

# Afrika & Wissenschaft

*Africa & Science | Afrique & Science*

NS 1- Septembre 2013

ISSN: 1862-6793



***Évaluation du potentiel des filtres à base de fer  
métallique pour l'approvisionnement en eau et la  
salubrité de la ville de Maroua (Cameroun)***

**Africa & Science**

## Résumé

La région Extrême-Nord du Cameroun est la deuxième zone la plus peuplée du pays. L'accès à l'eau potable y est très limité. L'insalubrité généralisée, l'absence d'assainissement et l'abondance des structures polluantes (artisanales, industrielles et sociales) représentent des sources permanentes des déchets toxiques. La consommation continue d'une eau de mauvaise qualité est à l'origine de la prolifération des maladies hydriques, et du choléra dont la dernière grande épidémie date de 2010. Pour faire face à cette situation, deux principales mesures ont été adoptées par les pouvoirs publics en vue d'améliorer la qualité de l'eau : (i) l'adduction d'eau potable par le réseau national de distribution et (ii) la mise à la disposition des populations de quelques forages. Cependant, considérant le niveau de paupérisation des populations et le nombre réduit des forages installés, ces mesures seront de portée limitée face à l'ampleur du problème. Cet article présente une solution alternative envisageable pour toute région présentant le même profil hydraulique que l'Extrême-nord du Cameroun : L'utilisation des systèmes filtrants à base de fer métallique pour l'approvisionnement en eau. Ces systèmes ont été démontrés moins onéreux, efficaces, nécessaires et utiles pour améliorer la qualité de l'eau pour toute les couches sociales et surtout de manière décentraliser. Il s'agit des filtres domestiques pour les familles individuelles et des stations locales pour des petites communautés (quartiers, villages).

**Mots clés:** Choléra, Eau potable, Fer métallique, Filtration, Maladies hydriques.

Auteure :

**Nadège GATCHA-BANDJUN**

**Département de Chimie**

**Université de Maroua**

**BP: 55 Maroua**

**Cameroun.**

**E-mail:** [nadegatcha@yahoo.fr](mailto:nadegatcha@yahoo.fr)

## Table des matières

<b>I. Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Accès à l'eau potable dans la région Extrême-Nord du Cameroun .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Objectif du travail .....</b>	<b>6</b>
<b>2.Quelques aspects caractéristiques de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Aspects géographiques et climatiques .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Aspects démographiques. ....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Aspects économiques.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Source d'approvisionnement en eau à Maroua.....</b>	<b>8</b>
<b>3.Principales sources polluantes des eaux à Maroua .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Structures polluantes .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Les installations sanitaires non améliorées.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3. Structures polluantes publiques et administratives .....</b>	<b>11</b>
<b>4.Prévention des maladies d'origine hydraulique à Maroua : filtre à base de fer métallique.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 Le Besoin en filtre à l'échelle domestique .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2 Le Besoin en filtre à l'échelle communautaire.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3 Le filtre à base de fer métallique : une solution appropriée.....</b>	<b>13</b>
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>14</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>16</b>

## I- Introduction

La région Extrême-Nord du Cameroun est caractérisée par une faible précipitation annuelle. L'accès à l'eau en quantité et en qualité est un problème majeur pour la population, car environ 70% de sa population n'ont pas accès à une eau potable [PANGIRE, 2009]. A cette faible disponibilité d'eau s'ajoutent: i) une absence de systèmes sanitaires et d'assainissement, ii) une absence de systèmes d'épuration et de vidange des fausses sceptiques appropriés, iii) une présence quasi-permanente des eaux stagnantes en saison de pluie, iv) une abondance d'eaux usées provenant des structures diverses. Ces eaux usées sont déversées dans les cours d'eau sans traitements préalables [PANGIRE, 2009, Fonjong et al. 2003].

L'écoulement des eaux usées industrielles ou résidentielles contamine les eaux de surface (pluie, ruisseaux, rivières, lacs) qui deviennent insalubre et véhicule des virus, des bactéries, des parasites, des micro-organismes végétaux ou animaux, qui provoquent des maladies graves telles que : la fièvre typhoïde, les diarrhées, la dysenterie amibienne, le choléra et autres. Ces maladies liées à l'eau encore appelées maladies hydriques se propagent par la contamination des systèmes de distribution d'eau potable, par les aliments et les excréments des personnes ou animaux infectés. Ceci a été la cause des épidémies de choléra dont la plus récente dans la ville de Maroua est celle de 2010 qui a fait des ravages énormes.

