Source : Kerstin Danert

Note technique

Prévenir la corrosion rapide des pompes à motricité humaine par la réglementation

La présente note technique s'appuie sur le travail initié par le Réseau Rural d'Approvisionnement en Eau (RWSN) et plaide pour la mise en place, le suivi et l'application de réglementations visant à prévenir la corrosion rapide des pompes à motricité humaine. En Afrique subsaharienne, environ 200 millions de personnes dépendent des pompes à motricité humaine comme principale source d'eau potable, avec quelque 700 000 pompes à motricité humaine en service (Danert 2022). Bien que d'autres technologies gagnent en popularité, les pompes à motricité humaine devraient garder un rôle essentiel dans la région pendant encore des décennies, en particulier dans les zones reculées ou peu peuplées.

Malheureusement, de nombreuses pompes à motricité humaine sont confrontées à des problèmes de performance ou à de défaillance prématurée due à un défaut technique ou d'installation de la pompe, à une défaillance au niveau du forage, à des faiblesses en matière d'opération et de maintenance, ou encore à des problèmes financiers. Parmi ces contraintes, la corrosion rapide des pompes est connue depuis des décennies, mais elle continue de se produire malgré l'existence de solutions techniques.

Compte tenu du fort impact de cette problématique, il devient impératif de prendre des mesures décisives, par exemple au travers d'un outil réglementaire qui serait mise en place au niveau national, étatique ou régional. Il est recommandé de baser cet outil sur un seuil de pH de l'eau <6,5 comme indicateur du risque de corrosion[1]. D'autres facteurs de risque, notamment la salinité, les niveaux de chlorure et de sulfate, pourront être ajoutés lorsqu'ils seront mieux définis.

Appel à l'action

Il est proposé que les articles suivants soient introduits dans les réglementations nationales ou par d'autres moyens appropriés :

Article 1 : *L'utilisation de matériaux en fer galvanisé pour les conduites d'exhaure et les tiges des pompes dans les forages publics d'approvisionnement en eau potable est interdite dans tout le [insérer les limites du pays/des découpages administratifs locaux], lorsque les eaux souterraines présentent des niveaux de pH inférieurs à 6,5. Les nouveaux ouvrages et tous les travaux de réhabilitation doivent porter sur des pompes en acier inoxydable de qualité minimale [insérer la qualité minimale, par exemple, AISI type 304 ou supérieure] ou, pour les conduites d'exhaure uniquement, et à condition que la profondeur de la pompe soit inférieure à 32 m, d'uPVC avec des raccords en acier inoxydable de la même qualité minimale. [le cas échéant, insérer : Ces matériaux alternatifs doivent être conformes aux spécifications de la (des) norme(s) nationale(s) [insérer la référence de la (des) norme(s)]].*

Article 2 *: Le [insérer le nom de l'autorité] précisera la manière dont le pH doit être mesuré et communiqué à l'autorité.*

Article 3 : *Le [insérer le nom de l'autorité] contrôlera et documentera les performances de ces matériaux alternatifs et préparera les révisions futures si nécessaire.*

Les textes réglementaires doivent être ancrés dans la législation appropriée et les responsabilités institutionnelles doivent être clairement définies. Dans certains cas, notamment lorsque la fourniture de services d'approvisionnement en eau potable est décentralisée au profit des autorités locales, il peut être judicieux que le ministère de tutelle ou l'autorité locale communique la suspension/l'interdiction du fer galvanisé par le biais d'un courrier/d'une note de cadrage.

L'eau corrode tous les métaux et plus rapidement encore les métaux de mauvaise qualité

Tous les composants métalliques qui sont immergés dans l'eau ou qui se déplacent dans et hors de l'eau finissent par se corroder. La prévention de la corrosion doit donc être considérée comme faisant partie de l'entretien à long terme des forages d'eau équipés d'une pompe à motricité humaine (ou autre type de pompe). Si des composants fabriqués dans des matériaux inappropriés sont immergés dans des eaux agressives, ils se corroderont prématurément[2]. La corrosion des composants immergés des pompes à motricité humaine en acier ou en fer galvanisé est l'une des raisons de leur détérioration rapide, diminuant la durée de vie et la fonctionnalité de l'infrastructure d'eau potable tout entière (Danert 2022). Parfois, des composants qui devraient durer 8 à 10 ans doivent être remplacés en l'espace de quelques mois ou de quelques années.

