

## L'ARSENIC ET LA SANTÉ HUMAINE: LA LITTÉRATURE ET LE VÉCU

Même si la littérature concernant l'arsenic est assez abondante, on constate, lors des interventions sur le terrain qu'il reste beaucoup à en apprendre sur ce métalloïde complexe. Après avoir résumé les principales connaissances déjà publiées sur le sujet, nous allons présenter les principales interrogations qui demeurent, après 7 années de travail sur deux cas importants de contamination à l'arsenic en Abitibi-Témiscamingue.

### 1. PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

L'arsenic (As) est un métalloïde appartenant au groupe 5a du tableau périodique, comme l'azote, le phosphore, l'antimoine (Sb) et le Bismuth (Bi). A ce titre il peut se retrouver sous forme trivalente (-3 ou +3) et pentavalente (+5), sans compter l'état métalloïde (0). Sa forme chimique dépendra du pH et surtout du potentiel d'oxydoréduction (pE)<sup>1</sup>. En allant d'un milieu fortement réduit à un milieu oxydé, on retrouve l'arsenic sous forme d'arsine (AsH<sub>3</sub>, trivalent), puis métallique (As), puis sous forme de trioxyde d'arsenic (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, trivalent), et enfin sous forme de pentoxyde d'arsenic (As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, pentavalent). En santé environnementale, les deux dernières formes nous intéressent plus particulièrement car ce sont celles que l'on retrouve habituellement dans le sol et l'eau. Sa toxicité pour l'être humain varie aussi selon sa forme, dans l'ordre décroissant suivant :

*arsine (AsH<sub>3</sub>) - arsénites (composés inorganiques trivalents) - arsenoxydes (composés organiques trivalents) - arséniates (composés inorganiques pentavalents) - arsenic métallique* <sup>2</sup>

L'arsenic peut également se retrouver combiné à des chaînes de carbone (arsenic organique). C'est sous cette forme (peu toxique) qu'il apparaît dans la chaîne alimentaire (notamment dans les crustacés et fruits de mer).

Les traitements visant à extraire l'arsenic de milieux comme l'eau potable contaminée varient également selon sa nature chimique. Ainsi, la membrane semi-perméable de l'osmose inverse est plus efficace pour retirer l'arsenic pentavalent que l'arsenic trivalent.

Cette variabilité chimique n'est pas sans causer quelques problèmes à celui qui veut enquêter sur un cas supposé de contamination à l'arsenic. Habituellement, les laboratoires dosent l'arsenic total. Cependant certaines méthodes d'extraction peuvent être moins efficaces pour une ou l'autre des formes d'arsenic, sous-estimant ainsi la concentration totale réelle. Finalement, les concentrations maximales recommandées et la plupart des études épidémiologiques ne différencient pas entre les diverses formes d'arsenic inorganique<sup>3</sup>.

### 2. SOURCES DE CONTAMINATION

L'arsenic existe naturellement dans les roches, principalement sous forme d'arsénopyrite (FeAsS), souvent associée à de la présence d'or. C'est pourquoi il est plus probable de trouver une contamination à l'arsenic dans les environs de mines de métaux non ferreux. Dans ces secteurs, l'arsenic est présent à la fois comme constituant naturel de la géologie locale et comme

sous-produit (déchet) des usines de concentration de minerai. Cependant les installations actuelles de traitement génèrent peu de contaminants dans l'environnement<sup>4</sup>

Les puits privés (surtout artésiens) des résidences peuvent contenir de fortes concentrations d'arsenic si la nappe phréatique est en contact avec des gisements qui en contiennent. Les fruits de mer et la viande sont les principales sources d'arsenic et constituent autour de 80% du total de l'arsenic de source alimentaire, généralement sous forme organique, rapidement excrété, et ne constitue pas une source de préoccupation<sup>5</sup>.

Au Québec, l'arsenic est également utilisé dans les produits préservatifs du bois (CCA), sous forme de pentoxyde d'arsenic et cet usage est en augmentation depuis quelques années. Les herbicides agricoles contenant de l'arsenic ne sont plus homologués depuis 1995, mais certains phytocides en sylviculture (méthanearsonate monosodique) peuvent en contenir des quantités non négligeables<sup>6</sup>. Le charbon en contient aussi une importante quantité (10 ppm), contrairement aux produits pétroliers (0,2 ppm). Les fonderies de métaux non ferreux émettent de fortes quantités d'arsenic dans l'air.