Le choléra constitue un problème majeur de santé publique dans la Région Extrême-Nord du Cameroun. En effet, entre 1996 et 2010, cette région a connu plusieurs épidémies, aussi bien en saison pluvieuse qu'en saison sèche [Djao R. *et al.*, 2011]. Maroua a été l'épicentre de la dernière épidémie de choléra sévère (2010), la pire depuis plus de 20 ans avec environ 600 décès sur plus de 9000 cas détectés. Au Cameroun, cette épidémie a progressivement gagné 9 des 10 régions du pays [OMS. 2010, 2011]. Le tableau ci-dessous présente l'évolution de cette maladie de 1996 à 2010 à Maroua.

Tableau 1 : Evolution du nombre de cas et de décès causé par le choléra de 1996-2010

Années	Nombre de cas	Nombre de décès
1996	2703	284
1997	1725	182
1998	3469	270
1999	227	01
2000	0	0
2001	266	0
2002	0	0
2003	0	0
2004	746	0
2005	694	0
2006	804	0
2007	0	0
2008	0	0
2009	395	0
2010	9404	601

Source : MINSANTE Cameroun/ SNV Cameroun, 2011

### 1.1 Accès à l'eau potable dans la région Extrême-Nord du Cameroun

Dans l'Extrême-Nord du Cameroun, seulement 13,8% des ménages ont accès à l'eau potable [MINSANTE Cameroun/SNV Cameroun, 2011]. Les mesures d'hygiène individuelle et collective y sont faiblement respectées. La rareté de l'eau potable a pour conséquence la présence permanente et même croissante des maladies hydriques. Pour pallier à cette situation, le gouvernement camerounais et certaines ONG ont apporté leur soutien en installant quelques forages et en réhabilitant les forages préexistants mais défectueux. Malgré cette initiative, le problème est loin d'être résolu. Car, l'entretien de ces puits forés est négligé d'une part, et d'autre part, le nombre de forages existant est minable par rapport à la population.

Étant donné que le traitement de l'eau offre la possibilité de faire de gros progrès sur le plan sanitaire en générale et de réduire considérablement (à défaut d'éradiquer) les maladies hydriques en général et le choléra en particulier, l'utilisation des techniques simples, disponibles, accessibles et appropriées pour l'obtention d'une eau potable s'avère nécessaires et impératives pour cette zone. Notons que, les filtres domestiques efficaces se sont révélés la méthode de traitement d'eau la plus appropriée pour les petites communautés.

## 1.2 Objectif du travail

Le filtre à base de fer métallique ( $\text{Fe}^0$ ) est une nouvelle approche de traitement de l'eau à l'échelle domestique. Sa simplicité d'utilisation et sa fabrication à partir des matériaux facilement accessible à toutes les couches sociales en font un système de choix pour l'Afrique rurale. Le fer métallique ( $\text{Fe}^0$ ) couramment appelé fer à valence zéro (ZVI), sous la forme granulaire a été utilisé pour remédier à la contamination des eaux souterraines depuis le milieu de l'année 1990 [Chiu P.C. 2013]. Actuellement près de 200 barrières perméables réactives sont installées surtout en Amérique du Nord et en Europe.

Le présent article a deux buts : (i) recenser les sources de pollution de l'eau dans la région Extrême-Nord du Cameroun et la ville universitaire de Maroua, et (ii) présenter l'aptitude des systèmes filtrants basés sur le fer métallique ( $\text{Fe}^0$ ) à résoudre de manière durable l'épineux problème de l'accès à l'eau potable et de l'assainissement dans la zone d'étude.

## 2. Quelques aspects caractéristiques de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun

### 2.1. Aspects géographiques et climatiques

Le Cameroun est un pays d'Afrique subsaharienne localisé dans la partie occidentale bordant l'océan atlantique au fond du golfe de Guinée. Situé entre le 2° et 13° de latitude Nord, et le 12° et le 16° de longitude Est, le Cameroun a une superficie de 475.650 Km<sup>2</sup>, dont 466050 km<sup>2</sup> de superficie continentale et 9600 km<sup>2</sup> de superficie maritime [LIBITE, 2010]. Administrativement, le Cameroun est constitué de dix régions, dont la plus au Nord (Extrême-Nord) est l'objet de cette étude. L'Extrême-Nord s'étend sur une superficie de 34 263 km<sup>2</sup>. Son chef lieu est la ville de Maroua. Cette région se situe entre les 10° et 13° de latitude Nord et les 14° et 16° de longitude Est et s'étire sur près de 325 km. Elle compte six sous unités administrative (les départements) qui sont : le Diamaré, le Mayo-Danay, le Mayo-Kani, le Mayo-Tsanaga, le Mayo-Sava et le Logone et Chari.