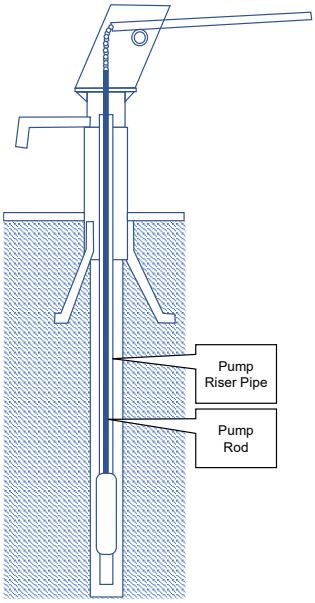

Figure 1: Tube de la colonne d'hexaure de la pompe et tige de la pompe (Crédit : Sean Furey)

Les tuyaux ou les tiges d'exhaure des pompes à motricité humaine en fer galvanisé (voir figure) dans les eaux à faible pH peuvent se corroder très rapidement, de la même manière que des matériaux dont la qualité de galvanisation est inadéquate ou que l'acier inoxydable de mauvaise qualité, même dans les eaux qui ne sont pas très agressives (MacAllister *et al.* 2022). Le tubage métallique des forages se corrode aussi rapidement s'il n'est pas constitué d'un matériau approprié. A noter que les ferrobactéries qui se développent sur et dans les pompes corrodées peuvent se déposer sur le tubage uPVC des forages[3].

La corrosion affecte la qualité de l'eau et augmente les coûts d'exploitation

Tout d'abord, la corrosion prématurée des pompes à motricité humaine entraîne des niveaux élevés de fer dans l'eau, ce qui conduit souvent les utilisateurs à rejeter l'eau en raison de problèmes de goût et de couleur. Ces problèmes et la défaillance prématurée de la pompe peuvent entraîner la perte d'accès à l'eau potable pour les utilisateurs.

De plus, la réduction de la durée de vie des pompes augmente les dépenses opérationnelles nécessaires pour maintenir les services en état de marche. Le remplacement fréquent de composants qui se corrodent rapidement est coûteux et mobilise des ressources humaines souvent limitées.

Enfin, la corrosion peut induire une contamination de l'eau potable par le plomb et d'autres métaux lourds préoccupants (OMS 2022). Ces effets délétères peuvent se produire avant même que des signes évidents de corrosion ne soient observés.

Des progrès limités ont été accomplis dans la résolution du problème

Le phénomène de corrosion rapide des pompes à motricité humaine est connu depuis des décennies (Langenegger 1989, 1994). Pourtant, des pompes inadaptées ont continué à être installées. Une récente étude du RWSN (Danert *et al.* 2023) a révélé que les communautés d'au moins 20 pays d'Afrique subsaharienne sont confrontées au problème de la corrosion rapide des pompes à motricité humaine. Il existe des tests simples pour déterminer si le fer observé dans les eaux souterraines provient de l'aquifère ou est causé par la corrosion de la pompe, qui consistent le plus souvent à surveiller le changement de couleur de l'eau pendant le pompage (Casey *et al.* 2016).

Les organismes d'appui externes, les agences d'exécution et les entrepreneurs doivent être incités à installer systématiquement des pompes à motricité humaine de qualité adaptées à la chimie de l'eau. Si elle n'est pas correctement traitée, la corrosion prématurée des pompes continuera à compromettre la réalisation de l'objectif de développement durable 6.1 ainsi que les objectifs nationaux d'un approvisionnement en eau potable sûre et durable.