### 3. EFFETS SUR LA SANTÉ

L'arsenic inorganique pentavalent est rapidement éliminé par les reins, alors qu'une partie du trivalent a tendance à s'accumuler dans les tissus, notamment la peau et les phanères<sup>7</sup>. Aux concentrations qui sont susceptibles d'être rencontrées au Québec, les effets sur la santé ne se font habituellement sentir qu'à long terme et passent donc habituellement inaperçus. Dans ces conditions, il est donc presque impossible de diagnostiquer une intoxication à l'arsenic à partir des seuls symptômes cliniques.

Un des signes les plus précoces d'une surexposition d'arsenic est une séquence de changements cutanés qui comprend une hyperkératose généralisée et la formation de verrues ou de cors hyperkératosés sur la paume et la plante du pied, avec des zones d'hyperpigmentation parsemées de petites zones d'hypopigmentation sur la face, le cou et le dos<sup>8</sup>. Les principaux symptômes d'une intoxication prolongée sont une faiblesse chronique, une perte d'appétit et de poids. On note aussi des lésions du système vasculaire périphérique, entraînant une mauvaise circulation sanguine des extrémités. Le système nerveux périphérique est aussi atteint, les symptômes étant une sensation de picotement dans les pieds et les mains<sup>9</sup>.

L'effet critique justifiant la recommandation de Santé Canada<sup>10</sup> pour l'exposition à l'arsenic par ingestion est le cancer de la peau, bien qu'il faille aussi redouter le cancer du foie, de la vessie et du rein. La courbe dose-réponse n'est pas très bien établie pour l'arsenic dans le cas de faibles expositions. C'est pourquoi les seuils d'imprégnation considérés comme toxiques sont plutôt incertains. Par contre on connaît assez bien les seuils normaux qui ne devraient pas dépasser 20 µmoles/L dans l'urine. Cette situation entraîne des incertitudes quant aux seuils d'intervention à utiliser, notamment chez les enfants et les personnes vulnérables.

#### 4. SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Du fait que les symptômes sont peu spécifiques et que les intoxications sont surtout chroniques, il vaut mieux diagnostiquer une surexposition par une évaluation environnementale plutôt que cliniquement.

Si une contamination de la nappe phréatique est soupçonnée, il est possible d'utiliser les stratégies suivantes: une étude de la concentration en arsenic des réseaux d'aqueduc, une étude géologique pour déterminer des secteurs plus à risque, une analyse systématique des puits de forage s'ils sont disponibles au Ministère des Ressources Naturelles. La norme actuelle dans l'eau potable au Québec est de 50 ppb (0,05 mg/L) alors que la recommandation de Santé Canada est de 25 ppb. Dans le cas du sol, il faut documenter le bruit de fond dans le périmètre d'intérêt. Seul le dosage dans les premiers cm de sol est pertinent en santé environnementale. L'exposition à l'intérieur des résidences peut aussi être estimée par le dosage d'arsenic dans les poussières intérieures et dans l'air ambiant.

#### 5. SURVEILLANCE BIOLOGIQUE

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

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

Si une imprégnation anormale est trouvée chez une personne, il faudra essayer d'identifier les sources d'exposition, les éliminer ou diminuer l'exposition. Une surveillance médicale sera nécessaire pour les individus ayant une imprégnation supérieure à 0,65 micromole/L (50µg/L).

