deux puits ont montré une concentration égale ou supérieure à 20 ppb, les deux étant situés à proximité (moins de 500 m) d'un des 2 puits du MRN. Il ne semble donc pas y avoir de réel problème d'arsenic dans ce secteur autres que ces résultats ponctuels.

Une situation semblable prévaut pour le secteur est de St-Mathieu, qui est composé d'une bonne partie du chemin des rangs 2 et 3 est. Un puits avait été échantillonné en 1974-75 et présentait plus de 20 ppb d'arsenic. Ce puits n'existe plus et les 7 autres puits qui ont été analysés ont tous eu moins de 10 ppb d'arsenic, sauf un qui en a eu entre 10 et 20 et qui est localisé à proximité du point d'échantillonnage de 1974-75. Il n'y a donc pas lieu de croire qu'il y ait des problèmes d'arsenic dans ce secteur.

Figure 8 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur St-Mathieu (ouest et est)

3.8 Les puits du secteur lac Legendre (La Corne)

Un petit secteur de 9 puits a été identifié dans la partie sud-ouest du lac Legendre, dans la municipalité de La Corne, parce que les résultats du MRN montraient qu'un puits avait plus de 25 ppb en 1974-75. Une bande sédimentaire est-ouest est située à environ 5 kilomètres au nord du point d'échantillonnage du MRN, ce qui rend peu probable une infiltration venant de là, d'autant plus que les 8 autres points d'échantillonnage du MRN autour du lac avaient tous des résultats négatifs.

Quatre échantillons d'eau ont été récoltés dans autant de puits dans le secteur, et les 4 avaient moins de 1 ppb d'arsenic, la limite de détection de la méthode. Même si le puits qui avait plus de 25 ppb d'après les données du MRN n'a pu être échantillonné, tout porte à croire que la possibilité de trouver d'autres puits ayant cette concentration est infime.

Figure 9 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur lac Legendre (La Corne)

3.9 Les puits du secteur Chazel/Clermont

Du point de vue de la superficie, le secteur Chazel/Clermont, avec ses 119 km², est beaucoup plus vaste que les autres. A titre de comparaison, les autres grands secteurs en ce qui concerne la superficie sont Rochebaucourt (40 km²), Rivière-Héva (25 km²), Duparquet/Rapide-Danseur (22 km²), et Berry/St-Dominique (20 km²). Le secteur de Dubuisson étudié, le plus peuplé en termes de puits, ne compte que 6 km².

C'est que les 8 points d'échantillonnage qui ont servi à délimiter le secteur sont dispersés le long du chemin Val-Clermont (rangs 2-3) et du chemin des rangs 1 et 10. De plus, une bande d'environ 3 kilomètres de largeur de roche archéenne sédimentaire est à cheval sur une partie du chemin Val-Clermont et une partie du chemin des rangs 1 et 10 à l'est de la route 393, incluant le village de Saint-Janvier.

Ici mieux qu'ailleurs on peut voir la force et les limites de la prédictibilité des résultats du MRN de 1974-75. A l'époque, on avait trouvé 9 puits ayant 20 ppb d'arsenic ou plus, alors qu'on en trouve 8 aujourd'hui. De plus, la grande majorité des puits où on trouve entre 10 et 20 ppb se situent à proximité (dans un rayon de 500 mètres) des puits qui avaient plus de 20 ppb en 1974-75. Un puits sur le chemin Val-Clermont qui avait plus de 50 ppb dans l'étude du MRN a encore aujourd'hui plus de 50 ppb. Cependant, sur le chemin des rangs 1 et 10, un puits a entre 20 et 50 ppb alors qu'un échantillon pris juste à côté en 1974-75 n'indiquait pas d'arsenic. Une différence dans la profondeur des points d'échantillonnage ou une variation saisonnière ou annuelle de la concentration d'arsenic peut expliquer ce dernier résultat; il nous montre la limite de la fiabilité de l'échantillonnage de 1974-75.

Ainsi il est très peu probable que les 24 puits du secteur qui n'ont pas été échantillonnés aient une concentration supérieure à 20 ppb, à moins d'être situés à proximité des puits contaminés en 1974-75 ou en 1995.

Figure 10: Arsenic ($\mu\text{g/L}$) dans l'eau des puits, secteur Chazel/Clermont

3.10 Les puits du secteur Val-St-Gilles

Le secteur de Val-St-Gilles est un petit secteur situé sur la rue Principale (chemin des rangs 8 et 9), de part et d'autre de la Montée Richard à Val-Saint-Gilles, et incluant le village. Il n'y a pas de roche archéenne sédimentaire à proximité, la plus proche étant celle du secteur Chazel/Clermont, à 10 kilomètres au sud. Ce secteur a été délimité parce qu'un puits avait plus de 25 ppb et un autre entre 20 et 25 ppb dans l'étude du MRN. Deux des 13 puits échantillonnés en 1995 avait entre 20 et 50 ppb d'arsenic, et 5 d'entre eux avaient entre 10 et 20 ppb d'arsenic. Les deux puits contaminés ne sont pas les mêmes qu'en 1974-75. Il n'est pas possible d'être sûr que les puits de 1974-75 ont été échantillonnés à nouveau en 1995.

