

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Département de Physique

Mémoire de Master Physique et Applications

Spécialité : Physique des Matériaux

ELABORATION DE CERAMIQUES ARGILEUSES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU

Présenté par :

Monsieur BIRAME MATH DABO

Sous la direction de:

M. Diouma Kobor Professeur à l'université Assane Seck de Ziguinchor

M. Saïdou Nourou Diop Maître-assistant à l'université Assane Seck de Ziguinchor

Soutenu publiquement le 24/05/2019 devant le jury composé de :

Prénom Nom	Grade	Qualité	Etablissement
Lat Grand Ndiaye	Maître de Conférences	Président	UASZ
Mbaye Diagne Mbaye	Maître de conférences	Rapporteur	UASZ
Modou Tine	Assistant	Examineur	UASZ
Saïdou Nourou Diop	Maître Assistant	Co-Encadrant	UASZ
Diouma Kobor	Professeur Titulaire	Encadrant	UASZ

Résumé

Ces dernières années, une augmentation considérable des maladies causées par la présence des substances chimiques dans l'eau est remarquée. Cela est dû à une contamination des sources par les produits pharmaceutiques, de soins corporels, agricoles, bref les produits issus de l'activité quotidienne de l'homme. Ces substances se retrouvent dans les eaux de consommation parfois à des concentrations qui dépassent les recommandations fixées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Ainsi, l'eau est devenue une source de maladie, raison pour laquelle l'OMS préconise le traitement de l'eau à domicile.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce sujet qui a pour but d'élaborer une céramique argileuse pour le traitement de l'eau.

Le travail consiste à concevoir et fabriquer des filtres avec deux types d'argiles. Une de couleur rouge prélevée à Néma et une autre de couleur grise prélevée à Agnack. Elles sont mélangées avec de la coque de noix de palmiste et de la poudre de coquillage. Ensuite, l'efficacité des filtres dans le traitement de l'eau a été testée en faisant l'analyse physico-chimique de l'eau avant et après la filtration.

Au terme de cette étude, les filtres ont donné des résultats positifs notamment :

- la diminution de la concentration en nitrates avec un rendement de 4,25 %,
- la diminution de la concentration en chlorures à un taux de 11,17 %
- une minéralisation importante des eaux filtrées, variant entre 50 et 300 %.

Mots clés : céramique, argile, traitement de l'eau

Abstract

These recent years a considerable increase in diseases caused by chemicals in the water is noticed. This is due to the contamination of sources by pharmaceuticals, body care, agricultural products, in short the products of human daily activity. These substances are found in drinking water sometimes in concentrations that exceed the standards set by the world health organization (WHO). So, water has become a source of disease that's why the WHO advocates home water treatment. It is in this context that this subject was articulated. It aimed at developing clay ceramic for the treatment of water.

The work consisted of developing filters with two types of clay. One with a red color taken from Nema and another one with gray color taken from Agnack. Both are mixed with palm kernel shell

and shell powder. Then, the efficiency of the filters in the treatment of water is tested by physico-chemical analysis of water before and after filtration.

At the end of this study, the filters gave positive results particularly

- the reduction of the nitrate concentration with a yield of 4.25%,
- a reduction in the chloride concentration at a rate of 11.17%
- a significant mineralization of the filtered water variant between 50 and 300%.

Keywords: ceramic, clay, water treatment

Dédicaces

Ce présent mémoire est dédié à toutes ces personnes qui ont impacté positivement sur ma vie et ma formation, et qui n'ont pas eu l'occasion d'assister à ce premier pas. Car, étant très tôt rappelés à Dieu, je veux parler :

De mon défunt papa, **Mor Talla Dabo**, mon ami mon idole, c'est de lui que m'est venu l'amour de la tenue militaire. Je prie pour que Dieu l'accueille dans son paradis céleste.

De ma tante **Amy Dieng** coépouse de ma maman. Je tiens à faire cette précision pour vous donner une idée sur l'ambiance et l'harmonie qui règne au sein de notre maison. Cette dame très généreuse me considérait comme son propre fils.