Des remèdes existent

L'apparition d'une corrosion prématurée peut être évitée ou réduite en prêtant une attention particulière au choix des matériaux et à leur méthode d'installation. Pour prévenir la corrosion rapide des pompes à motricité humaine, il faut éviter d'utiliser des tuyaux d'exhaure en fer galvanisé ou en acier inoxydable de mauvaise qualité dans les forages où l'eau a un faible pH. Un seuil de pH de 6,5 est généralement approprié comme indicateur du risque de corrosion, bien que d'autres aspects de la chimie de l'eau, tels que des niveaux élevés de salinité, y compris de chlorure et de sulfate, soient également des facteurs de risque (AWWA-DVGW 1985)[4]. L'alternative au fer galvanisé est le plus souvent l'acier inoxydable de haute qualité (AISI Type 304) ou, pour les colonnes d'exhaure uniquement, l'uPVC sans plomb avec raccords en acier inoxydable. Une combinaison appropriée de matériaux est indispensable pour assurer une résistance suffisante en profondeur et pour éviter la corrosion galvanique, qui se produit dans l'eau entre des métaux dissemblables (Danert *et al.* 2023). D'autres problèmes peuvent survenir en raison d'une mauvaise manipulation des matériaux qui seront immergés, et une attention particulière doit être accordée au transport, au stockage, à l'installation et à l'entretien des tubages et tiges.

Éléments à prendre en compte pour une réglementation efficace

Sur la base d'entretiens avec les parties concernées au Tchad, au Ghana, en Ouganda et en Zambie et du retour d'expérience des efforts de prévention de la corrosion des pompes à motricité humaine en Ouganda (ministère de l'Eau et de l'Environnement 2016), les éléments suivants doivent faire l'objet d'une attention particulière :

1. Réaliser une évaluation de l'impact de la réglementation, qui évaluera notamment les implications en termes de dépenses d'investissement et d'exploitation du passage du fer galvanisé à l'acier inoxydable, à l'uPVC, ou aux deux, l'impact sur le coût du cycle de vie, et la nécessité de la mise en place de subventions pour soutenir les changements matériels.
2. Lors de l'élaboration des textes règlementaires, consulter les parties prenantes des différents groupes d'intérêt et de tenir compte de leur point de vue sur les implications financières, les incidences budgétaires et les effets sur les contrats en cours.
3. Clarifier les mécanismes de suivi et d'application. Contrôler l'efficacité, l'impact et les défis ainsi que les conséquences inattendues des nouvelles réglementations sur la performance et la

fonctionnalité des pompes à motricité humaine. Adapter les mécanismes d'application et améliorer la sensibilisation si nécessaire. Stipuler les mesures à prendre si des composants inadaptés sont encore utilisés.

4. Impliquer les organismes nationaux de normalisation pour qu'ils publient ou modifient les spécifications techniques des matériaux de substitution et pour qu'ils fassent appliquer les réglementations, par exemple en certifiant les fournisseurs ou les importations. Envisagez également la participation d'autres organismes, tels que l'administration fiscale, pour contrôler la conformité et soutenir l'application de la réglementation.
5. Veiller à ce que les nouvelles réglementations fassent l'objet d'une communication claire, large et continue. La raison d'être de l'interdiction doit être clairement exposée dans un préambule. Les articles doivent être reflétés dans tous les documents d'appel d'offres/de contrat publics. La communication doit (i) soutenir les efforts des agences de financement, des prestataires de services et des opérateurs pour exiger l'utilisation de matériaux appropriés ; (ii) inclure des informations sur les causes de la corrosion rapide des pompes à motricité humaine et les moyens de la détecter ; (iii) articuler les implications en termes de coûts, parallèlement à la justification de la suspension/interdiction ; et (iv) fournir des conseils sur la manipulation correcte des matériaux. La communication est nécessaire pour le ministère des finances, les administrations locales, les agences de financement, les organisations non gouvernementales, les foreurs, les fournisseurs de matériaux et les installateurs, et plus généralement toutes les parties sont impliqués dans la contractualisation de la fourniture des pompes. L'accent mis sur la maintenance communautaire et l'auto-approvisionnement, ainsi que les implications en termes de coûts pour les communautés et les ménages, peuvent nécessiter une campagne de sensibilisation nationale.