#### 6. L'EXPÉRIENCE ABITIBIENNE

##### LA CONTAMINATION DE L'EAU POTABLE

L'intervention de la Direction de santé publique (DSP) origine d'une étude réalisée par le ministère des Ressources Naturelles en 1974-75. Les responsables avaient quadrillé l'ensemble de la région en prenant des échantillons d'eau dans les puits à tous les 300 à 500 mètres linéaires sur les rangs, pour un total d'environ 5 000 échantillons, analysés pour 20 éléments dont l'arsenic<sup>11</sup>. Le but de cet exercice était bien sûr l'exploration indirecte de gisements de métaux précieux. Leur plus grande découverte, ce fut la contamination à l'arsenic de bon nombre de puits en Abitibi. Personne n'avait soupçonné ce problème auparavant. Comme on le voit, dans le cas de l'arsenic, il est presque indispensable d'avoir une approche préventive qui commence par une bonne

connaissance géologique de la région. Si on ne cherche pas d'arsenic, on n'en trouvera pas. Une surveillance biologique a été effectuée par la DSP auprès des personnes les plus exposées, une trentaine parmi l'échantillon total et on assura un suivi individuel aux familles affectées ainsi que des recommandations aux municipalités les plus concernées<sup>12</sup>.

En 1994, la DSP a fait l'acquisition d'un logiciel de géomatique, qui lui a permis de valider l'hypothèse que les puits contaminés étaient associés à un certain type de roches<sup>13</sup>. Par la suite, une campagne de dépistage systématique fut réalisée dans les secteurs à risque et une centaine de puits contaminés à plus de 20 ppb ont été identifiés.

Toutes les familles exposées ont fait l'objet d'une surveillance biologique. Dans la plupart des cas, la dose absorbée pouvait expliquer la concentration urinaire d'arsenic mesurée. Une diminution de la quantité d'eau contaminée ingérée a permis de ramener l'imprégnation sous la normale dans plus de 70 % des cas.

Parmi l'ensemble des 135 individus exposés rejoints par l'étude, aucun signe ou symptôme d'intoxication ne nous fut rapportés. Cliniquement, un seul cas d'intoxication aiguë (présence de nausées) a pu être relié à la consommation d'eau contaminée en Abitibi, dans un puits contenant 190 ppb d'arsenic.

#### LA CONTAMINATION DES SOLS

Au début des années 1980, la DSP a découvert une forte contamination des sols à l'arsenic inorganique sur le site d'une mine d'or désaffectée, située à quelques centaines de mètres du village de Duparquet. Le procédé de grillage du minerai (arsénopyrite), ainsi que l'érosion éolienne et pluviale avaient amené une contamination des aires de jeux municipales à proximité et menaçaient le puits de l'aqueduc municipal. L'intervention du MEF permit de contenir la source de contamination (des réservoirs non étanches de trioxyde d'arsenic dont le contenu fuyait dans l'environnement), après une longue saga de procédures juridiques. Cependant, le site minier et le parc à résidus demeurent, encore aujourd'hui, fortement contaminés. Une partie des terrains résidentiels dépassent le critère C (50 ppm) du MEF<sup>14</sup>. Le puits municipal, situé à environ 900 m du site minier, ne montre encore aujourd'hui, aucun signe de contamination.

Une étude de la DSP en 1990<sup>15</sup> permit de confirmer que les enfants de Duparquet étaient significativement plus imprégnés à l'arsenic que ceux de la ville de La Sarre (utilisés comme groupe témoin). Cependant ces niveaux d'imprégnation demeuraient à l'intérieur des limites de la normale.

#### PERSPECTIVES DE RECHERCHE

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

*Variation dans le temps des concentrations dans l'eau.*

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

#### *Toxicité des diverses formes d'arsenic.*

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

Faudrait-il réviser à la hausse les recommandations (concentrations maximales acceptables) pour l'arsenic dans l'eau potable lorsqu'il s'agit de formes pentavalentes? Mais si nous voulons caractériser la forme de l'arsenic dans l'eau, nous devons faire face à un autre problème. En effet, selon les conditions ambiantes (pH et pE), l'arsenic trivalent et pentavalent peuvent se convertir l'un à l'autre, de sorte que, d'une semaine ou d'un mois à l'autre, les proportions respectives de ces deux formes d'arsenic peuvent varier de façon importante. Il serait donc important de connaître les facteurs pouvant nous permettre de prédire cette variabilité.