De mon ami et frère **Mamadou Gadiaga** décédé lors d'un accident sur la route de Kaolack. Un ami avec qui j'ai cheminé du collège au lycée, du lycée à l'université, de la première année en master j'aurai aimé que la liste continue mais Dieu en a décidé autrement. Il était d'une intelligence remarquable, d'une générosité indescriptible et d'une piété rare à son âge, un véritable talibé Mouride. Il n'a pas vécu longtemps mais il nous a transmis beaucoup de valeurs. Et de par sa mort il nous apprend encore que la vie est temporelle et à n'importe quel moment on peut partir. Je prie pour que Dieu l'accueille dans son paradis céleste.

Je prie à tous ceux qui liront ce document de prier le pardon pour ces personnes.

Remerciements

La rédaction d'un mémoire de recherche est la fin d'un processus impliquant beaucoup de personnes aussi bien dans le domaine pédagogique que social. Je tenais à remercier toutes ces personnes, en commençant par mes encadreurs Professeur, Diouma Kobor et Docteur, Saïdou Nourou Diop, qui se sont impliqués à fond dans le travail en m'aidant à mieux comprendre le sujet et en apportant des corrections et des suggestions sur le document.

Mes remerciements vont à l'endroit des membres du jury, qui ont accepté de présider ma soutenance. Je peux citer Docteur Lat Grand Ndiaye, Docteur Mbaye Diagne Mbaye et le Docteur Modou Tine.

Je remercie Madame Sarr gérante du laboratoire d'analyse et de traitement de l'eau pour son aide et sa disponibilité.

Je remercie l'ensemble des enseignants du département physique de l'université Assane seck de Ziguinchor et plus particulièrement ceux avec qui j'ai travaillé durant ces deux dernières années, à savoir Monsieur Lat grand Ndiaye, Monsieur Moustapha Thiame, Monsieur Ababacar Ndiaye et Monsieur Modou Tine.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de tous les membres de ma famille qui sont toujours disponibles pour le soutien financier et moral. Mention spéciale à mon frère Mame Daour Dabo et sa femme qui m'ont pris en charge ces deux dernières années. Ils m'ont offert un cadre propice pour effectuer correctement mon travail.

Je remercie également ma sœur Ndeye Adama Dabo et ma mère Sokhna Diagne pour leurs soutiens. Ces deux personnes m'ont énormément aidé, elles ont pris en charge de tous mes besoins depuis que mon papa est décédé, inscription, fournitures, logement, argent de poche, habillement, portable bref tout. Sans elles les choses pouvaient être plus difficiles.

Je remercie l'ensemble des doctorants du laboratoire chimie et physique des matériaux et tous mes camarades de promotion.

Et enfin je remercie mes amis d'enfance Papa Mouhamadou Gaye, El Hadji Fall, Assane Thiam etc.

Table des matières

Résumé	i
Dédicaces	iii
Remerciements	iv
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Liste des abréviations	ix
Introduction générale.....	1
Chapitre I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I. Eau potable.....	3
I.1 Définition	3
I.2 Eaux susceptibles d’être traitées	4
I.3 Valeurs guides de l’OMS	5
I.4 Risques liés aux composants chimiques de l’eau	7
I.5 Différentes étapes du traitement classique de l’eau	8
I.6 Filtres en céramiques argileuses poreuses.....	9
I.7 Performance de quelques filtres en céramique.....	10
CHAPITRES II : MATERIELS ET METHODES	11
II.1 Matériaux de l’étude	12
II.2 Méthode d’élaboration des filtres	15
II.3 Méthode d’analyse physico-chimique.....	17
II.4 Protocole expérimental de la filtration.....	19
II.5 Expérience test des filtres	20
Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION	21

III.1 Filtres obtenus.....	21
III.2 Tests des 4 filtres avec une eau concentrée en sel de cuisine NaCl	22
III.3 Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons.....	25
III.4 Résultats de l'analyse après passage sur les différents filtres	25
Conclusion.....	32
BIBLIOGRAPHIE	33