Considérations relatives à la mise en œuvre

1. Tenir compte de la qualité de l'eau (par exemple, la couleur, la perception du goût par l'utilisateur) pour identifier les signes de corrosion et travailler ou ajouter ces paramètres à la surveillance périodique de la qualité de l'eau conformément aux normes de qualité de l'eau potable.
2. Remplacer tous les composants des pompes à motricité humaine qui se corrodent rapidement par des matériaux alternatifs dans les zones affectées, en développant les forages affectés jusqu'à ce qu'ils soient parfaitement dégagés. Toutes les colonnes d'exhaure et les tiges de pompage en fer galvanisé doivent être remplacées.
3. Cartographier les zones dont les propriétés des eaux souterraines peuvent déclencher une corrosion rapide des pompes à motricité humaine (en particulier un pH faible, une salinité élevée, de fortes concentrations de chlorure et de sulfate, et des biofilms), et ajouter ces paramètres à la surveillance périodique de la qualité de l'eau conformément aux normes de qualité de l'eau potable. Le cas échéant, cet effort pourrait être lié à la cartographie d'autres paramètres liés à la santé, tels que l'arsenic et le fluor.
4. S'assurer de la disponibilité de matériaux alternatifs dans le pays avant entrée en vigueur de la réglementation.
5. Mettre au point des mécanismes de certification des matériaux avec les organismes nationaux de normalisation et examiner la qualité des pompes à motricité humaine et des pièces de rechange disponibles sur le marché pour déterminer si elles respectent les normes de sécurité permettant d'éviter une corrosion rapide.
6. Veiller à ce que les responsables de la mise en œuvre intègrent des procédures de contrôle de qualité, y compris l'inspection avant expédition et l'inspection des pièces avant installation, et qu'ils appuient les fournisseurs et les entrepreneurs dans l'identification des matériaux et composants de qualité inférieurs aux normes.

Crédits

La préparation de cette note technique a été financée par le Pôle mondial d'expertise en Eau du Groupe de la Banque mondiale dans le cadre de son appui au Réseau d'approvisionnement en eau des zones rurales (RWSN). L'auteur principal est Dr. Kerstin Danert (Ask for Water GmbH), avec le soutien de Sean Furey (Skat Foundation). Pour élaborer cette note, 13 entretiens en ligne ont été réalisés avec 24 personnes travaillant au Tchad, au Ghana, au Nigeria, en Ouganda et en Zambie. Des contributions et relectures ont été effectués par Donald John MacAllister (British Geological Survey), Dr. Pauline Smedley (British Geological Survey), Ajay Pumps, Ron Sloots (Uganda Drilling Contractors Association), Aaron Kabirizi (ancien ministère de l'eau et de l'environnement, Ouganda), Jorge Alvarez-Sala (UNICEF), Tara Bartnik (WaterAid), François Bertone (Groupe de la Banque mondiale), Tristan Salmon (Inter Aide), Mathieu Metois (United Purpose), Johan Strandberg (OMS), Jennifer de France (OMS), Levy Museteka (Water Resources Management Authority, Zambie), Tewodros Tena (BGR), Dotun Adekile (consultant), Idah Wambui Githu (World Bank Group), et Claus Riexinger (consultant).

Cette publication a reçu le soutien du Partenariat mondial pour la sécurité hydrique et l'assainissement (GWSP). Le GWSP est un fonds fiduciaire multidonateurs administré par le pôle mondial d'expertise en Eau de la Banque mondiale et soutenu par le ministère australien des affaires étrangères et du commerce, le ministère fédéral autrichien des finances, la Fondation Bill & Melinda Gates, le ministère danois des affaires étrangères, le ministère néerlandais des affaires étrangères, le ministère espagnol des affaires économiques et de la transformation numérique, l'Agence suédoise de coopération internationale au développement, le Secrétariat d'État à l'économie, la Direction suisse du développement et de la coopération et l'Agence des États-Unis pour le développement international.

