

Programme 3^E : projet 1.2.3 Arsenic et qualité de l'eau

I. Introduction

L'arsenic est un métalloïde présent à l'état naturel dans certaines roches du sous-sol. Cet élément est donc susceptible de contaminer des eaux souterraines utilisées pour la desserte en eau des populations, et donc d'empoisonner les consommateurs par ingestion. L'arsenic, dont la concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable est de 0,010 mg/L (valeur guide recommandée par l'OMS) est un poison cumulatif avec des impacts importants et divers sur la santé humaine. Les signes d'arsénicose chronique chez les populations commencent par l'apparition de maladies de peau : mélanose, kératose, dépigmentation, hyperpigmentation, nécrose (figure 1), puis entraîne des symptômes plus graves (maladies cardiaques et apparition de cancers entre autres) (U.S. EPA, 2001). La figure 1 montre des impacts de la consommation d'arsenic (maladies de peau) sur des personnes vivant dans le village de Tanlili, dans la province du Yatenga au Burkina Faso.

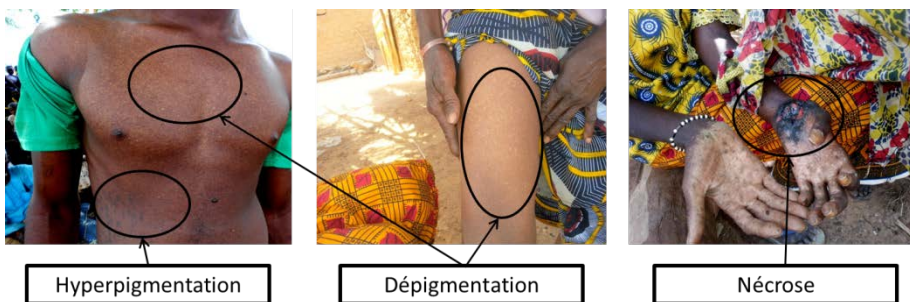


Figure 1 : maladies de peau liées à l'arsenic

En Afrique de l'Ouest la problématique de l'arsenic commence à être étudiée et l'ampleur de la contamination des eaux souterraines connus (Ahoulé et al., 2015). Au Burkina Faso, à la suite d'incidents graves (Ouedraogo, 2006 ; Barro-Traoré, 2007), une étude menée publiée en 2007 (Smedley et al., 2007) a démontré la présence d'arsenic dans des forages (jusqu'à des taux de 1650 µg/l) dans la région de Ouahigouya. De plus cette étude a montré un lien probable entre la présence d'arsenic dans les eaux souterraines et la géologie. A la suite de cette étude, le gouvernement Burkinabé a interdit l'accès à plus de plusieurs dizaines de forages dans les provinces du Yatenga et du Lorum, toujours dans le nord du pays (Courrier international, 2006). Malgré ces différentes études, le manque de données sur l'ampleur de la contamination des eaux souterraines au Burkina Faso est important. De plus, aucune solution technique n'a été encore proposée pour le traitement des eaux contaminées avant approvisionnement aux populations ainsi que pour la réouverture des forages. C'est une problématique importante dans les régions du Sahel confrontées à une faible pluviométrie décroissante au fil des années et donc à une présence d'eau de surface aléatoire dans l'espace et dans le temps (DGRE, 2001 ; Bouchot et al., 2011).

II. Objectifs et méthodologie

II.1 Objectif général

L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration de l'accès à une eau sans danger pour les populations du Burkina Faso par une meilleure connaissance de l'ampleur et des moyens de traitement de la pollution des eaux souterraines par l'arsenic.

II.2 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques qui en découlent sont aux nombres quatre :

OS1 : Identifier les régions les plus arséniées pour prioriser les campagnes de mesures d'arsenic et estimer la taille de la population à risques de consommer de l'arsenic.

Méthodologie : élaboration d'un modèle statistique afin de déterminer la probabilité de présence d'arsenic dans les eaux souterraines sur l'ensemble du territoire burkinabé. Les facteurs pris en compte sont des facteurs géologiques comme la

lithologie et l'emplacement des ressources minières qui ont permis d'éditer une carte de risque. Ce modèle a été calibré par une campagne d'analyse d'arsenic dans différents points d'eau (1500 forages). Les zones à risques identifiées ont permis d'estimer la population concernée.

OS2 : Comprendre l'hétérogénéité de la pollution des eaux souterraines par une étude approfondie sur une zone limitée.

Méthodologie : mesure de la composition physico-chimique des eaux de forages de la zone ainsi que la variation du niveau de la nappe :

- Echantillonnage de 30 puits/forages de la commune de Poura et analyse des éléments majeurs et des oligo-éléments (dont l'arsenic), des isotopes stables et des gaz rares (indicateurs de l'origine et du temps de séjour des eaux souterraines)
- Échantillonnage continu de l'hydrochimie et surveillance des niveaux d'eau tout au long de l'année pour saisir toute variabilité saisonnière

OS3 : Mettre en évidence toutes les voies d'exposition des populations à l'arsenic en plus de celle de la consommation d'eau potable.