Ce qui est remarquable de ce secteur, c'est que le point d'échantillonnage qui a servi à délimiter le secteur a une concentration en arsenic démesurée pour de l'eau potable, soit 490 ppb. Rien ne semble distinguer ce puits des autres, si ce n'est sa grande profondeur (133 m), bien qu'il y ait d'autres puits dans le secteur qui ont une profondeur comparable et qui n'ont pas d'arsenic. L'hypothèse d'une contamination locale par l'activité humaine est peu probable, compte tenu qu'on retrouve d'autres puits qui ont entre 10 et 20 ppb dans le secteur, ce qui suppose un apport naturel d'arsenic par la roche. En somme, même s'il n'est pas nécessaire d'investiguer davantage pour ce secteur, ce constat nous amène à réaliser qu'il y a toujours une probabilité que des puits non analysés par le MRN en 1974-75 et non situés sur de la roche archéenne sédimentaire aient des concentrations élevées d'arsenic.

Figure 11 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Val-St-Gilles

3.11 *Les puits du secteur Colombourg*

Ce secteur est situé sur la route 111 entre Macamic et La Sarre, dans la municipalité de Colombourg, immédiatement à l'est de l'intersection de la route 111 et du chemin de fer, de part et d'autre de la rivière du Sud.

Le secteur Colombourg ressemble à plusieurs égards aux cas isolés rencontrés jusqu'ici, soit les secteurs de St-Mathieu et du lac Legendre: un point d'échantillonnage (ici, une nappe d'eau à 0,30 m de profondeur) indiquait 38 ppb dans l'étude du MRN, il n'y avait pas de roche sédimentaire à proximité. Sept puits ont été échantillonnés et aucun ne contenait 10 ppb d'arsenic ou plus. Il n'y a donc pas lieu d'investiguer davantage.

Figure 12 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Colombourg

3.12 Les puits des secteurs Berry/St-Dominique et St-Dominique (route 109)

Le secteur Berry/St-Dominique comprend toute la partie habitée du chemin des rangs 7 et 8 dans Berry et Saint-Dominique-du-Rosaire (cantons de Berry et de Béarn), sur une longueur de 13 kilomètres. En effet, le chemin est directement au dessus d'une bande de roche archéenne sédimentaire de 1 à 2 kilomètres de largeur. Les régions habitées se situent aux deux extrémités de ce secteur, c'est-à-dire au village de Berry à l'ouest et à l'extrémité du chemin des rangs 7 et 8 à l'est. En 1974-75, un point d'échantillonnage avait plus de 25 ppb d'arsenic et trois en avaient plus de 20, comme on peut le voir sur la figure suivante. Aucun des 18 puits échantillonnés en 1995 n'avait 20 ppb ou plus, bien que les puits ayant entre 10 et 20 ppb aient tendance à être près de ceux ayant plus de 20 ppb dans l'étude du MRN (moins de 500 mètres). Il n'est donc pas impossible qu'il y ait des puits parmi les 14 du secteur qui n'ont pas été échantillonnés et qui pourraient avoir plus de 20 ppb d'arsenic dans l'eau. Il faut dire cependant que quand les puits sont contaminés, ils ont tendance à se situer quelque peu au-dessus du seuil d'intervention, la moyenne pour les 3 points d'échantillonnage de 1974-75 étant de 30 ppb.

Un petit secteur a été délimité le long de la route 109 à l'endroit où elle divise les rangs 3 et 4 du canton de Béarn, à environ 2 kilomètres à l'est du village de Saint-Dominique-du-Rosaire. Un échantillon avait eu plus de 25 ppb en 1974-75, ce qui portait à investiguer ce secteur. Il n'y a pas de roche archéenne sédimentaire à proximité, sauf la bande mentionnée plus haut qui passe à 6 kilomètres au nord du secteur. Cinq des 9 maisons du secteur ont été échantillonnées, et aucune ne contenait plus de 10 ppb d'arsenic, la moyenne étant de 1,7 ppb. Il n'y a donc pas lieu d'investiguer davantage ce secteur.

Du point de vue de l'occupation du territoire, les deux secteurs semblent stables, et il ne faut pas s'attendre à un grand nombre de nouvelles constructions dans les prochaines années. La situation pour le nombre de puits contaminés devrait donc suivre cette tendance.

Figure 13 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Berry/St-Dominique et Saint-Dominique (route 109)

3.13 Les puits du secteur Rochebaucourt

Le secteur de Rochebaucourt est situé dans la municipalité du même nom, sur le chemin des rangs 7 et 8, de 3 kilomètres à l'ouest du village jusqu'au bout du rang à l'est (environ 6 kilomètres), incluant le village.

Un seul puits situé à environ un kilomètre à l'ouest du village avait plus de 20 ppb d'arsenic, mais tout le chemin dans le secteur retenu est situé sur roche archéenne sédimentaire. Sur la partie ouest de ce secteur, des bandes de 300 à 500 mètres de largeur traversent le chemin en diagonale à tous les kilomètres, jusque dans La Morandière, ce qui fait que, le long du chemin, il y a alternance de roches sédimentaires et d'autres roches.

Du point de vue de l'occupation du territoire, ce secteur est en régression, plusieurs maisons étant abandonnées ou ayant été démolies ou déménagées. C'est ce qui explique que 38 puits avaient été échantillonnés (sur un total sûrement plus élevé), alors qu'il n'y a plus qu'un maximum de 30 puits aujourd'hui.