Située en zone sahélienne, la ville de Maroua, chef lieu du département du Diamaré, a un climat de type tropical sec (soudano-sahélien) qui se caractérise par une seule saison des pluies de juin à septembre., avec des précipitations annuelles variant de 400 à 1100 mm. Le mois d'août est le plus pluvieux. A Maroua règne une sécheresse rude et longue (sept mois et plus) avec des températures atteignant 45° C [Fonjong *et al.*, 2005; Sighomnou, 2003, Yann L'HÔTE]. Par ailleurs, la région est bordée des montagnes aux formes tourmentées et particulièrement pittoresques dans les départements du Mayo-Sava et du Mayo-Tsanaga.

Maroua est occupée par une grande plaine, parsemée de quelques collines granitiques et inondée pendant la courte saison des pluies à cause de deux fleuves : le Logone et le Chari. Les sols ont des formes pédologiques : les sols sableux dans les plaines; les sols limoneux riches en alluvions le long des cours d'eau et les sols argileux.

Il faut noter que malgré la courte saison des pluies, la région de l'Extrême-Nord en général peut couvrir une large proportion en besoin d'eau douce (et même la totalité) par la récolte, le stockage et le traitement de l'eau des pluies. Cette méthode connue sous le nom de 'rainwater harvesting' est de plus en plus appliquée en Afrique [ **Kwaadsteniet et al. 2013**] et ne sera pas adressée dans cet article.

## **2.2 Aspects démographiques.**

Maroua reste jusqu'à nos jours, la deuxième région la plus peuplée du Cameroun après la région du centre et sa population ne cesse d'augmenter. La population urbaine qui était de 1.394.765 habitants en 1976 est estimé à 3.111.792 habitants au 1<sup>er</sup> Janvier 2010, soit une densité de 90,8 habitants au km<sup>2</sup> avec plus de femmes que d'hommes (**LIBITE, 2010 ; BUCREP, 2010**). L'avènement de l'université en 2009 a injecté dans la ville, plus de 10.000 nouveaux habitants. La ville de Maroua connaît donc une croissance vertigineuse depuis 2010, qui est traduite sur le plan spatial par l'expansion de la ville avec la création des nouveaux quartiers résidentiels. Toutefois, le nombre d'équipements en logement pour assurer l'accès à l'eau potable ne suit pas ce rythme. Maroua a une architecture en damier. Certains quartiers étant mieux construits et équipés que d'autres à cause des différences sociales. Dans les quartiers moins nantis qui sont par ailleurs les plus nombreux, les constructions sont de type traditionnel, faite en terre et ne sont pas le plus souvent électrifiées. Un contraste net existe avec quelques quartiers avec des constructions de type moderne où vit majoritairement une population financièrement plus nantis. Dans la ville de Maroua, il y a des domaines administratifs, des domaines industriels et des logements sociaux (les bâtiments de la société immobilière du Cameroun - SIC).

## **2.3 Aspects économiques**

L'économie dans la région Extrême-Nord du Cameroun est diversifiée avec une forte dominance dans l'agriculture traditionnelle. Ceci est typique des villes où la pauvreté est accentuée. On y cultive du riz, du coton, du sorgho, maïs et des oignons, qui sont les cultures de rente dominantes. Une autre activité économique importante est la pêche dont la production semi-industrielle permet une exportation vers les pays voisins notamment le

Tchad. L'élevage bovin et caprin joue également un rôle important dans l'activité économique des communautés. Dans toutes les communautés de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, le petit commerce est une activité économique significative. Le coton fait l'objet d'une activité industrielle (**SODECOTON** : Société de Développement du Coton), le riz et les projets de la SEMRY (Société d'Expansion et de Modernisation de la Riziculture à Yagoua) avec l'aménagement d'une digue de retenue (retenue de Maga) qui assure le stockage des eaux pour l'irrigation des champs de riz. L'artisanat et le tourisme constituent aussi des atouts économiques pour cette région.

#### 2.4 Source d'approvisionnement en eau à Maroua.

Dans cette ville, située dans la région du Sahel, l'eau potable reste l'un des véritables problèmes qui frappent la population. Le problème est d'ailleurs général dans toute la région Extrême-Nord. Très peu de personnes parviennent à avoir de l'eau en quantité, en qualité, et aussi à des distances raisonnables [Fongong *et al.*, 2003]. En effet, une bonne partie de la population parcourt plusieurs kilomètres en saison sèche à la quête de l'eau. Les modes d'approvisionnement en eau ici sont très variés. Ils peuvent être schématisés, comme suit et par ordre décroissant : (i) eau du réseau national de distribution d'eau (Camerounaise des eaux) par une minorité de personnes résidant dans des quartiers huppés et disposant des moyens financiers élevés, (ii) le reste de la population qui constitue la majorité s'approvisionne grâce aux forages et aux puits peu profond existant (Fig. 1 et 2) pendant la saison sèche. Au cours de la saison des pluies, en plus des puits et forages, les populations s'approvisionnent en eau de pluie et auprès des fleuves saisonniers (Mayos) qui connaissent des crues et s'assèchent pendant la saison sèche. Notons que ces points d'eau en général et les Mayos en particulier servent en plus des points de breuvages pour le bétail, de baignade, de lave linge et de lave vaisselle (Fig. 1).