Méthodologie : mesurer la quantité d'arsenic pouvant être contenue dans les aliments les plus consommés au Burkina Faso. Deux voies ont été explorées :

- L'accumulation d'arsenic dans les légumes de maraichage (6 légumes) par irrigation via une eau arsénifiée (plusieurs concentrations)
- L'accumulation d'arsenic dans les aliments (riz, bengha et tô) cuits dans une eau arsénifiée (plusieurs concentrations)

OS4 : Etudier l'efficacité de traitement et la faisabilité d'implémentation de techniques de traitement de l'arsenic à différentes échelles (ménage, communautaire, réseau de distribution).

Méthodologie : études en laboratoire et de terrain de différentes technologies de traitement.

Echelle ménage : adsorption de l'arsenic sur oxyde fer (clous) dans un système à faible coût (matériaux disponibles localement)




Echelle communautaire : adsorption de l'arsenic sur un matériau breveté (GEH®). Pilote permettant : (i) une connexion directe sur les pompes à motricité humaine (PMH), (ii) de ne pas changer les habitudes des populations, (iii) de ne pas consommer d'énergie et permettre la réouverture des forages contaminés.

Echelle du milieu urbain : pilote de laboratoire de techniques membranaires (Osmose Inverse et Nanofiltration) testé afin de connaître les paramètres opératoires et de composition de l'eau ayant un impact sur l'efficacité.

III Résultats

III.1 Cartographie de la pollution (OS 1)

La figure 2 présente les cartes de risques de présence d'arsenic dans les eaux souterraines et de la population à risque de consommer de l'arsenic via les eaux de boisson. Les cartes sont disponibles gratuitement sur le site GAP : <https://www.gapmaps.org/GAP.Protected/Home/Public>

(dans la fenêtre  , sélectionner  GAP prediction maps puis ).

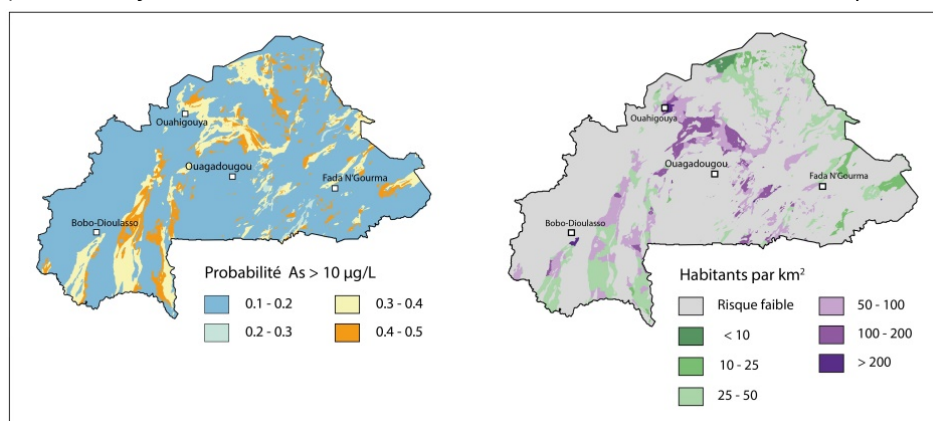


Figure 2 : cartes de risques (Bretzler et al., 2017)

Les résultats principaux à retenir sont :

- 15% des forges analysés présentent une concentration $[As]_{tot} \geq 10 \mu\text{g/L}$. Parmi ces forages 15% ont une $[As]_{tot} \geq 50 \mu\text{g/L}$.
- Les eaux souterraines situées dans les zones birimiennes (lithologie schistes volcano-sédimentaire et volcanites) ont une probabilité de 30 à 40 % plus élevées de contenir de l'arsenic au-delà de $10 \mu\text{g/L}$.
- 560 000 personnes sont à risques de consommer de l'eau arséniée.

III.2 Hétérogénéité de la pollution

Les principaux résultats sont :

- Très grande variabilité hydrochimique (pH, redox, arsenic, etc.) des eaux souterraines même à petite échelle (centaines de mètres).
- Aucun changement dans les concentrations d'arsenic avec la saison des pluies (mais on observe des fluctuations dans d'autres régions, montrant des réactions très hétérogènes de l'aquifère).
- Pas de lien entre les concentrations d'arsenic et le temps de séjour dans les eaux souterraines : les eaux anciennes n'ont pas nécessairement une concentration en As plus élevée.
- Hypothèse: la proximité des sources d'arsenic (minéraux sulfurés dans les zones minéralisées) est le principal facteur influençant les concentrations d'arsenic dans les eaux souterraines.

