

## Fluor et sel dans l'eau: défis et solutions

### Introduction

#### Le PEPAM-AQUA

Depuis les années quatre-vingt, la coopération belge a marqué sa présence dans le Bassin Arachidier avec différents projets ayant tous pour objectif l'amélioration de l'accès à l'eau potable pour les populations rurales. Les résultats sont significatifs: depuis 1998, plus de 460.000 personnes peuvent s'approvisionner en eau via les 66 systèmes d'adduction d'eau installés dans les régions de Diourbel, Fatick, Kaffrine et Kaolack.



Fontainière à Keur  
Moussa Poste

Cependant, force est de constater que l'eau distribuée dans ces régions a parfois un goût saumâtre et donne une coloration brune à la dentition, symptôme peu esthétique provenant de l'excès du fluor dans l'eau. Il se pose donc un réel problème de qualité de l'eau.

Le PEPAM-AQUA, projet pilote, s'attache à la recherche de solutions relatives à la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau distribuée dans les sites de forages de la coopération sénégal-belge.

C'est ainsi que sept réseaux bénéficieront d'un kit de chloration pour améliorer la qualité bactériologique. Il va de soi que, dans ces sites, l'eau brute présente une bonne qualité physico-chimique.



Borne fontaine Niahène  
Analyse de l'eau

Un nombre limité de sites, où la qualité physico-chimique pose problème, ont été choisis. La viabilité de l'équipement et l'abattement en fluor et en sel vont être expérimenté sur neuf installations d'osmose inverse à basse pression. Sur deux autres, un essai de mini-transfert d'eau sera réalisé à partir d'un forage présentant une eau de bonne qualité. Et, enfin, un impluvium a été installé pour expérimenter la collecte, le stockage et le traitement de l'eau de pluie à finalité d'eau de boisson.

#### Les fiches synoptiques

Le PEPAM-AQUA se veut un projet expérimental: il est donc important de capitaliser nos expériences, de les partager et d'échanger sur d'autres initiatives menées au Sénégal, relatives à l'amélioration de la qualité de l'eau. D'où la conception et l'envoi régulier de fiches synoptiques relatant les activités menées au sein du PEPAM-AQUA!

Nous profitons de la Journée Mondiale de l'Eau 2013 pour vous proposer notre première fiche: elle abordera la problématique de la qualité de l'eau de boisson dans le Bassin Arachidier, problématique assez spécifique, étant donné non seulement l'excès de sel, mais également de fluor, dans l'eau distribuée par la plupart des forages du Bassin Arachidier.

Vous y trouverez également les résultats d'une étude épidémiologique menée sur l'impact de fluor. Enfin, nous vous présenterons de façon comparative différentes solutions de défluoration de l'eau.

Bonne lecture!



Vente de l'eau  
Impluvium Walalane

#### Contact

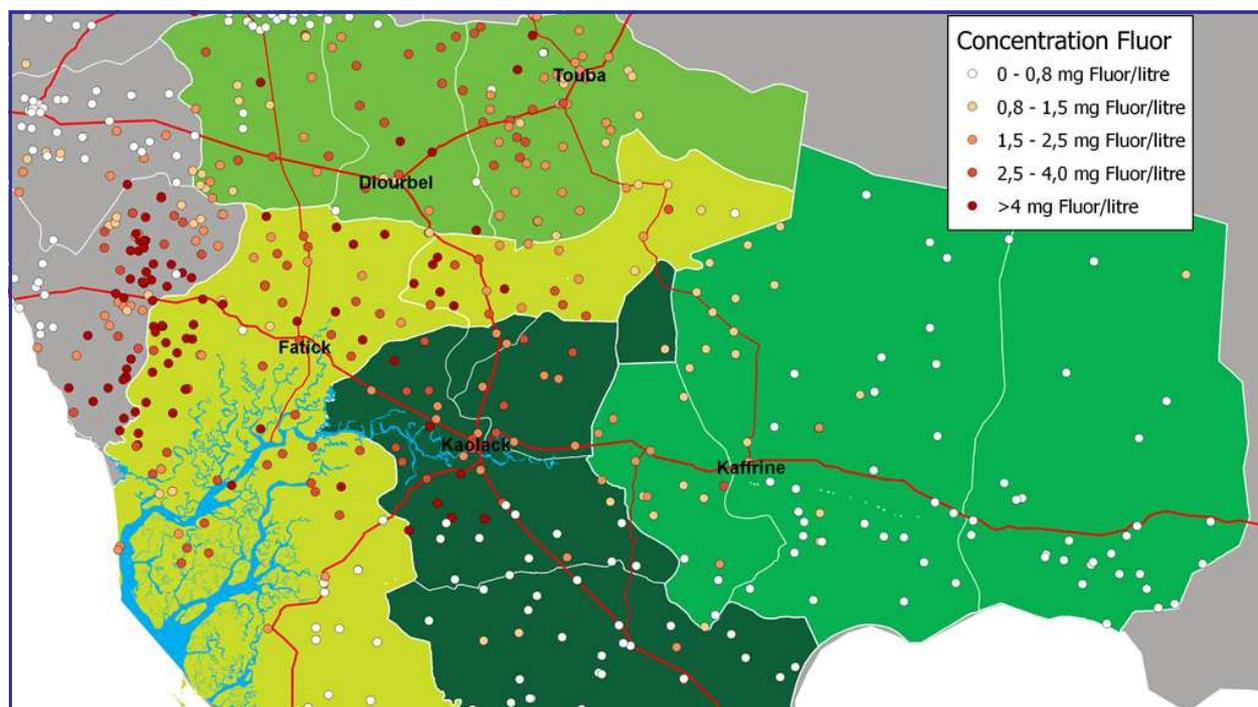
Si vous souhaitez obtenir plus d'information ou si vous avez des observations à partager, n'hésitez pas de nous contacter!