Liste des tableaux

Tableau I. Exigences de qualité des eaux douces superficielles utilisées ou destinées à être utilisées pour la production d'eau potable [5]	5
Tableau II. Les références et limites de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (sauf l'eau en bouteille) [6].....	6
Tableau III. Performances du filtre constitué de 40 % de combustible de granulométrie 800 µm et de 60% d'argile [9]	10
Tableau IV. Composition minéralogique de l'argile rouge [10].....	12
Tableau V. Composition chimique de l'argile rouge [10]	12
Tableau VII. Composition minéralogique de l'argile grise [10].....	13
Tableau VI. Composition chimique de l'argile grise [10]	13
Tableau VIII. Résultats des analyses des trois échantillons d'eau étudiés avant traitement.....	25
Tableau IX. Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau de Simbandi Balante après traitement	26

Liste des figures

Figure 1 : Comparaison abattement en E. coli [7].....	11
Figure 2 : Argile rouge de Nema.....	12
Figure 3 : Argile grise foncée d'Agnack.....	13
Figure 4 : Coques de la noix de palmiste	14
Figure 5 : Coquillages	14
Figure 9 : équipements utilisés.....	16
Figure 6 : Les constituants de bases	16
Figure 7 : Mélange des constituants de base	16
Figure 8: Diagramme de cuisson.....	17
Figure 10 : Matériels pour l'analyse physico-chimique.....	19
Figure 11 : Dispositif expérimental de la filtration	20
Figure 12: les filtres après la cuisson	21
Figure 13 : Résultat après filtration avec le filtre G.....	23
Figure 14:Résultat après filtration avec le filtre R1	23
Figure 15:Résultat après filtration avec le filtre R	24
Figure 16: Résultat après filtration avec le filtre G1	24
Figure 17: pH de l'eau avant et après filtration sur les différents filtres.....	26
Figure 18: Conductivité de l'eau avant et après filtration sur les différents filtres	27
Figure 19: Valeur avant et après filtration du TAC	28
Figure 20: Dureté de l'eau avant et après filtration.....	29
Figure 21: Concentration en nitrates avant et après filtration	30
Figure 22: Concentration en chlorures avant et après filtration	31

Liste des abréviations

Cfu : Unité Formant Colonies

E. Coli : Escherichia coli

FAO: Food and Agriculture Organization (organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

H.A.P : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrie

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ODD: Objectifs de Développement Durable

ppm: partie par million

Pt/Co : platino-cobalt

TAC : Titre alcalimétrique complet

TDS : Total des Solides Dissoutes

UNICEF: United Nations International Children's Emergency Fund (Fonds des Nations **Unies** pour l'enfanc

Introduction générale

La population mondiale augmente presque de 80 millions de personnes chaque année [1]. Cette augmentation se répercute sur le besoin en eau potable. D'après Jaques Diouf, Directeur général de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) [2] : « Au cours du siècle dernier, l'utilisation mondiale en eau a augmenté deux fois plus vite que le taux de croissance démographique. La pénurie d'eau touche déjà tous les continents et plus de 40 % de la population de la planète. D'ici 2025, 1,8 milliards de personnes vivront dans des pays ou des régions victimes de pénurie d'eau absolue, et deux tiers de la population mondiale pourraient être exposés à des conditions de stress hydrique ». Il devient donc une nécessité de trouver une solution à ce problème. Et comme le dit l'adage l'eau source de vie, ces mots résument bien son importance. Car une personne qui reste plus de 3 jours sans boire, peut mourir de déshydratation. Donc elle est aussi essentielle que la nourriture et l'air. Raison pour laquelle elle occupe la sixième place des objectifs de développement durable (ODD) : Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

L'eau provient parfois des milieux (mer, fleuve, lac ...) qui sont propices au développement des microbes et d'autres agents pathogènes. Voilà une des raisons pour laquelle elle est la cause d'un taux élevé de mortalité. Chaque année près de 2 millions de personnes (dont 1,1 millions d'enfants) meurent d'avoir bu une eau souillée [3]. Pour éviter tous ces risques, il faudra la traiter pour éliminer ou minimiser la prolifération de ces agents pathogènes pour la santé des consommateurs. Pour le traitement de l'eau plusieurs techniques sont utilisées. Elles varient souvent en fonction du milieu et des éléments qu'on veut éliminer. Parmi ces techniques on peut citer la décantation, la filtration, la désinfection, l'affinage etc.