Sur les 18 puits analysés, un seul avait plus de 20 ppb, et il est situé très proche de l'ancien point d'échantillonnage. Les probabilités de trouver d'autres puits qui ont plus de 20 ppb sont faibles, compte tenu que les échantillons du MRN dans ce secteur peu densément peuplé concernaient presque toutes les maisons.

Figure 14 : Arsenic (mg/L) dans l'eau des puits, secteur Rochebaucourt

3.14 Variation temporelle de la concentration d'arsenic dans l'eau potable

On sait que l'arsenic dans l'eau peut subir une série de transformations, passant à des formes plus ou moins oxydées ou réduites qui ont chacun leurs caractéristiques physico-chimiques, dont la solubilité dans l'eau; les facteurs qui influencent le plus ces transformations incluent le potentiel d'oxydo-réduction, le pH, les concentrations en ion sulfide et en fer, la température et la salinité (ATSDR 1993: 103). Pourtant il y a très peu d'études qui ont été menées pour évaluer la variation dans le temps de l'arsenic dans l'eau potable. La littérature recensée n'a permis de trouver qu'une étude s'intéressant à ce problème, avec un nombre extrêmement restreint de puits (quatre). Dans cette étude qui a suivi 2 puits de l'Oregon et 2 de l'Alaska pendant 4 ans, la concentration en arsenic variait de 5 à 320 ppb d'arsenic pour un même puits en Oregon. Le puits qui avait le moins de variation avait quand même une concentration en arsenic qui a varié entre 25 et 108 ppb (Fox 1989: 97). Cette étude laisserait croire que la concentration d'arsenic varie grandement dans le temps. Il faut noter tout de même que les très faibles ou très fortes concentrations se produisent sous forme de crête ou de creux relativement brefs. Évidemment, l'imprégnation des personnes qui boivent cette eau sur une base régulière devrait elle aussi varier à court terme.

En Abitibi, nous avons des résultats pour deux puits échantillonnés sur quelques années. Ils viennent de différentes sources, et il est possible que les méthodes de dosage de l'arsenic ne soient pas toujours les mêmes. Il faut donc demeurer prudent dans les comparaisons entre les résultats. Ces deux puits sont situés à quelques centaines de mètres l'un de l'autre à St-Vital-de-Clermont, ce qui ne nous autorise pas non plus à extrapoler pour l'ensemble de l'Abitibi. Les résultats sont compilés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Comparaison entre les résultats répartis sur plusieurs années de deux puits artésiens

Date	Source	Concentration As (mg/L)
Puits VG:		
27 juin 1974	BADGEQ, no 74-50436	0,066
13 août 1984	labo. MENVIQ, no. 8283	0,09
8 janvier 1985	labo. MENVIQ, no. 16437	0,018
6 mai 1985	labo. MENVIQ, no. 21055	0,09
Puits CG:		
6 mai 1985	labo. MENVIQ, no. 21054	0,10
9 août 1990	Techni-Lab, no. 469	0,066
16 octobre 1990	Techni-Lab, no. 645	0,05
24 août 1995	Direction Santé Publique no. 1102	0,052

Comme on le voit, à part l'échantillon VG du 8 janvier 1985 qui semble aberrant, les autres résultats montrent que la concentration peut varier du simple au double, mais jamais par exemple d'un facteur de 4 et plus comme le suggère l'étude de Fox. Devant ce manque d'évidence scientifique, l'attitude de gestion prudente serait de recommander aux personnes qui ont un résultat autour de la recommandation fédérale de faire un suivi régulier de la concentration de l'eau de leur puits. Mais d'autres études seraient nécessaires pour déterminer si, dans le cas de l'ensemble de l'Abitibi-Témiscamingue, la variation de la concentration est importante.

3.15 Comparaisons entre les types de puits et corrélations statistiques

Trois éléments ont été explorés à partir de tests statistiques: la différence entre les puits artésiens et les puits de surface; la possibilité de corrélation entre la profondeur du puits et la concentration en arsenic; la possibilité de corrélation entre l'âge du puits et la concentration en arsenic. Dans tous les cas, des moyennes géométriques ont été utilisées.

3.15.1 Comparaison entre les types de puits

On a dénombré 392 puits artésiens et 83 puits de surface dans l'ensemble des secteurs étudiés; pour les autres (21 puits) l'utilisateur ne savait pas de quel type de puits il s'agissait. Les résultats montrent que les puits de surface avaient en moyenne 8,9 µg/L d'arsenic; les puits artésiens en avaient en moyenne 17,5 µg/L, et cette différence est significative ($p = 0,034$), comme le montre le tableau suivant.

Tableau 4 : Comparaison entre les puits artésiens et de surface en regard de leur teneur en arsenic

Groupe	n	moyenne (µg/L)	écart-type
Puits artésiens	392	17,5	35,4
Puits de surface	83	8,9	21,0

ddl = 473; $t = 2,13$; $p = 0,034$

On peut déduire que, dans les secteurs les plus à risque, il est préférable d'installer un puits de surface si la géologie le permet.