PEPAM-AQUA  
Division Régionale de l'Hydraulique  
BP 223 Kaolack  
Tél: +221 33 941 64 28  
Mail: [secretariat.kaolack@pepam-ba.sn](mailto:secretariat.kaolack@pepam-ba.sn)

# État des lieux des forages

Carte 1: Concentration de fluor dans les forages du Bassin Arachidier.

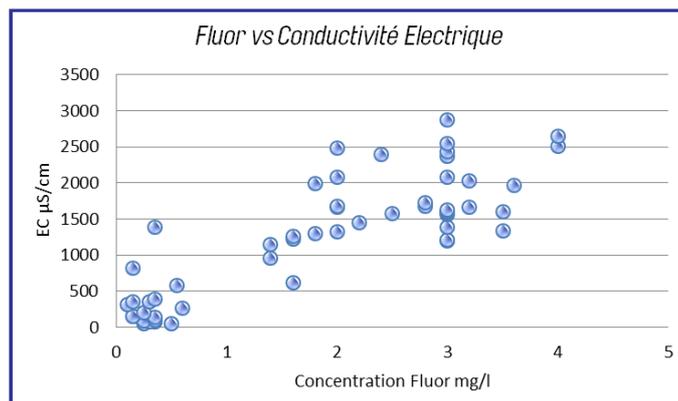
Sources données: Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE). Cette carte nous donne une indication globale de la problématique de la zone, même si certains forages désignés sur la carte ne sont plus en exploitation.



Dans le Bassin Arachidier, il n'y a pas d'eau de surface qui peut être utilisée comme source d'eau potable. Ce sont les nappes du continental terminal et celle du maastrichtien qui sont essentiellement sollicitées pour l'approvisionnement en eau potable. Malheureusement, les forages captant la nappe du maastrichtien présentent tous des teneurs qui dépassent la norme admissible fixée par l'Association Sénégalaise de Normalisation (NS 05-033) pour ce qui concerne le fluor, à savoir 0,8 mg par litre d'eau. La concentration moyenne de fluor constatée dans les forages captant le maastrichtien est de 2,6 mg par litre d'eau, et les teneurs les plus élevées montent jusqu'à 7 mg par litre d'eau. Toutefois, ces teneurs élevées sont naturelles et proviennent de l'interaction entre l'eau et la roche, cette dernière étant composée de minéraux fluorés associés à des sédimentations phosphatées (fluorapatite).

La majorité des populations consomme alors une eau excessivement fluorée, et sont, par conséquent, exposées à la fluorose dentaire et/ou la fluorose osseuse (cf. prochain chapitre). La problématique de l'excès de fluor dans l'eau au Sénégal est aggravée par la forte salinité de cette eau, ce qui lui confère un goût particulièrement désagréable. La conductivité électrique, indicatrice du taux de salinité, atteint dans certains endroits pas moins de 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tandis que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande une valeur limite de 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . C'est cette double problématique représentée par les taux trop élevés en fluor et en sel dans l'eau, qui rend la situation du Sénégal plus délicate que celle à laquelle pourraient être confrontés d'autres pays. Ce qui implique qu'au Sénégal, même si l'on décide d'investir de l'argent dans la défluorisation partielle, les usagers risquent de considérer l'eau toujours comme étant de mauvaise qualité, du fait de son goût saumâtre.