En plus de tous ces problèmes qui sont liés au manque d'eau potable ou à la présence d'agents pathogènes, s'y ajoute la présence des éléments chimiques en des concentrations qui dépassent les recommandations fixées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). On sait que l'eau destinée à la consommation humaine est produite à partir d'eaux dites « brutes » d'origine souterraine et de surface qui sont traitées pour les rendre potable. Selon le milieu naturel d'où proviennent ces eaux, elles peuvent contenir diverses substances chimiques d'origine naturelle (aluminium, fluor, calcium) ou non (résidus de médicaments, métaux lourds). La consommation à la longue de ces eaux cause d'énormes problèmes à la santé des populations. Certaines substances comme les métaux lourds, ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent et leurs ingestions

prolongées peuvent être la cause de maladies graves, même si la teneur est faible. D'autre part, le manque de moyens et la difficulté d'accès à l'eau potable dans certaines zones rurales interpellent les chercheurs à trouver des solutions adéquates, simples à réaliser et accessibles aux populations démunies.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon sujet de recherche qui a pour objectif principal d'élaborer des filtres en céramique argileuse pour le traitement de l'eau de boisson. Notre travail consiste à :

- ✓ Concevoir et fabriquer des filtres en céramique à base d'argiles dopées, aux coques de palmiste et aux coquillages.
- ✓ Caractériser ces céramiques ainsi réalisées.
- ✓ Traiter quelques eaux déjà analysées par ces filtres.
- ✓ Analyser les eaux ainsi traitées.

Nous présenterons dans ce mémoire une synthèse bibliographique regroupant les connaissances sur la qualité de l'eau, les différentes techniques classiques de traitement de l'eau, les recommandations de l'OMS et quelques résultats tirés de la bibliographie. Ensuite, il s'agira pour nous d'identifier les matériels utilisés et la méthodologie de travail suivie pour effectuer les activités de recherche. Enfin, nous présenterons les résultats obtenus et les discussions qui en découlent.

Chapitre I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction

Dans cette partie du mémoire, nous faisons un résumé des différents documents lus pour avoir une idée claire sur ce qui est déjà fait du sujet. Cela nous permettra de comparer les résultats obtenus avec ceux de la littérature.

Elle comporte deux parties commençant par une présentation de l'eau potable. C'est-à-dire la définir, parler des paramètres auxquels dépendent la potabilité de l'eau, distinguer les différents types d'eaux qu'on peut traiter, donner les normes à respecter pour avoir une eau potable et parler des techniques classiques du traitement de l'eau.

Par la suite nous ferons une description de la céramique poreuse, les différentes techniques utilisées par les autres auteurs, montrer les avantages et les inconvénients des filtres en céramiques argileuses et montrer quelques résultats des études précédentes.

I. Eau potable

I.1 Définition

Selon la définition donnée dans les Directives de qualité pour l'eau de boisson établie par l'OMS [4], une eau de boisson saine ne présente aucun risque notable pour la santé d'une personne qui la consommerait sur toute la durée de sa vie, compte tenu des variations de sensibilités éventuelles aux différents stades de la vie. Comme nous l'avons appris à l'école primaire, l'eau potable est une eau incolore, inodore et agréable à boire. En réalité, la potabilité d'une eau ne se mesure pas seulement suivant ces paramètres qu'on appelle les paramètres organoleptiques, mais elle demande une étude beaucoup plus poussée sur cette dernière mais aussi sur les paramètres microbiologiques et les paramètres physico-chimiques.

❖ Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. Une eau potable doit être incolore, inodore et agréable à boire. Ce sont les paramètres les plus pris en compte par les consommateurs. C'est vrai qu'ils peuvent renseigner sur la qualité de l'eau mais eux seuls ne suffisent pas pour déterminer la potabilité ou non d'une eau. Une eau peut être trouble colorée, avoir l'odeur du chlore et être parfaitement potable.

