

# De l'arsenic dans l'eau potable – le Vietnam nouveau point de mire

**Dans certains pays, l'arsenic représente la principale forme de pollution chimique des eaux souterraines et de l'eau potable. Dans le delta du Bengale qui est particulièrement touché, 35 millions de personnes consomment depuis 20 à 30 ans de l'eau contaminée par l'arsenic et un million souffrent aujourd'hui d'empoisonnement chronique. Dans le delta du Fleuve Rouge, autour de la capitale vietnamienne d'Hanoi, l'EAWAG a dernièrement détecté une nouvelle région dont les eaux souterraines révèlent une importante contamination par l'arsenic. Au Vietnam, dans les cas les plus graves, des concentrations en arsenic 300 fois plus élevées que la valeur limite de 10 µg/l recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ont été mesurées. Pour tenter de remédier à cette situation, des méthodes peu onéreuses de détection et d'élimination de l'arsenic sont nécessaires de même qu'il convient d'informer les spécialistes et de conseiller les instances politiques.**

Ces derniers temps, les gros titres du monde entier font état de la présence d'arsenic dans l'eau potable. Des concentrations de l'ordre de 50 µg/l suffisent déjà pour provoquer des problèmes de santé en l'espace de 10 à 15 ans. Les études toxicologiques les plus récentes indiquent que des concen-

trations de l'ordre de 10 µg/l présentent déjà un danger certain. Le déroulement des affections est dépendant de la durée d'exposition à l'arsenic et donc de la quantité de ce métal accumulée dans l'organisme. Les premiers symptômes se manifestent sous la forme d'anomalies de pigmentation

de la peau qui peut entraîner un cancer de la peau (Fig. 1, page 13). Au bout d'un certain temps viennent se greffer des perturbations d'ordre cardiaque et neurologique, et après 15 à 30 ans d'exposition le développement d'un cancer des poumons, des reins ou de la vessie est très probable.

L'Union Européenne autorise une concentration maximale d'arsenic de 10 µg/l et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande de s'orienter par rapport à cette même valeur. Par contre, dans de nombreux pays en voie de développement, mais également en Suisse et aux USA, 50 µg d'arsenic par litre est la valeur limite. On envisage actuellement aux USA de baisser cette valeur limite à 5–10 µg/l dans un proche avenir.

## L'arsenic – un problème global

Il existe dans le monde entier des régions dont l'eau potable est contaminée par l'arsenic: les plus connues se trouvent à Taiwan, au Chili, en Argentine, au Mexique, au Ghana, en Hongrie, en Mongolie, en Inde et au Bangladesh [1]. Mais des régions assez importantes sont également touchées aux USA. Certaines régions du Népal, du Pakistan, de la Thaïlande, du Laos, du Cambodge et de Sumatra sont soupçonnées d'être également contaminées, mais elles n'ont jusqu'à présent que peu ou pas du tout été étudiées.

Pour lutter contre des maladies infectieuses graves, l'UNICEF lança à la fin des années 70 au Bangladesh une campagne pour promouvoir l'utilisation de l'eau souterraine, abondante et pratiquement dépourvue de germes. Dans les ménages ruraux, l'eau est recueillie à l'aide de petites pompes manuelles (voir photo ci-contre) et consommée sans autre traitement. Cette mesure a eu des effets positifs: les maladies infectieuses depuis lors ont perdu du terrain et la mortalité infantile a très fortement diminué. On ignorait cependant que l'eau pouvait renfermer de grandes quantités d'arsenic. C'est seulement à partir de 1989, quand les cas d'empoisonnement chronique à l'arsenic



Au Bangladesh et au Vietnam, l'eau souterraine contaminée par l'arsenic qui est puisée à l'aide de simples pompes manuelles représente un danger certain pour la santé. Scène de la vie quotidienne dans un ménage rural privé vietnamien.

ont été de plus en plus fréquents, que l'on s'est aperçu que la cause provenait de l'eau souterraine contaminée par de l'arsenic. Les études montrèrent que les conditions géologiques et hydrogéologiques locales étaient propices à une dissolution en milieu réducteur de sédiments contenant de l'arsenic.

Au Bangladesh, plus d'un million de personnes sont déjà atteintes d'empoisonnement chronique à l'arsenic. La tendance est à l'aggravation. La première étude systématique de la qualité des eaux souterraines du Bangladesh a révélé que 25% des habitants consommaient une eau présentant des concentrations d'arsenic supérieures à 50 µg/l [2]. Un rapport publié dans un bulletin de l'OMS en 2000 a affirmé que «la contamination des eaux souterraines par l'arsenic au Bangladesh est le plus grand empoisonnement d'une population de l'histoire, avec des millions de personnes exposés».