Ce diagramme nous montre les valeurs de la conductivité électrique de l'eau et les concentrations en fluor sur base d'échantillons prélevés au niveau des 54 forages réalisés sur financement belge dans le Bassin Arachidier. On observe une corrélation assez marquée entre les teneurs en fluor et la salinité de l'eau.



# Étude épidémiologique

En 2011, dans le cadre du PEPAM-BA, la DGPRE a engagé des consultants de l'université de Dakar pour réaliser une étude épidémiologique afin de cartographier l'impact de la fluorose. Cette étude se limite à la situation des eaux distribuées via 53 forages réalisés sur financement belge dans ces régions. La première partie de l'étude procède à l'analyse des examens cliniques dentaires et osseux. La seconde partie fait d'abord l'analyse d'une enquête quantitative avec 600 répondants et ensuite l'analyse des entretiens individuels approfondis et discussions en groupes.

## Examens cliniques

149 personnes dans 15 localités ont participé aux examens cliniques de la fluorose dentaire. Dans neuf localités où l'eau est intoxiquée par un taux de fluor entre 1,3 mg et 5,13 mg par litre, toutes les personnes interrogées étant autochtone de leur localité souffrent de fluorose dentaire. Dans 6 localités où on a mesuré des concentrations de fluor entre 0,03 et 0,31 mg par litre, il n'existe pas de fluorose dentaire chez les populations. Il est important de noter que la fluorose dentaire est une condition qui résulte d'un apport excessif de fluor pendant la période de développement des dents lors de l'enfance.

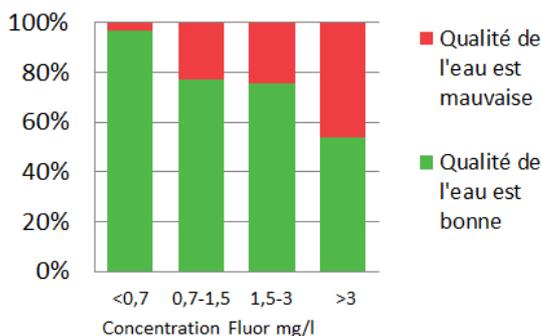
Pour étudier la fluorose osseuse, 30 personnes avec des signes d'appel osseuses ont été examinées par une radiographie. Etant donné le nombre limité des examens, il nous faut une certaine prudence en tirant des conclusions. Cependant, les données collectées nous indiquent tout de même une corrélation entre une forte concentration de fluor et des signes d'appel osseuse (ostéoscléroses et arthralgie).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) retient une valeur de 1,5 mg de fluor par litre comme teneur saine pour

des zones tempérées froides où les personnes boivent par conséquent moins d'eau. Sur base des données collectées et étant donné le climat plutôt chaud au Sénégal, ce serait indiqué de toujours utiliser la norme sénégalaise de 0,8 mg de fluor par litre d'eau.



## Appréciation de la qualité de l'eau



## Enquêtes

Malgré le fait que 62% des forages ayant fait l'objet de l'étude ont des teneurs en fluor supérieures à 1,5 mg par litre et 66% dépassent la norme de 0,8 mg, l'appréciation de la qualité de l'eau en général parmi les usagers est positive. Le graphique à côté nous montre en même temps une baisse de cette perception positive de l'eau, suivant la progression de la concentration du fluor.

Neuf sur dix personnes interrogées indiquent correctement que la problématique de fluorose dentaire est liée à l'eau en général. Les entretiens qualitatifs ont relevé que beaucoup des consommateurs sont convaincus que la fluorose est liée à la forte salinité de l'eau.

*"Le fluor, c'est le sel se trouvant dans l'eau."*

*"Le fluor, c'est une substance salée dans l'eau colorant les dents."*

*"C'est plutôt la salinité de l'eau qui explique la fluorose."*

Cette impression existante chez les usagers peut être expliquée par la forte corrélation entre la salinité de l'eau et la concentration en fluor (cf. chapitre précédent). 73,2% des personnes confirment que leur premier critère pour apprécier la qualité de l'eau est son goût. Finalement, l'étude nous permet de constater qu'il y a une méconnaissance de l'effet du fluor sur les os chez les populations et même au niveau du personnel médical exerçant dans la zone.