❖ Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques prennent en compte la turbidité, le potentiel hydrogène (pH), la conductivité et la température. La turbidité est liée à l'origine de l'eau qui est un facteur essentiel

de sa qualité. Elle correspond à la présence de matières non dissoutes auxquelles s'accrochent de nombreux micro-organismes qui peuvent être potentiellement pathogènes.

Le pH (potentiel hydrogène) reflète le niveau d'acidité de l'eau. La valeur guide est entre 6,5 et 9. Il est déterminé à partir de la concentration en ions H^+ .

La conductivité est la capacité d'une eau à conduire le courant électrique. Elle est liée à la quantité de sels dissous dans l'eau et à la température. La valeur guide de l'OMS est de 400 $\mu S/cm$ à 20°C.

La température n'a pas trop d'impact sur la qualité de l'eau, ce n'est que pour le confort des consommateurs.

❖ Paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques sont évalués en mesurant la présence de bactéries, indicateurs de contamination fécale (entérocoques, E. Coli, coliformes). Elles sont naturellement plus importantes dans les eaux de surfaces que celles souterraines.

I.2 Eaux susceptibles d'être traitées

Toutes les eaux ne sont pas bonnes pour la production d'une eau potable. Elles doivent respecter certaines normes. Et selon ses caractéristiques, on définit le type de traitement à adopter.

Le tableau 1 nous fait un résumé des caractéristiques des eaux susceptibles d'être traitées.

Les eaux brutes de bonne qualité (**A1**) nécessitent un traitement physique simple.

Celles de qualité moyenne (**A2**) ont besoin d'un traitement normal physique simple et une désinfection.

Pour les eaux brutes de qualité médiocre (**A3**), un traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection est indispensable.

Tableau I. Exigences de qualité des eaux douces superficielles utilisées ou destinées à être utilisées pour la production d'eau potable [5]

Groupes de paramètres	Paramètres	A1		A2		A3	
		G	I	G	I	G	I
Paramètres organoleptiques	Coloration (après filtration simple) mg/l (échelle Pt)	10	20	50	100	50	200
	Odeur (facteur de dilution à 25°C)	3		10		20	
Paramètres physico-chimiques	Conductivité µS/cm à 20°C	1000		1000		1000	
	Température (°C)	22	25	22	25	22	25
	pH (unité pH)	6,5 – 8,5		5,5 - 9		5,5 - 9	
	Chlorure (mg/l)	200		200		200	
	Sulfates (mg/l)	150	250	150	250	150	250
	Matières en suspension (mg/l)	25					
Paramètres microbiologique	Coliformes totaux 37°C	50		5000		50000	
	Coliformes thermotolérants (100ml)	20		2000		20000	
	Streptocoques fécaux (100ml)	20		1000		10000	
	Salmonelles	Absence dans 5000 ml		Absence dans 1000 ml			

G : Valeur guide

I : Valeur limite impérative

I.3 Valeurs guides de l'OMS

Pour assurer à la population une eau de qualité, l'organisation mondiale de la santé a défini des valeurs guides que doivent respecter une eau pour qu'elle soit potable. Cette potabilité ne signifie

pas que l'eau ne contient aucun élément chimique mais, ces éléments sont étudiés de sorte qu'ils ne posent aucun problème aux consommateurs.

Selon les recommandations de l'OMS, une eau potable ne doit pas contenir des germes pathogènes et d'organismes parasites car le risque est trop grand, mais elle peut contenir des substances chimiques à un taux faible. Ces éléments chimiques sont dans la plupart des cas des métaux lourds, des hydrocarbures et des pesticides. Par contre il y a des éléments dont la présence dans l'eau est bénéfique comme les oligo-éléments qui participent au bon fonctionnement de l'organisme.

Le tableau II fait un résumé des valeurs guides de quelques paramètres microbiologiques et chimiques.