### Présence naturelle d'arsenic dans les sédiments fluviaux

L'arsenic se retrouve principalement dans l'eau souterraine et potable suite à des processus naturels (cf. l'article de H.-R. Pfeifer et J. Zobrist, p. 15). Sous l'effet de l'érosion, l'arsenic contenu dans les minéraux est libéré. L'arsenic dissous s'adsorbe ensuite à la surface de particules contenant des

(hydr)oxydes de fer et celles-ci sont transportées par les rivières et se déposent de préférence dans les deltas. L'arsenic reste lié aux sédiments et n'a aucune incidence sur la qualité des eaux souterraines tant que l'eau est bien oxygénée. Par contre, si les sédiments entrent en contact avec de l'eau souterraine pauvre en oxygène, les particules ferrugineuses chargées d'arsenic sont dissoutes sous l'effet de l'activité microbienne et l'arsenic est à nouveau libéré [3]. C'est ce qui se produit dans le delta du Bengale formé par le Gange et le Brahmapoutre et qui explique la contamination par l'arsenic des pays qui s'y logent, le Bangladesh et le Bengale-Occidental (Etat de l'Inde) [4].

### Une nouvelle zone de crise: le delta du Fleuve Rouge au Vietnam

Etant donné que le delta du Fleuve Rouge présente presque les mêmes caractéristiques géologiques et hydrogéologiques que celui du Bengale, l'EAWAG également soupçonnait une contamination par l'arsenic des eaux souterraines de cette région. Dans le cadre d'une coopération scientifique de longue durée, entre l'EAWAG et l'Université Nationale du Vietnam cofinancé par la Direction Suisse du Développement et de la Coopération (DDC), des échantillons d'eau ont été prélevés pour la première fois en



Fig. 1: Le cancer de la peau, symptôme fréquent lors d'un empoisonnement avancé à l'arsenic.

1998 dans le sous-sol de Hanoi et ont été analysés par l'EAWAG. Les résultats étant positifs, l'EAWAG réalisa plusieurs campagnes de mesures systématiques d'avril 1999 à juillet 2000 [5, 6]. Les échantillons ont été prélevés sur

- 68 points de captage d'eau souterraine de ménages privés choisis au hasard dans les districts ruraux A-D autour de Hanoi
- et dans de l'eau potable brute et traitée des 8 plus grandes services des eaux potables de la ville de Hanoi.

La figure 2 présente les résultats de la campagne de mesures réalisées dans les districts A-D en septembre 1999. Dans cette zone, 50% des échantillons présentaient des concentrations en arsenic supérieures à la valeur limite fixée par les autorités vietnamiennes à 50 µg/l, la moyenne étant de 159 µg/l. Des valeurs maximales de 3000 µg d'arsenic par litre ont été mesurée dans le district D au sud de Hanoi. La figure 3 présente les résultats des trois campagnes de mesures réalisées dans les districts A-D et réunies sous forme de fréquences cumulées. La situation est particulièrement préoccupante dans le secteur D: 90% des échantillons y présentent des concentrations comprises entre 51 et 3000 µg/l, la moyenne étant de 432 µg/l.

L'eau des nappes phréatiques qui est captée par la ville de Hanoi pour son alimentation en eau potable contient, elle aussi, de l'arsenic et présente des concentrations pouvant atteindre 430 µg/l. Au cours du traitement de l'eau, l'arsenic est partiellement éliminé, mais dans quatre stations de traitement les concentrations en arsenic mesurées étaient de l'ordre de 90 µg/l, ce qui est