Figure 1 : Point d'approvisionnement en



Figure 2 : Puits peu profond et pas couvert



### **3. Principales sources polluantes des eaux à Maroua**

#### **3.1. Structures polluantes**

Les infrastructures d'assainissement de base sont inexistantes ou non fonctionnelles dans la ville de Maroua et toute la région Extrême-Nord du Cameroun. Les dispositions pratiques ne sont pas prises pour faciliter l'application de la réglementation légale qui stipule que les structures locales génératrices de déchets dangereux en assurent un traitement sûr pour l'homme et pour l'environnement. Aucune forme de gestion des déchets agricole, artisanal, domestique, industriel ou urbain n'est obligatoire.

A Maroua on trouve par exemple des industries extractives (huileries), des hôtels, des hôpitaux, des logements sociaux, des abattoirs, des garages et bien sûr des centres de santé et une université. Toutes ses structures produisent comme déchets des eaux usées de types divers : eau de ménage, eau des fosses sceptiques, huile de vidange, excréments/sang des animaux abattus.

Une situation particulièrement alarmante est l'état défectueux des stations d'épuration des logements sociaux qui a entraîné le déversement des eaux des fausses sceptiques sans traitement préalable dans les Mayos (Fig. 3). Aucun autre dispositif fonctionnel de traitement n'existe à ce jour. Dans beaucoup de structures et dans la plupart des ménages, les tuyaux de canalisations sont bouchés par les ordures ménagères, l'évacuation des effluents se fait par déversement, en l'état, sur des terrains vagues ou rigoles. Maroua est l'une des villes du Cameroun où l'élevage est une activité économique importante. Les peaux des animaux sont utilisées à des fins commerciales.

La tannerie est traditionnelle, les différentes peaux travaillées sont trempées, lavées, grattées et les déchets qui en découlent (poils, eaux de lavage et de trempage, produits chimiques utilisés) sont versés dans la nature. L'état d'insalubrité des abattoirs de la ville de Maroua est une plaie particulièrement profonde. Aucun des sept abattoirs que compte cette ville n'est raccordé à une station d'épuration. Il s'agit de bâtiments de construction simple, approvisionné en eau par le réseau national de distribution d'eau (CDE), où en moyenne dix bœufs (par jours et par établissement) sont égorgés à même le sol. Il est difficile de donner une estimation du volume d'eau utilisée mais un grand volume est consommé et par conséquence génère des quantités d'eaux résiduaire : eaux de lavage du sang, des carcasses,

des viscères, eau d'égouttage des matières stercoraires (Fig. 4). Il faut noter qu'en saison de pluie, les viscères sont nettoyés dans les eaux du Mayos.



Figure 3 : Eau usée de la fosse



Figure 4 : Eau usée d'une des abattoirs

### **3.2. Les installations sanitaires non améliorées.**

Le pourcentage de la population bénéficiant d'installations sanitaires améliorées est particulièrement bas. L'état des latrines et des toilettes dites modernes est déplorable. Les populations utilisent soit des latrines 'améliorées', soit des latrines traditionnelles ou n'ont pas de système défini. Dans ce dernier cas, la seule zone de soulagement est la nature. Dans les quartiers résidentiels, beaucoup de ménages n'ont pas de toilettes avec une chasse d'eau et aucune toilette ne comporte un tuyau d'aération (d'où les odeurs nauséabondes, rats, et insectes vecteur de maladies). Les latrines traditionnelles utilisées par la grande partie de la population sont le plus souvent peu profondes, et sont à utilisation commune (plusieurs familles). Les fosses septiques des toilettes améliorées n'ont pas d'installation permettant d'épurer les eaux usées des fosses. La ville de Maroua ne dispose pas de service de vidange. L'enlèvement des boues et autres matières de vidange s'effectue généralement sans aucun contrôle ni des lieux, ni des conditions de manutention. Le plus souvent ces déchets sont déversés dans les marigots, les caniveaux ou sur des terrains vagues. Il en résulte un état de pollution grave des nappes phréatiques qui sont par ailleurs encore très sollicitées pour l'approvisionnement en eau de consommation. Les fosses d'aisance, quand elles existent, n'obéissent pas aux normes requises. Elles se remplissent rapidement, entraînant des ruissellements le long des voies.

