

**Bourse Fernand-Seguin  
Édition 2007**

*Le Bangladesh et l'eau du diable*

par Sébastien Landry



## **Le Bangladesh et l'eau du diable**

35 millions d'habitants ! L'équivalent de la population totale du Canada. C'est le nombre de Bangladais dont la vie risque de basculer si rien n'est fait pour contrer l'empoisonnement massif à l'arsenic qui sévit présentement dans leur pays. Pendant que certains scientifiques parlent déjà du plus important empoisonnement collectif de l'histoire, les questions fusent de toute part. D'où vient l'arsenic ? Qui sont les responsables ? Comment contrer la menace ? Sur le terrain, scientifiques et intervenants travaillent de concert pour trouver les réponses à ces questions. Devant la tâche colossale qui les attend, nos chercheurs canadiens se démarquent !

### **La genèse d'une catastrophe**

Au début des années 70, la majorité des Bangladais vivant hors des villes puisent l'eau pour leur consommation à même les eaux de surface que constituent les marres et les étangs. Or, ces sources sont fortement contaminées par des virus et des bactéries qui provoquent des épidémies de diarrhée, de choléra et de fièvre typhoïde à répétition. Selon les chiffres avancés à l'époque par la Banque Mondiale, ces épidémies tuent chaque année un quart de million d'enfants en bas âge.

C'est alors que l'UNICEF, en coopération avec les organisations internationales et le gouvernement bangladais, lance un ambitieux projet de forage de puits à travers tout le pays. L'objectif : fournir de l'eau « propre » à toute la population. Près d'un million de puits sont creusés dans le cadre du projet initial. Au cours des années qui vont suivre, plus de dix millions viendront s'ajouter, si bien qu'aujourd'hui, 95% de la population s'approvisionne à partir de ces puits. Mais à l'époque, personne ne procède à l'analyse de l'eau pour en connaître la composition chimique. Erreur fatale ! Les nappes d'eau souterraines qui alimentent les puits sont empoisonnées par un tueur lent et silencieux : l'arsenic.

Sans le savoir, cette démarche humanitaire qui devait à l'origine solutionner un important problème de santé publique, allait devenir la cause d'un empoisonnement de masse sans précédent.

## Sur les traces du tueur

Avec ses 147 millions d'habitants répartis sur un territoire équivalent à une fois et demie l'île de Terre-Neuve, le Bangladesh est encore aujourd'hui un des pays les plus pauvres de la planète. Roger Beckie est ingénieur géologue et professeur associé à l'Université de la Colombie-Britannique, et il connaît bien la situation actuelle du pays. Depuis quelques années, il tente avec une équipe de chercheurs du Massachusetts Institute of Technology (MIT) de percer les mystères de l'origine du poison.

« On sait que l'arsenic qui contamine les eaux souterraines du Bangladesh provient des sédiments que l'on retrouve dans l'aquifère [voir encadré], énonce d'entrée de jeu le chercheur. L'arsenic est d'origine géologique et donc naturel ! »

Il y a 10 000 ans, au moment où se termine la dernière grande glaciation, le thermomètre de la planète est à la hausse ! Au cœur de l'Himalaya, la fonte accélérée des glaciers érode les montagnes. Des millions de mètres cubes d'eau déferlent alors dans les vallées entraînant sur leur passage des quantités gigantesques de sédiments.

«Ces sédiments sont composés d'éléments chimiques communs comme l'oxygène, le fer et le soufre. Mais ils contiennent également des traces d'éléments plus rares comme l'or et l'arsenic », explique Beckie. Transportés hors du plateau himalayen, ces sédiments vont s'accumuler en couches successives dans le Golfe du Bengale pour former, au fil des siècles, le delta du Ganges; delta sur lequel repose aujourd'hui la moitié du territoire bangladais.

Au cours de son long voyage, l'arsenic va être capturé par l'oxyde de fer : la rouille à la surface des sédiments. Comme une éponge, l'oxyde de fer (composé d'atomes de fer et d'atomes d'oxygène) absorbe les atomes d'arsenic qu'il croise et les retient prisonniers.

Donc jusque là, tout va bien ! Enfui dans les couches profondes du sous-sol, l'oxyde de fer n'est pas soluble. Par conséquent, l'arsenic ne devrait pas constituer une menace. Pourtant, dans les faits, la situation est toute autre ! Le poison est parvenu à se libérer et à contaminer l'eau de l'aquifère. Comment cela s'est-il produit ? À cette question, Roger Beckie et son équipe croient avoir trouvé une partie de la réponse.

### **Encadré – Aquifère**

Un aquifère est une couche poreuse et perméable de la croûte terrestre saturée en eau. Dans les couches situées au dessus de l'aquifère, l'espace entre les agrégats (sable, argile, roches) est occupé par l'air. Dans la zone de l'aquifère, l'eau occupe cet espace.

Lorsqu'un puit est foré, les couches qui recouvrent l'aquifère sont percées. Puis avec un tuyau, on pompe l'eau en présence, comme on le ferait avec une paille.