3.15.2 Corrélation de l'arsenic avec l'âge du puits

Pour les deux tests de corrélation, seuls les puits artésiens ont été retenus, puisqu'ils semblaient les plus susceptibles d'être contaminés. Aucune corrélation linéaire statistique n'a pu être mise en évidence entre l'âge des puits artésiens et le logarithme de la concentration en arsenic des puits artésiens ($r^2 = 0,009$), comme le montre la figure suivante. On peut tout juste mentionner que tous les puits qui avaient plus de 20 $\mu\text{g/L}$, sauf deux, avaient moins de 30 ans.

Figure 15 : Corrélation entre l'âge des puits artésiens et le log de la concentration en arsenic

Si on veut ne conserver que les puits les plus susceptibles d'être dans une roche libérant de l'arsenic, on peut retenir seulement les puits artésiens qui ont 20 ppb ou plus d'arsenic. Le résultat graphique de ce dernier test apparaît à la figure 16 ($r^2 = 0,07$). Comme on le voit, même en s'en tenant strictement aux puits contaminés, aucune tendance n'apparaît qui laisse soupçonner un lien quelconque entre l'âge du puits. Sur la base de ces résultats, il semble bien que la concentration en arsenic n'a rien à voir avec l'âge du puits.

Figure 16 : Corrélation entre l'âge des puits artésiens ayant 20 ppb ou plus et le log de la concentration en arsenic

3.15.3 Corrélation de l'arsenic avec la profondeur du puits

Sur la base des données de la recherche, il n'y a pas de corrélation entre la profondeur et le logarithme de la concentration en arsenic ($r^2 = 0,079$), comme l'indique la figure suivante. Il semble donc que la profondeur ne joue qu'un rôle très marginal, s'il y en a un, pour expliquer la contamination. On peut supposer, comme tentative d'explication, que du moment que le puits traverse une zone riche en arsenic, l'eau du puits se retrouve contaminée, peu importe que cette strate soit mince ou épaisse.

Figure 17 : Corrélation entre la profondeur des puits artésiens et le logarithme de la concentration en arsenic

3.16 Analyse géographique en fonction de la roche archéenne sédimentaire (RAS)

Avant de montrer les résultats concernant la roche sédimentaire, une mise en garde s'impose. En Abitibi, la roche sédimentaire est située en bordure des zones de faille (section 1.1). Il est donc possible que les résultats concernant la concentration en arsenic en lien avec la proximité de la roche sédimentaire soit plutôt dus à la proximité des failles. Il n'est pas question dans le cadre de cette étude en santé publique de se prononcer sur ce point. Des études en géologie ou en géomorphologie seraient nécessaires pour préciser le patron théorique de la présence de l'arsenic à proximité ou dans les roches sédimentaires.

Tel que mentionné dans la section méthodologique, on a tenu compte dans un premier temps de la surface couverte par la roche archéenne sédimentaire seulement, mais aussi dans un deuxième temps en incluant une zone tampon de 1 kilomètre tout autour de la RAS, pour inclure des données qui pourraient s'avérer significatives soit à cause de l'imprécision de la carte, de la formation souterraine des roches ou à cause de phénomènes qui se produisent en bordure de la RAS.

3.16.1 Résultats pour la roche archéenne sédimentaire seulement

Le nombre de puits exposés (situés sur RAS) et non-exposés sont exprimés dans le tableau suivant, selon qu'ils ont été ou non contaminés, c'est-à-dire s'ils avaient une concentration plus grande ou égale à 20 ppb.

Tableau 6: Risque relatif pour les puits d'être contaminés selon leur emplacement sur RAS

	exposés (sur RAS)	non-exposés (non sur RAS)	total
puits contaminés	19	27	46
puits non contaminés	423	5020	5443
total	442	5047	5489
calcul du risque	$Re = 19/442 = 0,0430$	$Ro = 27/5047 = 0,00535$	

$$RR = (Re/Ro) = 8,03$$

On peut voir d'après ces données que le risque d'être contaminé pour un puits situé sur RAS est de 4,3 %, tandis que le même risque pour un puits qui n'est pas situé sur RAS n'est que de 0,5 %.

Le risque relatif RR est $Re/Ro = 8,03$. Il y a donc 8 fois plus de chances pour un puits d'être contaminé s'il est situé sur roche archéenne sédimentaire que s'il est situé ailleurs. On peut le voir et le saisir intuitivement sur la figure suivante. On peut y voir les 46 puits ayant 20 ppb ou plus dans l'étude de 1974-75; ils ont tendance à être situés sur la RAS (en grisé).

Figure 18 : Emplacement des puits de l'étude 1974-75 ayant 20 ppb ou plus d'arsenic, en lien avec la roche archéenne sédimentaire (en grisé)

3.16.2 Résultats pour la roche archéenne sédimentaire plus une zone tampon de un kilomètre

Les mêmes calculs ont été faits avec une surface incluant aussi une zone tampon (« buffer ») autour de la RAS. Les résultats apparaissent au tableau suivant.