### **3.3. Structures polluantes publiques et administratives**

La ville de Maroua est riche d'un hôpital provincial, de plusieurs dispensaires publics et de plusieurs centres de santé privés. Il faut considérer que chaque médicament est une source de contamination. Même consommé, tout médicament n'est que partiellement digéré et les produits dérivés sont des polluants. Pour cette raison au moins, chaque centre de santé devrait être équipé d'une station d'épuration.

Une autre source de contamination considérable constitue les hôtels, les restaurants, le débit de boissons et tous les autres points où les personnes humaines se retrouvent quotidiennement en nombre élevé. La contamination ici est comparable à la contamination d'origine domestique avec la différence que l'usage des produits manufacturés (savons, détergents) est plus poussé.

Une dernière source importante de contamination pour la ville de Maroua constitue l'Université elle-même. L'activité de recherche est une activité essentiellement polluante. Tous les produits chimiques sont des potentiels polluants. Généralement, les produits chimiques doivent être emmagasinés et utilisés de manière contrôlée et les eaux usées des départements de Chimie et Biologie doivent être particulièrement contrôlées. Dans le cas idéal, tout bâtiment de la Faculté de Science doit être équipé d'une station d'épuration. Le dimensionnement des systèmes filtrants correspondants dépend de la nature des polluants potentiels.

## **4. Prévention des maladies d'origine hydraulique à Maroua : filtre à base de fer métallique**

### **4.1 Le Besoin en filtre à l'échelle domestique**

La cause principale de la présence quasi-endémique du choléra et de sa propagation rapide dans la région de l'Extrême-Nord est sans aucun doute l'absence d'un système fiable d'adduction d'eau. A cette 'cause collective' qui relève du domaine d'action de la municipalité, s'ajoute une absence ou une négligence des règles élémentaires d'hygiène par les populations. La conséquence est une véritable 'insalubrité généralisée' dans toute la région. L'amélioration de la qualité (et la quantité) de l'eau de consommation (boisson, cuisson) est donc d'une importance capitale. Toute action dans ce sens permettra une

prévention généralisée des maladies hydriques en général et du choléra en particulier. Il faut noter, que dans cette région le manque d'infrastructures d'eau potable est la règle et non l'exception. Seule une infime minorité de la population est supposée avoir accès à une eau potable fournie par la Camerounaise des eaux (CDE) et les forages. Cependant, la qualité des eaux provenant de ces sources est douteuse et aucune structure (e.g. laboratoire indépendant) ne contrôle la qualité de l'eau produite. Pour ce qui est de l'eau de la CDE, les coupures sont fréquentes et peuvent durer plusieurs jours. Pendant ce temps, les tuyaux se corrodent sûrement comme le révèle la coloration rougeâtre de l'eau du robinet après chaque coupure. Cette eau rougeâtre peut également contenir une population accrue de micro-organismes qui s'est multiplié pendant la stagnation.

En vue de l'amélioration de la qualité de l'eau consommée, une 'minorité consciente' (pas ou moins pauvre, généralement instruite) a adopté un certain nombre de 'mesures préventives' telles que : (i) l'utilisation de « Eau de Javel » (produit chimique), (ii) l'utilisation des filtres commercialisés dans la région (appelés 'Bougies'), (iii) l'exploitation de rayons solaires pour la désinfection (méthode SODIS). Cependant, aucune de ses méthodes n'est appropriée pour la production de l'eau potable. En effet, l'eau de Javel, à condition d'être très bien dosée ne réduit que la contamination microbienne. Pour une eau contenant de la matière organique, tout excès d'eau de Javel induit automatiquement la formation des composés (organiques) chlorés dont le potentiel cancérigène est documentée depuis les années 1970s. L'exploitation du rayonnement solaire dans la région Extrême-Nord du Cameroun serait une méthode idéale puisque les températures atteignent 45°C. Cependant exposer de bouteilles d'eau à ce soleil n'agresse que la contamination microbienne, si l'eau est chimiquement contaminée, aucune amélioration de la qualité n'est possible. Enfin, les 'bougies' commercialisées dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun n'ont pas été conçues/construites pour la potabilisation de l'eau, mais plutôt pour éliminer les particules suspendues. Etant donné que la filtration sur colonne est une méthode applicable de traitement de l'eau, il est intuitif de penser que concevoir un filtre contenant un matériau ou un mélange de matériaux capable d'agresser de manière synergique la contamination chimique et microbienne solutionnera le problème de l'eau potable à l'échelle domestique. L'Université de Maroua se doit de contribuer à ce défi.