Références

AWWA-DVGW. 1985. *Internal Corrosion of Water Distribution Systems: Cooperative Research Report*. AWWA Research Foundation/DVGW-Forschungsstelleam Engler-Bunte-Institutder Universitait Karlsruhe (TH). Denver, CO/Karslruhe, Germany: American Water Works Association Research Foundation. Quoted in Langenegger, O. 1994. *Groundwater Quality and Handpump Corrosion in Africa*. UNDP-World Bank Handpumps Project. Washington, DC: World Bank.

Casey, V., L. Brown, J. D. Carpenter, J. Nekesa, and B. Etti. 2016. "The role of handpump corrosion in the contamination and failure of rural water supplies." *Waterlines* 35 (1). https://doi.org/10.3362/1756-3488.2016.006.

Danert, K. 2022. "Stop the Rot Report II: Rapid corrosion of handpumps. Action research on handpump component quality and corrosion in sub-Saharan Africa." Ask for Water GmbH, Skat Foundation and RWSN, St Gallen, Switzerland. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34086.19528.

Danert, K., Bisoborwa, P. Kyeyune, E., Mutiibwa, R. and Nakayima, L. (2023) 'Stop the Rot: Documentation of Experiences and Lessons Learnt in the prevention of Rapid Handpump Corrosion in Uganda'. Ask for Water GmbH, Ministry of Water and Environment, Skat Foundation and RWSN, St Gallen, Switzerland.

Langenegger, O. 1989. "Groundwater quality: An important factor for selecting handpumps." *Developments in Water Science* 39: 531–41. https://doi.org/10.1016/S0167-5648(08)70561-6.

———. 1994. *Groundwater Quality and Handpump Corrosion in Africa*. UNDP-World Bank Handpumps Project. Washington, DC: World Bank. Accessed January 31, 2023. http://www.rural-water-supply.net/en/resources/details/604.

MacAllister, D.J., D. Nedaw, S. Kebede, T. Mkandawire, P. Makuluni, C. Shaba, J. Okullo, M. Owor, R. Carter, J. Chilton, V. Casey, H. Fallas, and A.M. MacDonald. 2022. "Contribution of physical factors to handpump borehole functionality in Africa." *Science of the Total Environment*, Volume 851, Part 2, 2022. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158343.

Ministry of Water & Environment. 2016. "Re: Use of galvanized iron (GI) pipes for rural water supply installation." Open letter. Kampala, Uganda, November 31, 2016. https://upgro.files.wordpress.com/2022/11/letter-on-use-of-stainless-pipes-and-rods.pdf.

WHO. 2022. Lead in drinking-water: Health risks, monitoring and corrective actions. Technical brief. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020863.

[1] La mesure du pH doit être effectuée conformément aux protocoles nationaux d'analyse de la qualité de l'eau et aux exigences de certification et d'accréditation des laboratoires d'analyse et autres laboratoires d'essai.

[2] Le terme "agressif" fait référence à la capacité des eaux à corroder, désintégrer et détériorer les matériaux avec lesquels elles sont en contact.

[3] Étant donné que les forages où sont installées les pompes à motricité humaine sont généralement équipées d'un tubage en uPVC, la corrosion du tubage n'est pas abordée dans cette note technique.

[4] Le phénomène complexe de la corrosion est régi par une variété de facteurs électrochimiques, physiques, microbiologiques et métallurgiques. Il n'existe pas de solution universelle, ni d'indice universel permettant de prévoir la corrosion dans tous les types de systèmes d'eau et pour toutes les conditions de qualité de l'eau.

CONNECT WITH THE WATER GLOBAL PRACTICE

www.worldbank.org/water worldbankwater@worldbank.org @worldbankwater blogs.worldbank.org/water

Disclaimer: Please note that this is not the official translation of the World Bank.

Avertissement : Veuillez noter qu'il ne s'agit pas de la traduction officielle de la Banque mondiale.