Tableau 5 : Risque relatif pour les puits d'être contaminés selon leur emplacement sur RAS incluant une zone tampon de 1 kilomètre

	Exposés (sur RAS + 1 km)	Non-exposés	Total
puits contaminés	32	14	46
puits non contaminés	852	4591	5443
total	884	4605	5489
calcul du risque	$Re = 32/884 = 0,0362$	$Ro = 14/4605 = 0,00304$	

RR = 11,9

Comme on augmente la superficie à l'étude en incluant une zone tampon de un kilomètre, il est normal que le nombre de puits total des exposés augmente, passant de 442 à 884. Le nombre d'exposés contaminés augmente aussi, mais pas dans la même proportion, passant de 19 à 32. Le risque d'avoir un puits contaminé sur RAS baisse à 3,62 %. Par contre, proportionnellement, le risque d'avoir un puits contaminé quand on est à l'extérieur de cette surface baisse encore davantage, passant de 0,53 % à 0,304 %. Cela est dû au fait que 13 puits sur les 46 se situaient dans la zone tampon autour de la RAS.

Le risque relatif est donc Re/Ro , soit 11,9. Les puits situés dans une zone incluant la RAS et une zone tampon de un kilomètre ont donc environ 12 fois plus de chances d'être contaminés à l'arsenic (seuil de 20 ppb) que les autres. C'est un résultat important du point de vue de la santé publique, il permet de prédire une certaine probabilité de contamination selon l'endroit où le puits est situé.

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

Bien sûr, la façon la plus évidente de diminuer de façon drastique l'exposition à l'arsenic chez les personnes dont l'eau est contaminée est d'arrêter d'en boire, soit en se procurant de l'eau potable à la bouteille ailleurs, soit en installant un système d'aqueduc là où le nombre et la densité des maisons le justifie, comme ce pourrait être le cas à Dubuisson par exemple. Cependant, nous allons ici nous attarder sur les solutions technologiques des résidences isolées dont les propriétaires veulent diminuer la concentration en arsenic de leur eau.

Il y a assez de recherche fondamentale et appliquée sur le sujet pour pouvoir proposer une solution. 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. La distillation est efficace quand la conception technologique de l'appareil est adéquate mais cela exige beaucoup d'énergie, et donc implique en général une plus haute dépense d'opération que les autres méthodes (Rozelle 1987 : 54).

4.1 L'échangeur d'ions.

L'échangeur d'ion de type anionique fortement basique (Dowex SBR-1, Dow Chemical Co.) donne un bon rendement pour l'enlèvement de l'arsenic pentavalent seulement car l'arsenic trivalent est majoritairement non ionique et est peu enlevé (Fox 1987). La durée d'utilisation de la résine avant régénération peut atteindre 1000 jours (Trinh Viet 1995). Cependant, cette résine épuisée chargée en arsenic devient un déchet dangereux. De plus, pour que le système fonctionne, il faut que l'eau brute qui entre dans le système ait

une concentration faible en fer et en sulfate. Les résines accaparent davantage les ions sulfates que les ions arsenic, et le fer peut rendre les résines inefficaces en s'y déposant (Trinh Viet 1995). On peut se procurer ces résines chez les fournisseurs de purificateurs domestiques, cependant “il n'est pas certain que ces fournisseurs puissent fournir des expertises sur l'utilisation de ces résines pour traiter les arsenics. Il faudra donc tester et développer ces systèmes en collaboration avec l'un de ces fournisseurs” (Trinh Viet 1995). Il n'a pas été possible de trouver à quel prix on peut se procurer ce matériel.

4.2 L'alumine activée

L'adsorption de l'arsenic sur l'alumine activée semble donner un très bon rendement. On arrive en général à maintenir la concentration en dessous de 50 ppb, et la plupart du temps inférieure à 10 ppb (Fox 1987 et Trinh Viet 1995), même à des concentrations de 500 ppb dans l'eau d'arrivée. Le fer et le sulfate dans l'eau diminuent l'efficacité du traitement et doivent être enlevés en amont du système. Ici aussi, la cartouche d'alumine usagée est concentrée en arsenic, et doit être changée à intervalles réguliers. Cependant, “l'utilisation de l'alumine activée pour enlever les arsenics ne semble pas être un traitement couramment utilisé par les résidences isolées. Au Québec, l'utilisation de l'alumine activée est inexistante. La clientèle pour ce type de traitement est très restreinte.” (Trinh Viet 1995)

4.3 L'osmose inversée

L'osmose inversée est une méthode efficace pour réduire l'ensemble des contaminants inorganiques, surtout s'il s'agit d'une membrane composite polyamide. En effet, l'efficacité de l'osmose dépend essentiellement du type de membrane utilisé, comme le montre le tableau suivant.

TABLEAU 8 : Pourcentage moyen d'enlèvement des deux formes d'arsenic selon le type de membrane

Contaminant	Membrane d'acétate de cellulose (% d'enlèvement)	Membrane composite à peau mince (% d'enlèvement)
Arsenic (III) (trivalent)	37	68
Arsenic (V) (pentavalent)	89	96

Source: Culligan inc., Northbrook, Illinois, cité dans Rozelle 1987 : 54.

L'arsenic trivalent, le plus toxique (section 1.3), est peu enlevé par la membrane d'acétate de cellulose. Des résultats d'essais pilotes effectués à Eugene, Oregon et à Fairbanks, Alaska semblent corroborer ces données. Deux unités avec membrane d'acétate de cellulose ont été installés et suivies pendant 4 ans; l'enlèvement était d'environ 50 % et était erratique (Fox 1989).

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 2 à 4 ans pour la membrane composite. Un avantage du système d'osmose inversée sur l'alumine activée et l'échangeur d'ion est que l'arsenic est au fur et à mesure rejeté dans l'égout à concentration relativement faible plutôt que de s'accumuler sur l'alumine ou la résine (Rozelle 1987 : 55).