## **4.2 Le Besoin en filtre à l'échelle communautaire**

Le paragraphe 2 a énuméré les sources polluantes de la ville de Maroua. Ces sources sont les mêmes qui contaminent l'eau que les ménages individuels utilisent. Le paragraphe 4.1 a démontré le besoin de l'eau à l'échelle domestique et proposé la filtration comme une solution appropriée. Il est intuitif de penser que le traitement (e.g. la filtration) des eaux usées limiterait le besoin de filtre à l'échelle domestique. En d'autres termes, si les eaux usées du Laboratoire de Chimie de l'Université de Maroua, de l'hôpital provincial de Maroua, ou de l'Abattoir Central sont traitées à la source (en amont), cette opération réduit à coup sûr le degré de contamination de tous les points d'eau situés en aval (y compris les eaux de puits).

Si chaque industrie de la région de l'Extrême-Nord, chaque hôtel, chaque hôpital, chaque abattoir, chaque garage, chaque cité de logements sociaux traite son eau usée de manière décentralisée, il restera juste les eaux usées des ménages et celles des fosses sceptiques qui pollueraient la région. Cette fraction de la pollution est facilement contrôlée par l'administration municipale ou par un investissement humain régulier et structurée. En d'autre termes, retenir et filtrer les eaux usées avant de les 'relâcher', serait une contribution inestimable pour la santé des populations de l'Extrême-Nord du Cameroun.

Un autre champ d'application des filtres à l'échelle communautaire concerne la potabilisation des eaux des forages, des puits/sources. Dans chaque localité, il serait souhaitable et économique d'installer des points d'eau pour quelques dizaines à quelques centaines de personnes plutôt que de construire des filtres pour chaque ménage. Ceci a l'avantage de considérer la fraction de la population qui n'aurait pas accès aux filtres individuels et également de maintenir la récolte de l'eau comme une activité sociale. L'aspect le plus économique des filtres communautaires se reflète sur l'aspect contrôle de qualité. Il est plus facile, plus pratique et bien sûr plus économique, que contrôler la qualité d'une source qui dessert 100 personnes que de contrôler 10 filtres dans 10 ménages. Il est superflu de rappeler que les laboratoires d'analyses sont non encore existants (en Afrique au Sud du Sahara en général).

## **4.3 Le filtre à base de fer métallique : une solution appropriée**

La conception des filtres à eau contenant un matériau filtrant bon prix, non toxique, traitant les contaminations chimique et microbienne serait une solution idéale pour les populations de la région Extrême-Nord du Cameroun. Le fer métallique ( $Fe^0$ ) est un exemple de matériau réactif pouvant être utilisé pour le traitement de l'eau et l'assainissement de l'environnement.

Par exemple,  $\text{Fe}^0$  (sous forme de composite poreux) est utilisé au Bangladesh pour éliminer l'Arsénique dans l'eau (SONO Filtre) [Hussam 2009]. L'élimination des composés aliphatiques halogénés, aromatiques, nitro-aromatiques, des bactéries, des métaux lourds, des virus [Bigg et Judd 2000, You et al. 2005]. Initialement, la courte durée de vie des filtres était leur principal inconvénient. La courte durée de service des filtres à fer due à la perte de perméabilité, liée à l'expansion volumétrique qui caractérise la corrosion des métaux. Des études théoriques poussées ont montré que la proportion volumétrique de  $\text{Fe}^0$  dans le lit filtrant doit être réduite au maximum [Caré et al. 2013]. Ainsi, une fraction des particules dans le système filtrant doit être un matériau non expansif (gravier, sable) [Miyajima et Noubactep 2013 ; Noubactep 2013].