#### *Formations géologiques associées à la présence d'arsenic.*

Les études menées en Abitibi-Témiscamingue ont permis de conclure à un lien associatif entre la présence d'arsenic dans l'eau des puits et la présence de roche sédimentaire archéenne à moins de deux kilomètres du puits. Cependant cette association était particulièrement forte lorsque les puits se trouvaient aussi à proximité d'une zone de faille géologique fortement minéralisée (faille Cadillac et faille Porcupine en Abitibi-Témiscamingue). Jusqu'à tout récemment, on croyait que seule l'Abitibi présentait des concentrations importantes d'arsenic dans l'environnement, mais on commence à en retrouver dans d'autres régions du Québec, notamment en Estrie. Quel serait le prédicteur idéal de la présence d'arsenic dans l'eau souterraine?

#### *Percolation de la contamination de surface vers l'eau souterraine*

L'expérience de la DSP à Duparquet indique que l'arsenic en surface est peu mobile dans le sol. Après plus de 50 ans, la contamination de surface ne semble pas avoir atteint la nappe phréatique du puits municipal, d'une profondeur de 15 mètres. Des relevés piézométriques à proximité du

puits montrent pourtant une contamination de la couche superficielle jusqu'à environ 1 mètre de profondeur. Quels sont les facteurs prédictifs d'une possible perméation de l'arsenic du sol vers le sous-sol?

## CONCLUSION

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

Source : Daniel Gagné et Louis-Marie Poissant, Direction de la santé publique Abitibi-Témiscamingue

---

<sup>1</sup> ADI International Inc., 1997. *Arsenic in Drinking Water Supplies*, Technical Bulletin no. 1997-AS-01

<sup>2</sup> Hindmarsh, J. Thomas et Ross F. McCurdy, *Clinical and Environmental aspects of Arsenic Toxicity*, CRC Critical Reviews in Clinical Laboratory Science, vol 23 no 4, p. 315.

<sup>3</sup> par exemple : AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR), 1993. *Toxicological profile for arsenic*, TP-92/02. p. 8.

<sup>4</sup> MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, 1994. Bilan annuel de conformité environnementale, secteur minier 1992, p. 27 et 145.

<sup>5</sup> SOUS-COMITÉ FÉDÉRAL-PROVINCIAL SUR L'EAU POTABLE, 1992. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Pièces à l'appui*, feuillet L'arsenic, Santé et Bien-être Social Canada.

<sup>6</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1997. *Renseignements et information sur les produits antiparasitaires*, fiches techniques, version 97-3.1

<sup>7</sup> Hindmarsh, J. Thomas et Ross F. McCurdy, *Clinical and Environmental aspects of Arsenic Toxicity*, CRC Critical Reviews in Clinical Laboratory Science, vol 23 no 4, p. 327.

<sup>8</sup> AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR), 1993. *Toxicological profile for arsenic*, TP-92/02. p. 45.

<sup>9</sup> AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR), 1993. *Toxicological profile for arsenic*, TP-92/02, p. 46.

<sup>10</sup> SOUS-COMITÉ FÉDÉRAL-PROVINCIAL SUR L'EAU POTABLE, 1992. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Pièces à l'appui*, feuillet L'arsenic, Santé et Bien-être Social Canada.

<sup>11</sup> LALONDE, Jean-Pierre, Nicole Chouinard et R. Bergeron, 1980. *Données brutes de l'échantillonnage des eaux souterraines de l'Abitibi. Annexe du DPV 725*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, DPV 726, 1980, 267 p.

<sup>12</sup> ROY, Guy, santé publique, DSP Québec, communication personnelle, 1997

<sup>13</sup> POISSANT, Louis-Marie, 1997. La contamination par l'arsenic des puits domestiques en Abitibi-Témiscamingue, Régie Régionale de la Santé et des Services Sociaux 104 p.

<sup>14</sup> MEF, Politique de réhabilitation des terrains contaminés, Direction des substances dangereuses, Ste-Foy, 1988

---

<sup>15</sup> Thériault, Gilles, G. Gagné, H. Demers et R. Massé, août 1991. *Contamination à l'arsenic chez les résidents de Duparquet : étude épidémiologique*, DSC Hôpital général de Montréal, DSC au CRSSS de l'Abitibi-Témiscamingue, 40 p. + annexes.