III.3 Accumulation d'arsenic dans la nourriture

Les principaux résultats sont :

- La méthode d'extraction de l'arsenic depuis les végétaux est validée
- Les résultats sont en cours d'analyse pour les autres aliments
- Les résultats du taux de transfert dans les légumes irrigués sont en cours d'analyses

III.4 Technologies de traitement

III.4.1 Echelle ménage

La figure 3 présente : (a) un schéma et une photo du filtre à clous et (b) un graphique de l'efficacité de traitement.

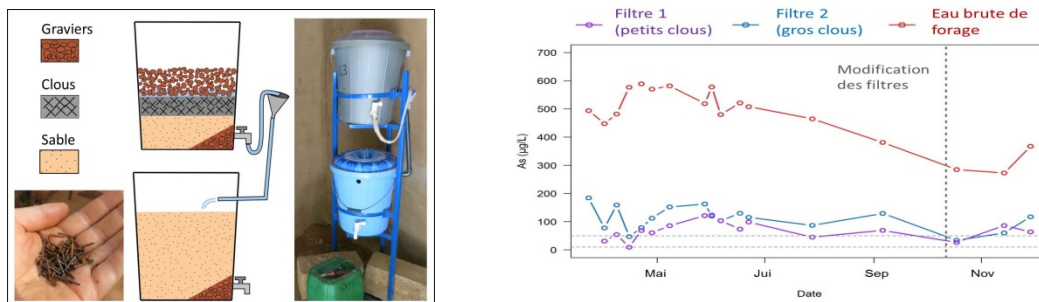


Figure 3 : (a) le filtre à clous

(b) efficacité de traitement

Les principaux résultats sont :

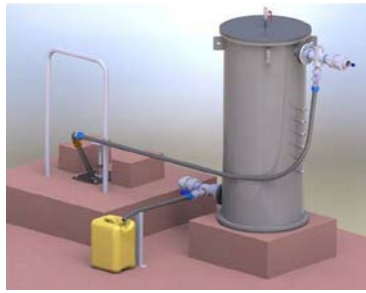
- L'efficacité de traitement se situe entre 70% et 90%
- La limite de $10 \mu\text{g/L}$ n'est pas atteinte
- Le prix réduit du filtre, la facilité d'utilisation et de maintenance et l'acceptation par les populations permettent d'envisager cette solution comme une alternative temporaire et d'urgence avant une solution pérenne

III.4.2 Echelle communautaire

La figure 4 présente : (a) une photo du pilote, (b) un schéma de son installation et (c) une photo sur site réel



Figure 4 : (a) photo du pilote



(b) schéma d'installation



(c) installation sur site

Les principaux résultats sont :

- Excellent rendement d'élimination ($\geq 99,92\%$), respect de la norme de $10\ \mu\text{g/L}$ (concentration moyenne [As] de l'eau traitée = $1,5\ \mu\text{g/L}$)
- Durée de vie du GEH[®] avant saturation et remplacement : entre 3,5 ans et 6 ans
- Coût du m^3 d'eau : 17 à 65 FCFA (selon mode de transport)

IV.4.3 Milieu urbain

Les principaux résultats sont :

- Augmentation de la pression et du pH \Rightarrow amélioration de l'efficacité du système
- L'As (V) est plus facilement éliminé que l'As (III) aussi bien avec la membrane nanofiltration (NF) que Osmose Inverse (OI)
- OI plus performante que NF (production eau avec [As] $< 10\ \mu\text{g/L}$; taux élimination 96,3%)
- Exclusion stérique (membrane dense : OI) = phénomène prépondérant pour rétention élevée.
- Mise en œuvre de l'OI sur une eau de forage riche en As :
 - taux de rétention d'As_{total} = 97,6% ; volume d'eau produit : 70% du volume d'eau à traiter
 - [As] dans eau traitée $\leq 10\ \mu\text{g/l}$ (norme OMS et norme BF)

IV. Conclusion

- L'ampleur de la contamination des eaux souterraines est connue et les zones à risques identifiées
- Mise en place d'un outil d'aide à la décision pour l'implémentation de nouveaux forages (campagnes de mesures)
- Transfert dans la nourriture existant mais besoin de plus de données pour mesurer le degré réel d'exposition des consommateurs
- Technologies de traitement : très rarement implémentées mais des solutions à plusieurs échelles sont efficaces et disponibles

V. Recommandations

Malgré les avancées dans le domaine de l'arsenic au Burkina Faso, il reste un manque d'informations et de capacités. Nous recommandons donc aux autorités et aux organismes de recherche :

- De mettre en place des études épidémiologiques pour évaluer l'impact de l'arsenic sur la santé des populations
- Systématiser les analyses de (i) de tous les forages présents dans les zones à risques et (ii) avant mise en place de tout nouveau forage dans les zones à risques
- Augmenter la capacité analytique dans les différents centres régionaux
- Mettre en œuvre des technologies de traitement pour les populations à risque (fortes concentrations $\geq 50\ \mu\text{g/L}$)