L'osmose inversée 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.

Le coût est d'environ 1200 \$ pour une unité. Cependant, 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 environ entre 300 \$ et 2500 \$; la variation dans le prix reflète la qualité et le fait que l'appareil peut également traiter autre chose.

Devant ces coûts importants, il apparaît opportun que les municipalités ou les MRC concernées assurent le leadership d'un achat de groupe pour bénéficier d'économies de pouvoir d'achat.

Le système d'osmose inversée se compose normalement d'un filtre à particules suivi par un filtre à charbon activé (optionnel), le module d'osmose inversée proprement dit, un réservoir d'eau, un dernier filtre à charbon activé, et un robinet installé sur l'évier ou le lavabo.

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 fournit typiquement entre 11 et 19 litres d'eau potable par jour, et il rejette à l'égout 10 fois plus d'eau qu'il n'en fournit.

CONCLUSION et recommandations

Cette étude avait pour objectif de préciser la contamination à l'arsenic des puits domestiques selon la répartition géographique des puits contaminés et la concentration d'arsenic dans ces puits. A partir des points d'échantillonnage du MRN en 1974-75, 14 secteurs ont été retenus pour une campagne de dépistage, ce qui a permis de trouver 104 puits qui ont 20 ppb ou plus d'arsenic.

Ces 14 secteurs sont très hétérogènes en ce qui concerne leur superficie, le nombre de puits échantillonnés, le nombre de puits contaminés et la probabilité que d'autres maisons non échantillonnées ou de futurs puits soient contaminés à l'arsenic. Il y a des secteurs où une intervention importante doit être effectuée, d'autres où il ne semble pas pertinent d'intervenir.

Parmi les secteurs où une intervention importante est nécessaire, on trouve en premier lieu le secteur de Dubuisson, pour au moins 4 raisons. C'est le secteur où on a trouvé le plus grand nombre de puits contaminés et ce sur une superficie restreinte de 6 km². Cela représente un puits contaminé pour 5 puits échantillonnés, ce qui laisse supposer qu'il est probable que d'autres puits soient contaminés parmi les 27 puits qui n'ont pu être échantillonnés malgré des relances nombreuses. Il est entendu que la probabilité d'avoir de l'arsenic dans l'eau augmente avec la proximité des deux sous-secteurs (celui autour de la rue Marguerite-Bourgeois et celui autour de la Place-des-Prés). Troisièmement, il s'agit d'une ville en forte progression démographique où il n'y a pas d'aqueduc, ce qui laisse supposer que si rien n'est fait plusieurs puits artésiens seront construits dans les prochaines années, dont logiquement une partie devrait être contaminée. Quatrièmement la complexité de la géologie du secteur et la proximité des maisons ne nous permettent pas de conclure hors de tout doute raisonnable qu'il n'y a pas d'autres puits contaminés dans la municipalité de Dubuisson hors du secteur étudié.

En deuxième lieu quant à l'importance de l'intervention à effectuer, on retrouve à peu près *ex aequo* Rivière-Héva et Duparquet/Rapide-Danseur. A Rivière-Héva, on a trouvé 15 puits contaminés (16 % des puits échantillonnés) avec une couverture de 92 % des puits. Comme il s'agit d'un secteur en lente progression, de nouveaux puits pourraient être construits et il faut inciter à la vigilance. A Duparquet/Rapide-Danseur, 13 puits se sont

révélés contaminés (26 % des puits échantillonnés), avec une couverture de 88 %. Ces puits sont davantage dispersés sur le territoire, ce qui rend moins intéressant une solution collective. C'est peut-être un secteur qui progresse un peu moins vite que Rivière-Héva sur le plan démographique (cela reste à vérifier), mais les puits contaminés de ce secteur ont tendance à l'être fortement, avec une moyenne de 89,7 ppb pour les 13 puits.

A l'autre extrémité, on trouve des secteurs où aucune intervention supplémentaire n'apparaît nécessaire, compte tenu de la faible probabilité d'y trouver des puits contaminés. Il s'agit des secteurs de Saint-Mathieu (est et ouest), du lac Legendre, de Colombourg et, dans une moindre mesure, de St-Dominique (route 109) et de Val-St-Gilles.

Entre les deux, certains secteurs ont quelque puits et il reste de faibles possibilités qu'il y en ait d'autres; c'est le cas de Chazel/Clermont, Granada et Mc Watters. Ce dernier constitue un cas à part, parce que en dehors du secteur mais dans la municipalité du même nom, le village (sans aqueduc) et le chemin Du Village n'ont pas été échantillonnés en 1974-75 par le MRN; il n'y a donc pas moyen de vérifier que cette zone sur roche archéenne sédimentaire est à risque ou non; une étude ultérieure pourrait renseigner sur ce sujet. Enfin, dans les secteurs de Berry/St-Dominique et Rochebaucourt, les éléments dont nous disposons nous laissent croire qu'il y a une probabilité non négligeable de trouver un ou quelques puits contaminés dans ces secteurs parmi les puits que nous n'avons pu visiter.

On a pu observer également que la présence de roche archéenne sédimentaire semble favoriser une contamination à l'arsenic des puits artésiens, bien qu'un grand nombre de puits soient forés dans cette roche et ne présentent aucune trace de contamination. Un puits situé sur RAS avait 8 fois plus de chance d'être contaminé que s'il était situé ailleurs.