Tableau II. Les références et limites de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (sauf l'eau en bouteille) [6]

Limites de qualité – Critères de potabilité		
PARAMETRE	LIMITE	UNITE
Paramètres microbiologiques		
Escherichia coli (E. coli)	0	/100ml
Entérocoques	0	/100ml
Paramètres chimiques		
Acrylamide	0,1	µg/l
Antimoine	5	µg/l
Arsenic	10	µg/l
Baryum	0,7	mg/l
Benzène	1	µg/l
Benzol[a]pyrène	0,01	µg/l
Bore	1	mg/l
Bromates	25	µg/l
Cadmium	5	µg/l
Chrome	50	µg/l
Chlorure de vinyle	0,5	µg/l
Cuivre	2	mg/l
Cyanures totaux	50	µg/l

1,2-dichloroéthane	3	µg/l
Epichlorhydrine	0,1	µg/l
Fluorures	1,5	mg/l
H.A.P.	0,1	µg/l
Mercure total	1	µg/l
Microcystine-LR	1	µg/l
Nickel	20	µg/l
Nitrates (1)	50	mg/l
Nitrites (1)	0,5	mg/l
Pesticides (2)	0,1	µg/l
Total pesticides	0,5	µg/l
Plomb	25	µg/l
Sélénium	10	µg/l
Tétrachloroéthylène et Trichloréthylènes	10	µg/l
Total trihalométhanes (THM)	150	µg/l
Turbidité (3)	1	NFU

I.4 Risques liés aux composants chimiques de l'eau

Les risques sont aggravés par les facteurs de temps d'exposition, de bioaccumulation, de bioamplification, de recombinaison etc.

Voici quelques exemples de substances dont leurs impacts sont avérés ou suspectés nuisible sur la santé des consommateurs :

❖ Le nitrate :

Les nitrates sont présents dans le sol à l'état naturel et comme résidus de la vie des végétaux, des animaux et des Hommes. Cependant, la pollution des eaux par les nitrates est principalement due à son apport en forte concentration sous forme d'engrais (lisiers, engrais minéraux). Les nitrates peuvent se transformer en nitrites, qui sont la cause de réduction des capacités d'oxygénation des tissus. Les nourrissons et les femmes enceintes sont les populations les plus sensibles (maladie bleue du nourrisson ou méthémoglobinémie).

❖ Le fluor :

Le fluor se fixe sur les dents et les os. Les marges entre les doses utiles et nocives sont faibles : absorbé en excès, il peut entraîner des fluoroses dentaires (taches marron sur l'émail) et osseuses (déformations osseuses et articulaires). Par contre, à certaines doses il a des effets bénéfiques (prévention des caries dentaires). Ce qui justifie sa présence dans les pâtes dentifrices.

❖ **Le plomb :**

Le plomb passe rapidement dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer des dysfonctionnements liés à leurs croissances ou à leurs développements intellectuels. A des doses plus importantes chez les adultes, le plomb peut aussi causer des problèmes de santé comme l'insuffisance rénale et des troubles de la reproduction.

I.5 Différentes étapes du traitement classique de l'eau

La méthode classique du traitement de l'eau se fait en quatre étapes dans cet ordre: le **prétraitement**, la **coagulation/floculation** la **clarification**, la **filtration** et la **désinfection**. Comme indiqué plus haut, la méthode utilisée dépend toujours de la nature de l'eau brute qu'on doit traiter.

❖ **Prétraitement**

Cette étape consiste à l'élimination des gros déchets par dégrillage et les moins gros par tamisage. Mais aussi la peroxydation qui est un procédé chimique qui utilise le chlore (ou l'hypochlorite de sodium), l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium. Elle est destinée à l'élimination du fer, du manganèse, de la couleur et des algues.

❖ **Coagulation/floculation**

Ce sont des procédés chimiques qui provoquent l'agglomération des matières en suspension. Les substances chimiques généralement utilisées sont des sels de fer ou d'aluminium. Ils permettent la formation d'une masse appelée floc.

❖ **Clarification**

C'est une étape importante car l'eau doit être incolore pour donner envie à la personne de la boire. La clarification consiste à éliminer les matières non dissoutes dans l'eau. C'est à dire diminuer la turbidité. Elle comprend trois étapes : décantation/flottation et la séparation

Décantation et flottation

Méthode de séparation physique, la décantation consiste à laisser sédimenter les floccs puis séparer l'eau de ces floccs. La flottation, elle consiste à la génération de bulles d'air qui s'accrochent aux matières en suspension et aux floccs. Les flottants sont récupérés en surface par bras racleur.