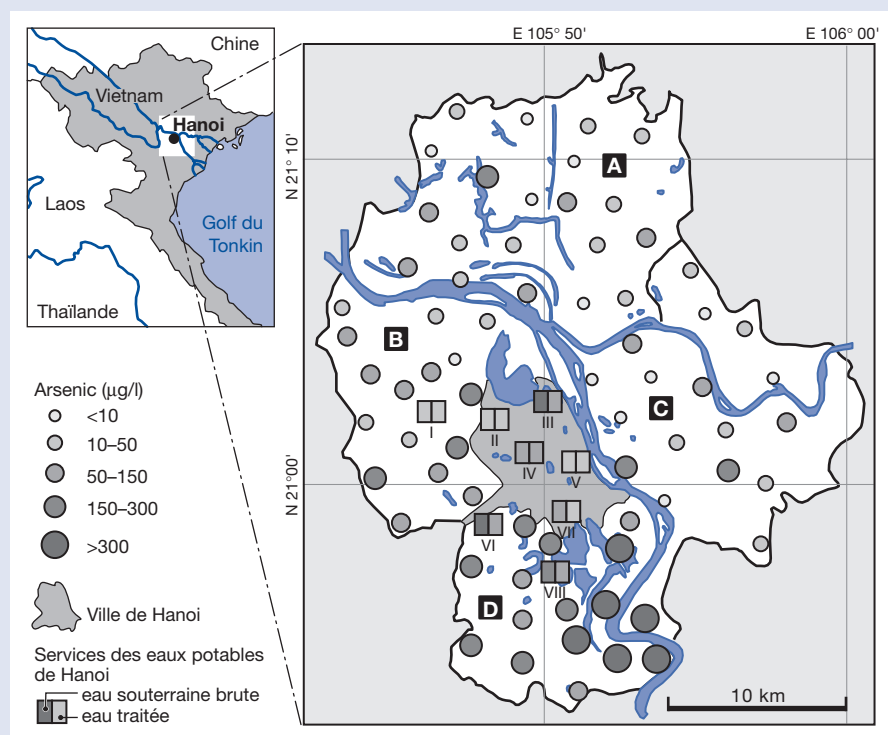


Fig. 2 : Concentrations en arsenic d'échantillons prélevés dans les nappes phréatiques d'Hanoi et de sa région. Dans les districts ruraux A-D, 68 échantillons d'eau potable provenant de ménages sélectionnés au hasard ont été analysés. Dans la ville de Hanoi, l'eau souterraine brute et traitée des 8 plus grandes services des eaux potables ont également été analysées. Campagne de mesures: septembre 1999. D'après [5].

nettement supérieur à la valeur limite fixée pour l'eau potable (Fig. 4).

Les résultats de la présente étude [5–7] confirment notre supposition selon laquelle 11 millions de personnes sont exposées à un risque d'empoisonnement chronique à l'arsenic dans les 11 000 km<sup>2</sup> du delta du Fleuve Rouge. Il faut toutefois signaler que jusqu'à présent aucun symptôme n'a pu être diagnostiqué. L'une des raisons pourrait être qu'au Vietnam l'eau des nappes phréatiques n'est utilisée que depuis 7 à 8 ans pour l'approvisionnement en eau potable. L'expérience a montré que les premiers symptômes d'empoisonnement à l'arsenic pouvaient n'apparaître qu'au bout de 10 ans. Il se peut également que la meilleure nutrition de la population du Vietnam par rapport à celle du Bangladesh ait une influence positive au niveau du déclenchement de la maladie. Il faut néanmoins s'attendre à voir apparaître un nombre non négligeable de cas de maladie dans un proche avenir.

### Solutions envisageables

En vu des résultats présentés, il semble évident qu'il convient de prendre des mesures à différents niveaux pour tenter de remédier à la situation. En effet, le problème de l'arsenic concerne aussi bien des millions de ménages qui captent leur eau potable dans des puits privés que des distributeurs communaux d'eau. Il faut d'une part mettre au point des technologies adéquates pour la mise en évidence et l'élimination de l'arsenic, et d'autre part élaborer une politique d'information ciblée. Pour répondre à ces besoins, l'EAWAG s'est engagé dans un projet global intitulé «Gestion durable de l'eau dans les régions d'Asie contaminées

par l'arsenic» qu'il cofinance avec l'«Alliance for Global Sustainability».

Plusieurs équipes de recherche internationales s'attachent déjà depuis plusieurs années à la mise au point de procédés simples et peu onéreux pour éliminer l'arsenic de l'eau potable. A l'EAWAG, une équipe a développé une technique basée sur l'oxydation et la précipitation de l'arsenic grâce à la radiation solaire (SORAS) et qui pourrait facilement être utilisée au niveau des ménages [1, 8].

Un autre problème est posé par les méthodes de mesure de l'arsenic disponibles actuellement. En raison des importantes fluctuations en concentration d'arsenic au Bangladesh p. ex., 3 millions de puits doivent être analysés, ce qui dépasse largement la capacité des méthodes d'analyse classiques. Les kits d'analyse de terrain servant à mettre en évidence l'arsenic par une méthode chimique humide ne se sont pas avérés efficaces en pratique. Une équipe de l'EAWAG tente donc actuellement de mettre au point un capteur biologique facile à manier pour l'analyse quantitative de l'arsenic [9].

Il est d'autre part impératif d'informer la population ainsi que les instances politiques des pays particulièrement touchés sur le problème de l'arsenic. Au Vietnam, l'EAWAG s'engage donc activement sur place. Il fournit non seulement une assistance scientifique et technique aux services gouvernementaux responsables mais cherche aussi le dialogue avec d'autres organisations de recherche et d'aide au développement.

De plus amples informations sur les activités de l'EAWAG sur les problèmes de contamination par l'arsenic dans le monde sont disponibles sur le site internet de l'EAWAG: [www.eawag.ch/arsenic](http://www.eawag.ch/arsenic).



Michael Berg est chimiste et dirige le groupe «Hydrologie des polluants» dans le domaine de recherche «Ressources aquatiques et eau potable» de l'EAWAG. Il est d'autre part manager et conseiller scientifique du projet de recherche mené en collaboration avec l'Université Nationale du Vietnam. Domaines de recherche: Distribution et comportement des polluants chimiques dans l'environnement aquatique et terrestre.