Les personnes qui s'alimentent en eau aux puits contaminés ont été contactées et un certain suivi médical (analyse d'urine et de cheveux, notamment) a été effectué. On a retrouvé une imprégnation biologique à l'arsenic chez bon nombre de personnes.

Les propriétaires de ces puits ont également été informés de la possibilité d'installer un système d'osmose inversée qui retire généralement assez d'arsenic pour être sous le seuil de 20 ppb.

La recherche scientifique est très peu avancée concernant l'exposition cutanée (douche, etc.) à l'arsenic aux concentrations qu'on trouve en Abitibi (section 1.4). Même s'il reste encore des incertitudes, on peut affirmer qu'une irritation dermique significative est très peu probable à ces concentrations.

Recommandations

Attendu que le directeur de la santé publique a pour mandat :

1. d'informer la population :
 - a) de l'état de santé général des individus qui la composent
 - b) des problèmes de santé prioritaires
 - c) des groupes les plus vulnérables
 - d) des principaux facteurs de risque

2. d'identifier les situations susceptibles de mettre en danger la santé de la population et voir à la mise en place des mesures nécessaires à sa protection;

Attendu que l'application de certaines recommandations pourrait avoir des implications financières importantes;

Nous faisons les recommandations suivantes.

1. Que les personnes qui habitent une maison alimentée en eau potable contaminée cessent de consommer cette eau, soit
 - a) en se procurant de l'eau embouteillée,
 - b) en installant un système d'osmose inversée,
 - c) ou en se raccordant à un système d'aqueduc.

2. Qu'un comité de travail soit formé, comprenant des représentants des municipalités, du MEF, du MAM, de la DRSP afin de dresser un plan d'intervention spécifique à chaque cas.

3. Que des études soient effectuées sur l'opportunité d'installer un système d'aqueduc là où la densité des résidences pourrait le justifier, notamment à Dubuisson et Rivière-Héva.
4. Que les municipalités informent les acheteurs éventuels des terrains où seront bâties des maisons dans des secteurs à risque, pour qu'ils sachent à quoi s'en tenir.
5. Que la planification du territoire, via les schémas d'aménagement des MRC, prenne en considération l'existence de zones à risque concernant l'arsenic dans l'eau souterraine.
6. Que d'autres études soient conduites par le MRN ou le MEF pour déterminer le lien qui semble exister entre la présence d'arsenic et certains types de roche, de façon à pouvoir préciser le patron théorique des secteurs à risque.

- que des études soient effectuées sur l'opportunité d'installer un système d'aqueduc là où la densité des résidences pourrait le justifier, notamment à Dubuisson et Rivière-Héva;
- que les acheteurs des terrains où seront bâtis des maisons dans des secteurs à risque soient informés avant l'achat, pour qu'ils sachent à quoi s'en tenir;
- que la planification du territoire, via les schémas d'aménagement, prenne en considération l'existence de zones à risque concernant l'arsenic dans l'eau souterraine;
- que d'autres études soient effectuées pour déterminer le lien qui semble exister entre la présence d'arsenic et certains types de roche, de façon à pouvoir préciser le patron théorique des secteurs à risque.

BIBLIOGRAPHIE

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

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.

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. Etude concernant l'arsenic dans l'eau de consommation en Abitibi-Témiscamingue., sans lieu, sans éditeur, 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.

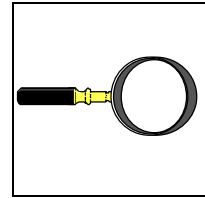
TREMBLAY, Hélène, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Présence d'arsenic dans l'eau de puits d'alimentation situés dans la région d'Abitibi-Témiscamingue, communication interne, Ministère de l'environnement et de la faune, Service de l'assainissement des eaux et du traitement des eaux de consommation,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

Annexe 1 :

FEUILLE DISTRIBUÉE DANS LES SECTEURS D'ÉTUDE



Attention! Attention!

Recherche sur l'arsenic dans l'eau potable de votre secteur

La Direction régionale de la santé publique a de bonnes raisons de croire que les nappes d'eau souterraine de votre secteur pourraient contenir plus d'arsenic que la concentration recommandée par Santé et Bien-être social Canada, à cause du type de roche qu'on y trouve. La Direction de la santé publique mène une recherche pour documenter la contamination possible des puits domestiques de ces secteurs.

Au cours du mois d'**août**, quelqu'un de notre Direction passera peut-être chez vous, si votre résidence fait partie de secteurs susceptibles de contenir de l'arsenic. Nous comptons sur votre collaboration pour permettre à cette personne de prendre un échantillon de votre eau et de compléter un formulaire avec elle. Les résultats d'analyse vous seront transmis personnellement et confidentiellement.

Cette recherche vise la protection de la santé publique face à des risques environnementaux et si les résultats le justifient des actions correctives seront proposées dans le rapport de recherche dont les conclusions seront communiquées à tous les participants.

Pour tout renseignement supplémentaire vous pouvez communiquer avec **Louis-Marie Poissant** à la Direction de la santé publique de la Régie régionale au numéro **(819) 764-3264**, poste **336**.