### **Des bactéries qui carburent à la rouille**

En effectuant des forages et en comparant l'eau des puits contaminés, l'équipe de chercheurs a formulé une hypothèse étonnante sur une possible interrelation entre l'arsenic, l'oxyde de fer et des bactéries ingénieuses !

Championnes de l'adaptation, les bactéries ont trouvé des façons de survivre même à des profondeurs de plusieurs centaines de mètres où se situe l'aquifère. « Pour produire leur énergie, les bactéries “ mangent ” la matière organique présente dans le sol et la décomposent. Pour y arriver, elles ont besoin d'oxygène, de la même façon que notre corps a besoin d'oxygène pour métaboliser la nourriture que nous mangeons », illustre Beckie.

Mais l'aquifère est un milieu inondé et l'oxygène libre est rare. Qu'importe ! Les bactéries ont plus d'un tour dans leur sac. Elles dérobent les atomes d'oxygène contenus dans l'oxyde de fer et les utilisent pour métaboliser la matière organique.

Toutefois, dans leur lutte avec les atomes de fer pour s'approprier l'oxygène, les bactéries brisent les liens chimiques et libèrent les atomes d'arsenic. Ceux-ci se retrouvent alors dans l'eau de l'aquifère. Par conséquent, « plus il y a de matière organique, plus les bactéries sont actives et plus il y a d'arsenic libéré », résume l'ingénieur géologue.

Selon différentes hypothèses, la matière organique à la base du processus pourrait provenir de la contamination des puits par les eaux de surface. Par contre, elle pourrait aussi provenir des sédiments marins déposés lors de la formation du delta il y a des milliers d'années. « Bien que la présence de matière organique n'explique pas toute la problématique de la contamination de l'aquifère par l'arsenic, nous croyons qu'il s'agit d'une des clés de l'énigme. En identifier la provenance, demeure le prochain défi ! », souligne le chercheur.

## Une bombe à retardement

On estime aujourd'hui qu'entre 35 et 55 % des quelques onze millions de puits dispersés à travers le pays sont empoisonnés à l'arsenic. Par conséquent, 35 millions de personnes consommeraient tous les jours de l'eau contaminée à des taux cinq fois supérieurs à la norme maximale recommandée par l'Organisation mondiale de la Santé. La situation est alarmante !

Jusqu'à présent, plusieurs milliers de victimes ont déjà souffert des effets provoqués par une intoxication à l'arsenic. Les cas graves de lésions cutanées, de cancers de la peau, du foie et des reins sont nombreux dans les zones affectées.

Mais pour le Dr. William Cullen, chimiste et ancien consultant pour l'Agence canadienne de développement international, le pire reste à venir : « La période de latence pour les cancers liés à l'arsenic, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre la première exposition et la manifestation de la maladie, est de l'ordre de 20 à 40 ans. Il ne serait donc pas étonnant d'assister à une explosion des cas de cancer au cours des prochaines années. »

Pourtant, devant la gravité de la situation, les scientifiques sont démunis. « Nous ne savons que très peu de choses à propos des mécanismes par lesquels l'arsenic cause le cancer », indique Cullen. Une fois ingéré, l'arsenic est absorbé par l'intestin et se retrouve rapidement dans la circulation sanguine. On sait que le corps est en mesure d'éliminer une partie du poison par voies naturelles. En contre partie, l'arsenic peut également pénétrer dans les organes et les muscles. « Des études ont montré que l'arsenic s'attaque aux cellules et détruit l'ADN. Mais, c'est très peu de connaissances pour aider tous ces gens! », rappelle le scientifique.

Quant au retrait de l'arsenic de l'eau de consommation, ce ne sont pas les limites technologiques qui posent problème. Selon Roger Beckie, ce sont plutôt des considérations économiques : « Il existe plusieurs méthodes de filtration et de traitement qui permettraient d'éliminer l'arsenic de l'eau pompée. Toutefois, les communautés du Bangladesh n'ont pas les moyens de se payer ces solutions. » Dans une approche plus globale, William Cullen croit que la distribution d'eau potable dans les zones contaminées représente la seule façon de contrer la menace à plus long terme. « Mais devant l'étendue de la contamination et le peu de ressources disponibles, c'est pratiquement impossible ! », souligne le chimiste.

## Une solution toute canadienne

Des lentilles cultivées en Saskatchewan pour prévenir l'empoisonnement à l'arsenic au Bangladesh ! Idée farfelue ou remède miracle ? Si l'on en croit Ingrid Pickering et Graham George, tous deux professeurs et chercheurs au département des sciences géologiques de l'Université de la Saskatchewan, cette affirmation pourrait bien devenir réalité !

Depuis quelques années, les deux chercheurs effectuent des travaux susceptibles de mener à une toute nouvelle interprétation de la problématique bangladaise. Ils étudient une surprenante interaction biochimique qui existe entre l'arsenic et son voisin sur le tableau périodique des éléments, le sélénium.

Le sélénium, c'est cet élément qui possède presque les mêmes propriétés toxiques que l'arsenic. Mais contrairement à ce dernier, notre corps en a naturellement besoin en faible quantité pour demeurer en santé. « Le sélénium contribue au bon fonctionnement de notre organisme et nous assure une protection contre certains types de cancer », précise Ingrid Pickering.