La pertinence des filtres à  $\text{Fe}^0$  découle du fait qu'ils ne nécessitent pas de compétences particulières pour leur construction. Un concept solide de construction a été présenté [Noubactep et al. 2012, Btatkeu 2013, Caré et al. 2013, Rahman et al. 2013, Togue-Kamga 2013]. Ce concept flexible peut être adaptée aux situations locales en utilisant tous les agrégats disponibles possibles (y compris les biomatériaux comme les copeaux de bois, la pierre concassée, gravier, pierre ponce, sable). Le dimensionnement de chaque filtre ou de chaque système filtrant est une fonction de la disponibilité des matériaux ( $\text{Fe}^0$  et autres agrégats), de la réactivité des matériaux utilisés, de la cinétique de l'écoulement de l'eau et de l'étendue de la contamination. La pertinence des filtres à  $\text{Fe}^0$  pour le concept «One World, One Health» dans le contexte africain est évident. Un concept initié à Göttingen (Allemagne), muris avec la collaboration de Paris (France), Ngaoundéré et Yaoundé (Cameroun) sera optimisé et appliqué à Maroua et les résultats seront disponibles pour la communauté humaine mondiale. L'application (vivement souhaitée) des filtres à  $\text{Fe}^0$  dans la région Extrême-Nord du Cameroun consistera d'abord à la construction des filtres domestiques et des systèmes filtrants communautaires pour l'eau potable. Ensuite des unités pilotes seront installées pour l'assainissement de toutes sortes de sources d'eau usée. A terme, le choléra dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun sera une triste page de l'histoire de l'Afrique.

## 5. Conclusion

Ce travail a évalué les besoins en systèmes filtrants à base de fer métallique ( $\text{Fe}^0$ ) pour une meilleure santé des populations de la région Extrême-Nord du Cameroun en général et de la ville de Maroua en particulier. Sur l'exemple de la ville de Maroua, un inventaire des activités quotidiennes induisant la contamination de l'eau a été faite. Il en ressort clairement, que

l'adduction d'eau insuffisante dans la région et le manque d'assainissement sont la cause et la source de propagation des maladies hydriques endémiques et surtout du choléra. La pollution des eaux de surface est en infime partie due au manque d'application des règles d'hygiène en matière de conservation de l'eau. Les structures polluantes qui déversent à longueur de journée des produits toxiques (liquide solide ou gazeux) dans la nature sont la principale source de contamination. Il est donc indispensable, que les municipalités se chargent de l'assainissement, en milieu rural comme en milieu urbain. Pour soutenir l'activité de ces communes (pas très riche non plus), le concept des filtres à  $Fe^0$  a été présenté et discuté. Si ce concept est testé et réalisé à l'échelle régionale, la région Extrême-Nord du Cameroun sera bientôt un modèle pour le reste du Cameroun et les autres pays en voie de développement.

### **Remerciements**

Chicgoua Noubactep (Université de Göttingen - Allemagne) est sincèrement remercié pour les fructueuses discussions et la relecture du manuscrit.

## Bibliographie

- Barhoumi-Andréami Y., Gaudremeau J., Gerbe B., Khamsing F., Rabatel Y.: Eau ressource et menace. <http://www.emse.fr/site/publications/eau.pdf>
- Bigg T. and Judd S.J. (2000): Zero-valent iron for water treatment. *Environmental Technology* 21, 661–670.
- Btatkeu K. B.D. (2013): Application du fer métallique au traitement de l'eau: contribution à la mise sur pieds d'un filtre à usage domestique. Thèse de doctorat, Université de Ngaoundéré, Cameroun.
- Bureau Central des Recensements et des Etudes de Population (**BUCREP**). (2010): Rapport de présentation des résultats définitifs. [http://www.statisticscameroon.org/downloads/Rapport\\_de\\_presentation\\_3\\_RGPH.pdf](http://www.statisticscameroon.org/downloads/Rapport_de_presentation_3_RGPH.pdf)
- Caré S., Crane R., Calabrò P.S., Ghauch A., Temgoua E., Noubactep C. (2013): Modeling the permeability loss of metallic iron water filtration systems. *CLEAN – Soil, Air, Water*. 41, 275–282.
- Chiu P.C. (2013): Applications of zero-valence iron (ZVI) and nanoscale ZVI to municipal and decentralized drinking water systems – A review. In *Novel Solutions to Water Pollution*, Ahuja S. and Hristovski K. (Eds), ACS Symposium Series, Vol. 1123; American Chemical Society: Washington, DC, doi: 10.1021/bk-2013-1123.ch014, pp 237–249.
- de Kwaadsteniet M., Dobrowsky P.H. , van Deventer A., Khan W., Cloete T.E. (2013): Domestic rainwater harvesting: microbial and chemical water quality and point-of-use treatment systems. *Water Air Soil Pollution* 224, 1629 (19 pages)
- Forum Mondial de l'Eau (VI<sup>ème</sup>). Marseille, France. (2012): L'eau, un élément essentiel pour la vie. Contribution du Saint-Siège. Conseil Pontifical « JUSTICE ET PAIX », Vatican. [http://www.vatican.va/roman\\_curia/pontifical\\_councils/justpeace/documents/rc\\_pc\\_justpeace\\_doc\\_20120312\\_france-water\\_fr.html](http://www.vatican.va/roman_curia/pontifical_councils/justpeace/documents/rc_pc_justpeace_doc_20120312_france-water_fr.html)
- Ngongang E. (2008): Economic of water, health, and households' Labormarket participation in central African economic and monetary. Community (CAEMC) countries: the case of Cameroun. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 10, (3), Clarion University of Pennsylvania, Clarion, Pennsylvania.
- Fonjong Lotsmart N., Ngwa Nebasina Emmanuel and Charles C. Fonchingong. (2003): Rethinking the contribution of indigenous. Management in small-scale water



provision. Among selected rural communities in Cameroun. Environment, Development and Sustainability, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 6: 429–451.