Annexe 2 :

QUESTIONNAIRE DE CONSOMMATION D'EAU DU PUIITS

NOM : _____

ADRESSE : _____

Cette maison est-elle votre résidence principale ?

Erreur! Les arguments du commutateur ne sont pas spécifiés. oui

Erreur! Les arguments du commutateur ne sont pas spécifiés. non

Si non, ce questionnaire ne vous concerne pas. Merci !

QUESTIONNAIRE MÉDICAL		
1. Buvez-vous ou consommez-vous (incluant la cuisson des aliments) l'eau de votre puits ? (Si non, vous n'avez pas à répondre aux questions suivantes).	OUI	NON
2. Combien buvez-vous d'eau de votre puits par jour en moyenne (incluant café, jus, soupes, etc.) ? Encerchez votre réponse. 1. moins de 4 tasses 2. 4 à 6 tasses 3. 6 à 8 tasses 4. plus de 8 tasses 2.1 Depuis combien d'années consommez-vous l'eau de ce puits ?	_____	année
3. Quel âge avez-vous ?	_____	ans
4. Avez-vous eu des problèmes de santé (plus que la moyenne) depuis un an :	OUI	NON
4.1 douleurs abdominales		
4.2 vomissements		
4.3 diarrhées		
4.4 hypertension		
4.5 insensibilité et/ou picotements dans les extrémités (mains, pieds)		
4.6 rougeurs de la peau		
4.7 problèmes de circulation sanguine aux mains et aux pieds		
4.8 cancer de la vessie		
4.9 cancer du rein		
4.10 cancer du poumon		
4.11 cancer du foie		
4.12 cancer de la peau		
5. Accepteriez-vous que nous prenions un échantillon de vos cheveux pour notre étude ? Si	OUI	NON

QUESTIONNAIRE MÉDICAL

oui, remplir le formulaire d'autorisation au verso.

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 nécessaires pour connaître mon état en regard d'une éventuelle imprégnation par l'arsenic.

Signé à _____, le _____ 1995.

Signature : _____

Voulez-vous que les résultats des analyses soient transmis à votre médecin de famille ?

OUI NON

Si OUI, qui est le médecin traitant ?

Annexe 3 :

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: _____

DG\dj
1995-09-22

G:\user\diane\data\env\eau

Annexe 4 :

TECHNIQUE DE PRÉLÈVEMENT

TECHNIQUE DE PRÉLÈVEMENT

- Prendre une bouteille qui contient un produit chimique (préservatif) que l'on doit laisser dans la bouteille.
Éviter de toucher à l'intérieur du goulot ou du bouchon.
- Choisir un emplacement approprié pour le prélèvement , soit le plus en avant possible du système de plomberie. Enlever, s'il y a lieu, le filtre au bout du robinet.
Éviter d'échantillonner après un boyau d'arrosage ou un système de traitement de l'eau. Nettoyer le robinet avec l'eau du robinet, mais sans savon, eau de javel ou autre.
- Laisser couler l'eau jusqu'à ce qu'elle soit très froide (minimum 2 minutes) avant de prélever l'échantillon.
- Ne pas rincer la bouteille avant le prélèvement afin de conserver le préservatif à l'intérieur. Remplir la bouteille jusqu'à la marque ou jusqu'à l'épaule de façon à laisser un peu d'air. Éviter de toucher au robinet avec le goulot de la bouteille.
- Identifier sur la bouteille le code, la date et le nom de celui qui prélève l'échantillon.
- Apporter l'échantillon au laboratoire **EN DEDANS DE 24 HEURES MAXIMUM.**
- Garder au frais et à l'obscurité avec des "ice-pack" dans une glacière ou une boîte isolée.
- Retourner au laboratoire dans les plus brefs délais, avec le bordereau d'expédition.

Annexe 5 :

CARTE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE DES SOUS-PROVINCES
GÉOLOGIQUES D'ABITIBI ET DE PONTIAC (source : MRN 1994)

Annexe 6 :

MÉTHODE UTILISÉE POUR IMPORTER LES CARTES GÉOLOGIQUES DANS MAPINFO® ET LES RENDRE UTILISABLES

MÉTHODE UTILISÉE POUR IMPORTER LES CARTES GÉOLOGIQUES DANS MAPINFO® ET LES RENDRE UTILISABLES

1. Balayer (« scanner ») les cartes géologiques 1 : 250 000 et les sauvegarder sous format TIF ou BMP (fichiers images).
2. A partir de cartes géologiques 1: 250 000 sur papier, déterminer les coordonnées (en coordonnées UTM) de points les plus éloignés possible les uns des autres; ces points étaient des intersections du quadrillage UTM de la carte.
4. A partir de Mapinfo®, ouvrir un fichier image (Open Raster image).
5. Les points choisis sont sélectionnés et on a entré les données se rapportant à ce point (nom et coordonnées).
6. On a recommencé les points 4 et 5 avec les autres cartes.
7. Les cartes se placent au bon endroit par rapport aux autres couches d'informations.
8. Ouvrir une nouvelle table (geolmap.tab) et dessiner dessus sous forme de polygone le contour de la roche sédimentaire en calquant sur les images.
9. Retirer les couches des fichiers images; tous les calculs seront faits à partir de la table geolmap.tab.

Annexe 7 :

AVIS TECHNIQUE DU MEF SUR L'ARSENIC DANS L'EAU POTABLE