- [1] Hug S., Wegelin M., Gechter D., Canonica L. (2000): Eaux souterraines arsenicales: une catastrophe pour le Bangladesh. *EAWAG news* 49f, 18–20.
- [2] Kinniburgh D.G., Smedley P.L., Eds. (2000): Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh, Final Report Summary. Bangladesh Department for Public Health Engineering. British Geological Survey: Keyworth, UK. <http://www.bgs.ac.uk/arsenic>
- [3] Zobrist J., Dowdle P.R., Davis J.A., Oremland R.S. (2000): Mobilization of arsenite by dissimilatory reduction of adsorbed arsenate. *Environmental Science and Technology* 34, 4747–4753.
- [4] Nickson R., McArthur J., Burgess W., Ahmed K.M., Ravenscroft P., Rahman M. (1998): Arsenic poisoning of Bangladesh groundwater. *Nature* 395, 338.
- [5] Berg M., Tran H.C., Nguyen T.C., Pham H.V., Schertenleib R., Giger W. (2001): Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: A human health threat. *Environmental Science and Technology* 35, 2621–2626.
- [6] Christen K. (2001): The arsenic threat worsens. *Environmental Science and Technology* 35, 285A–291A.
- [7] Giger W., Berg M. (2001): Arsenhaltiges Grundwasser in Hanoi – Schweizerisch-vietnamesische Forschungspartnerschaft. *Neue Zürcher Zeitung*, 22 Août, p. 56.
- [8] Hug S.J., Canonica L., Wegelin M., Gechter D., von Gunten U. (2001): Solar oxidation and removal of arsenic at circumneutral pH in iron containing waters. *Environmental Science and Technology* 35, 2114–2121.
- [9] Baumann B. (2001): Einfach und schnell: Bakteriensuspension warnt vor Arsen. *Chemische Rundschau*, 22 Juin, p. 16.

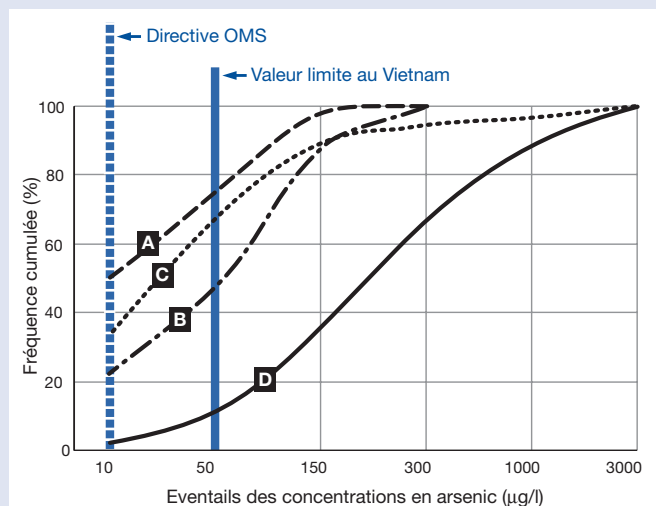


Fig. 3: Fréquences cumulées des taux d'arsenic mesurés dans 196 échantillons d'eau souterraine de ménages privés dans les districts ruraux A–D autour de Hanoi. Campagnes de mesures: septembre et décembre 1999 et mai 2000. D'après [5].

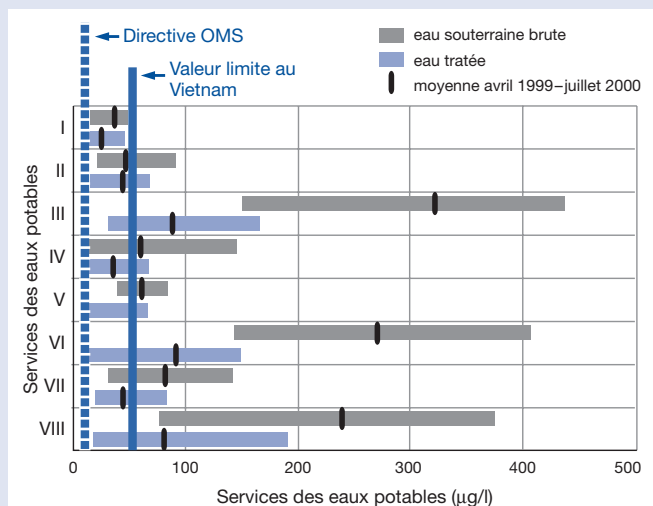


Fig. 4: Concentrations en arsenic dans les eaux souterraines brutes et traitées des 8 stations d'approvisionnement en eau potable de Hanoi. Eventails des concentrations et les moyennes de 7 campagnes de mesures d'avril 1999 à juillet 2000. D'après [5].