Or, depuis plus de 75 ans, chercheurs et scientifiques ont fait d'étonnantes observations sur le comportement des deux éléments. Graham George nous fait part de l'intérêt : « Une forte dose d'arsenic est toxique. Une forte dose de sélénium l'est également. Pourtant, lorsque absorbés simultanément et à doses égales, les propriétés toxiques de l'arsenic et du sélénium s'annulent », comme si les deux poisons perdaient leurs pouvoirs mortels lorsque mis en présence l'un de l'autre. « C'est très curieux ! », insiste le chercheur.

C'est donc dans leur laboratoire situé à Saskatoon que Pickering et George ont sondé les bases moléculaires de la question [voir encadré]. Ils ont alors découvert une molécule tout à fait unique ! Un composé formé dans l'organisme lorsqu'un atome d'arsenic se lie à un atome de sélénium et deux atomes de soufre.

« Nous avons découvert que cette molécule se forme dans les globules rouges, puis qu'elle est excrétée dans la bile », explique Graham George. Coincé dans sa prison moléculaire, le poison est ainsi transporté par le sang jusqu'au foie pour y être filtré, puis rejeté vers l'intestin.

Mais voilà que pour chaque atome d'arsenic éliminé, un atome de sélénium est aussi éliminé ! À la lumière de ce constat, les chercheurs croient que les symptômes observés chez les populations malades du Bangladesh pourraient jusqu'ici avoir été mal interprétés.

« Nous pensons que la présence d'arsenic dans l'eau induit une carence en sélénium chez les personnes malades plutôt qu'un empoisonnement à l'arsenic proprement dit », résume Ingrid Pickering. Ainsi, un manque de sélénium dans l'organisme serait plus dommageable que l'arsenic lui-même. « Mais cela reste à prouver ! », ajoute la chercheuse.

#### **Encadré – L'identification moléculaire**

La molécule découverte par Pickering et George s'identifie  $[(GS)_2AsSe]$ . Les deux chercheurs ont utilisé une technique de spectroscopie par absorption des rayons X pour analyser des échantillons de sang provenant de lapins ayant reçu des doses complémentaires d'arsenic et de sélénium. Cette technique qui s'apparente au concept de la radiographie, mais à l'échelle moléculaire, permet d'identifier la structure chimique de molécules à l'intérieur d'échantillons.

#### **Et les lentilles dans tout ça ?**

Sur les bases de leur toute nouvelle hypothèse, les deux chercheurs collaborent à une étude clinique qui se déroule actuellement au Bangladesh. Cette étude devrait démontrer si la prise de suppléments de sélénium par des volontaires contribue à neutraliser les effets de l'arsenic.

Il faut également savoir que dans d'autres régions du monde, on retrouve dans l'eau de certains villages des concentrations en arsenic similaires et parfois supérieures à celles mesurées au Bangladesh. Curieusement, les populations qui habitent ces régions ne présentent pas les symptômes associés au poison. Pour expliquer le phénomène, Graham George nous ramène aux résultats de ses découvertes: « Il se trouve que leur alimentation est riche en sélénium et ce, parce que la concentration en sélénium dans les sols cultivés est naturellement élevée. » Par contre, au Bangladesh, c'est l'inverse : les sols et les cultures sont pauvres en sélénium.

Donc, « plutôt que de retirer l'arsenic de l'eau, une solution serait d'ajouter du sélénium dans leur nourriture, avance Pickering. De préférence, à un aliment qu'ils consomment normalement, comme le riz ou les lentilles qui sont à la base de leur alimentation. » Or, le Canada est un important exportateur de lentilles. Et ce qu'il y a de plus intéressant selon la chercheuse, c'est que « les sols de la Saskatchewan sont très riches en sélénium et les lentilles qui y sont produites en contiennent une dose importante ». Voilà tout l'intérêt !

Bien qu'il s'agisse encore de spéculations, les lentilles produites en Saskatchewan pourraient constituer une source alimentaire riche en sélénium pour la lutte contre l'arsenic au Bangladesh. Confiants que leur théorie sera démontrée, les deux chercheurs attendent avec impatience les premiers échantillons de sang issus de l'étude clinique qui leurs permettront d'effectuer les analyses nécessaires.

### **Un avenir porté par la connaissance**

C'est donc dans une perspective marquée par cette solution prometteuse que se poursuit la course contre la contamination à l'arsenic au Bangladesh. Mais au même moment, dans le reste du monde, une personne sur cinq est toujours privée d'eau potable. À l'aube d'une décennie où cette précieuse ressource est appelée à devenir un enjeu humanitaire de taille, l'exemple du Bangladesh nous rappelle que la gestion de la crise devra s'appuyer sur de meilleures connaissances de notre environnement et de nos capacités de faire. C'est dans cette optique que les travaux menés par des chercheurs comme Roger Beckie, William Cullen, Ingrid Pickering et Graham George prendront tout leur sens et pourront, peut-être un jour, contribuer à sauver des millions de vies.