- Hussam A. (2009): Contending with a development disaster: SONO filters remove arsenic from 475 well water in Bangladesh. *Innovations* 4, 89–102.
- Mbaye Dieng (2011): L'eau en Afrique, les paradoxes d'une ressource très convoitée. Programme ICT4D, ENDA Lead Africa. [www.leadinafrica.org/sigp](http://www.leadinafrica.org/sigp).
- Djaou Rebecca, Kaoussiri Brekmo, Abouna Mahamat, Achili Melvin Asanji. Guide pratique de la gestion d'une épidémie de choléra. Ministère de la Santé Publique/SNV Cameroun. (2011).
- Miyajima K., Noubactep C. (2013): Impact of Fe<sup>0</sup> amendment on methylene blue discoloration by sand columns. *Chemical Engineering Journal* 217, 310–319.
- Nguendo Yongsi H.B. (2010): Suffering for water, suffering from water: Access to drinking-water and associated health risks in Cameroon. *Journal of Health, Population and Nutrition* 5, 424–435.
- Noubactep C., Temgoua E., Rahman M.A. (2012): Designing iron-amended biosand filters for decentralized safe drinking water provision. *CLEAN – Soil, Air, Water* 40, 798–807.
- Noubactep C. (2013): On the suitability of admixing sand to metallic iron for water treatment. *International Journal of Environmental Pollution and Solutions*. 1, 22–36.
- O'Hannesin S.F., Gillham R.W. (1998): Long-term performance of an in situ "iron wall" for remediation of VOCs. *Ground Water* 36, 164–170.
- Organisation Mondiale de la Santé. (2010): Rapport annuel. Bureau pays du Cameroun. [www.afro.who.int/omscam](http://www.afro.who.int/omscam)
- Organisation Mondiale de la Santé. (2011): Lutte contre l'épidémie de choléra à Yaoundé et dans la région du centre. Bureau pays du Cameroun. Santé au quotidien N° 66.
- Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PANGIRE). (2009) : Etat des lieux du secteur. Cadre législatif, réglementaire, institutionnel et ressources humaines. Ministère de l'Energie et de l'Eau. Global Water Partnership. <http://www.gwp.org/Global/GWPCAFiles/CADRE%20LEGISLATIF,%20REGLEMENTAIRE,%20INSTITUTIONNEL%20ET%20RESSOURCES%20HUMAINE%20S.pdf>

- Paul Roger Libite. (2010) : La répartition spatiale de la population au Cameroun. [http://www.statssa.gov.za/assd2010/Presentations/6th\\_ASSD/LA%20REPARTITION%20SPATIALE%20DE%20LA%20POPULATION%20AU%20CAMEROUN.pdf](http://www.statssa.gov.za/assd2010/Presentations/6th_ASSD/LA%20REPARTITION%20SPATIALE%20DE%20LA%20POPULATION%20AU%20CAMEROUN.pdf)
- Rahman M.A., Karmakar S., Salama H., Gactha-Bandjun N., Btatkeu K. B.D., Noubactep C. (2013): Optimising the design of Fe<sup>0</sup>-based filtration systems for water treatment: The suitability of porous iron composites. *Journal of Applied Solution Chemistry and Modeling* 2, 165–177.
- Sighomnou Daniel, (2003) : Cameroun: Gestion intégrée des eaux de crues. Cas de la plaine d'inondation du fleuve Logone. The Associated Programme on flood management. WMO/GWP Associated Programme on Flood Management, 1-9.
- Togue Kanga F. (2013): Modelling, numerical simulation and experimental study of iron filters for safe drinking water provision. Thèse de doctorat, Université de Yaoundé, Cameroun.
- Yann L'hôte. (1999) Climatologie. Atlas de la province Extrême Nord Cameroun Planche 2. République du Cameroun Ministère de la recherche scientifique et de la technologie Institut national de cartographie. MINREST/INC.
- You Y., Han J., Chiu P.C., Jin Y. (2005): Removal and inactivation of waterborne viruses using zerovalent iron. *Environmental Science & Technology* 39, 9263–9269.