# Solutions

Le tableau ci-dessous compare les différentes méthodes pour enlever l'excès du fluor dans l'eau. Il s'agit des techniques les plus courantes et les plus appropriées à la problématique rencontrée au Sénégal, c'est-à-dire une eau qui contient en même temps un excès en fluor et en sel.

| Méthode  | Avantages  | Inconvénients   | Coûts  |
|--|--|---|--|
| <b>Précipitation</b>                                 |  |   |  |
| Sulfate d'aluminium et chaux (Nalgonda technique)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procédure assez connue</li> <li>• Surtout appliquée en Inde</li> <li>• Possibilité de traiter l'eau sur grande et petite échelle</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ne traite pas le problème de la salinité de l'eau</b></li> <li>• Présence résiduelle de l'aluminium</li> <li>• Production de boue</li> <li>• Grande consommation des réactifs</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: élevé</li> <li>• Coût de fonctionnement: moyennement élevé</li> </ul>          |
| <b>Adsorption</b>                                    |  |   |  |
| Alumine activé                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procédure efficace et bien connue</li> <li>• Technique référentielle aux Etats-Unis</li> <li>• Possibilité de traiter l'eau sur grande et petite échelle</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ne traite que partiellement le problème de la salinité de l'eau</b></li> <li>• Consommation des réactifs qui ne sont pas disponibles au Sénégal</li> <li>• Nécessite un personnel spécialisé</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: élevé</li> <li>• Coût de fonctionnement: élevé</li> </ul>                      |
| Os calcinés  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réactif moins cher</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ne traite pas le problème de la salinité de l'eau</b></li> <li>• Problème de la qualité bactériologique lié à l'utilisation des os</li> <li>• L'approvisionnement régulier en os pose problème</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: faible - moyen</li> <li>• Coût de fonctionnement: faible</li> </ul>            |
| <b>Techniques membranaires</b>                       |  |   |  |
| Osmose inverse                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Traite conjointement le problème de la salinité de l'eau</b></li> <li>• Bonne qualité bactériologique de l'eau traitée</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessite une maintenance surveillée par un personnel qualifié</li> <li>• Coût de fonctionnement élevé</li> <li>• Consommation d'énergie élevée</li> <li>• Production eaux de rejet</li> <li>• Déminéralisation totale de l'eau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: élevé</li> <li>• Coût de fonctionnement: très élevé</li> </ul>                 |
| Nano-filtration (osmose inverse basse pression)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Traite conjointement le problème de la salinité de l'eau</b></li> <li>• Consommation d'énergie moins élevée qu'osmose inverse</li> <li>• Bonne qualité bactériologique de l'eau traitée</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessite une maintenance surveillée par un personnel qualifié</li> <li>• Coût de fonctionnement assez élevé</li> <li>• Production eaux de rejet</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: élevé</li> <li>• Coût de fonctionnement: élevé</li> </ul>                      |
| <b>Distillation</b>                                  |  |   |  |
| Distillation solaire                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût de fonctionnement assez faible</li> <li>• <b>Traite conjointement le problème de la salinité de l'eau</b></li> <li>• Bonne qualité bactériologique de l'eau traitée</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement assez élevé</li> <li>• Technique peu connue</li> <li>• Nécessite beaucoup d'espace</li> <li>• Déminéralisation totale de l'eau</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: élevé</li> <li>• Coût de fonctionnement: faible</li> </ul>                     |
| <b>Sources alternatives</b>                          |  |   |  |
| Transfert d'eau                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple et durable</li> <li>• <b>Solution simultanée pour le problème de la salinité de l'eau</b></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement très élevé</li> <li>• Manque d'information sur les nappes</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: élevé - très élevé</li> <li>• Coût de fonctionnement: moyen - élevé</li> </ul> |
| Impluvium  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple à construire</li> <li>• <b>Solution simultanée pour le problème de la salinité de l'eau</b></li> <li>• Possibilité d'exploiter l'eau sur grande et petite échelle</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacité limitée ou nécessité d'un plus grand investissement</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: élevé</li> <li>• Coût de fonctionnement: faible</li> </ul>                     |
| Mini forages à mains dans des nappes moins profondes | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple</li> <li>• <b>Solution simultanée pour le problème de la salinité de l'eau</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque d'information sur les nappes</li> <li>• Possible que dans certains endroits</li> <li>• Nécessite souvent un traitement bactériologique additionnel</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement: faible</li> <li>• Coût de fonctionnement: faible</li> </ul>                    |

Dans sa recherche de solutions relatives à l'amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau, le PEPAM-AQUA se concentre essentiellement sur des techniques qui offrent une réponse simultanée à l'excès du fluor et de sel dans l'eau. Pour exemples: l'impluvium présentement en exploitation à Walalane et l'installation d'osmose inverse à basse pression à Dankh Sene. S'en suivront bientôt huit autres sites qui eux aussi bénéficieront du même système. Et pour procéder à la dilution, la possibilité d'un mini transfert d'eau est expérimentée dans les localités de Saté Ngom et Keur Socé.

Les fiches synoptiques à venir vous donneront l'occasion d'en apprendre plus sur les techniques expérimentées par le PEPAM-AQUA.

A bientôt!