Séparation

Elle se fait après la décantation et la flottation. C'est un procédé physique qui consiste à séparer la phase liquide de la phase solide

❖ Filtration

C'est une méthode de séparation physique qui suit la décantation. Elle permet la séparation des éléments dissouts de tailles moins grandes dans l'eau. Elle se fait en utilisant des matériaux différents. Il existe trois types de filtration qui sont : la filtration sur sable, la filtration sur tissu et la filtration sur céramique.

❖ Désinfection

Une étape très importante dans le traitement de l'eau et commune à toutes les techniques. Elle correspond à l'élimination de tous les virus et les éléments pathogènes. Elle se fait suivant un procédé physique ou chimique.

Le procédé chimique c'est l'injection des produits chimiques dans l'eau à des doses contrôlées. En effet, les procédés les plus fréquents sont l'ozonation et la chloration. Cette dernière étant la plus utilisée car elle est très simple et peu coûteuse. En plus, une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval, dans le réseau d'eau, c'est ce qu'on appelle l'effet remenant du chlore.

Les procédés physiques sont la désinfection par les rayonnements ultraviolets et la filtration sur membrane. Les rayons ultraviolets ont un pouvoir germicide élevé et la membrane empêche le passage des micro-organismes.

I.6 Filtres en céramiques argileuses poreuses

Le filtre en céramique argileuse est utilisé depuis très longtemps pour le traitement et la conservation de l'eau. Les matériaux de base sont l'argile et les combustibles. L'argile a des propriétés qui lui permettent d'être choisie comme matériaux de base. On peut citer la plasticité élevée mais aussi la malléabilité. Les combustibles sont utilisés pour créer des pores sur la céramique. Les plus utilisés sont la sciure de bois dur [7] et les balles de riz [8] néanmoins d'autres combustibles sont utilisés comme les coques de café ou d'arachide, les coques d'amende, les enveloppes de maïs etc.

I.7 Performance de quelques filtres en céramique

Une étude d'Awhangbo [9] sur la céramique à base d'argile comportant 40 % de balle de riz de granulométrie 800 µm a donné les résultats qui sont dans le tableau III qui représente la composition de l'eau avant et après filtration ainsi que le rendement d'élimination des différents composants. L'expérience est faite avec un filtre de débit 0,43 l/h.

Le tableau III montre clairement l'efficacité du filtre surtout en ce qui concerne la réduction de l'Escherichia coli (E. coli) un agent pathogène. Il est la cause principale des maladies diarrhéiques. Le filtre parvient à éliminer 60 à 100 % de la teneur en E. coli. Il est aussi efficace pour la diminution de la dureté magnésienne et calcique et l'adsorption du cuivre.

Tableau III. Performances du filtre constitué de 40 % de combustible de granulométrie 800 µm et de 60% d'argile [9]

Paramètres mesurés	Valeurs avant filtration	Valeurs après filtration	Rendements d'élimination (%)
Porosité	-	31,11	-
Débit de filtration (L/h)	-	0,43	-
Turbidité (NTU)	2,13 - 1,60	1,14 - 1,40	25,65
Dureté calcique (°F)	1,90 – 2,40	1,40 – 1,80	25,65
Dureté magnésienne (°F)	40 – 40,10	1,20	97,00
Escherichia coli (cfu)	4 - 20	0 – 8	60– 100
Adsorption du cuivre (mg/L)	3,90	0,25	99,37
pH	5,79 - 5,95	6,07 – 6,36	-
TDS (ppm)	37 – 92	50 – 98	-
conductivité (µS/cm)	73 – 192	100 – 196	-

La figure 1 donne une comparaison des différents résultats obtenus avec les filtres en céramique. Elle montre que les filtres sont très performants en ce qui concerne la rétention des E. coli, le taux d'abattement varie de 70 à 100 % sauf pour les filtres de Kleiman. Les filtres qui donnent les meilleurs rendements sont ceux d'Elodie Banty Bleu [7] qui a fait un mélange constitué de 80 % d'argile 5 % de sciure de bois et 15 % de chamotte.

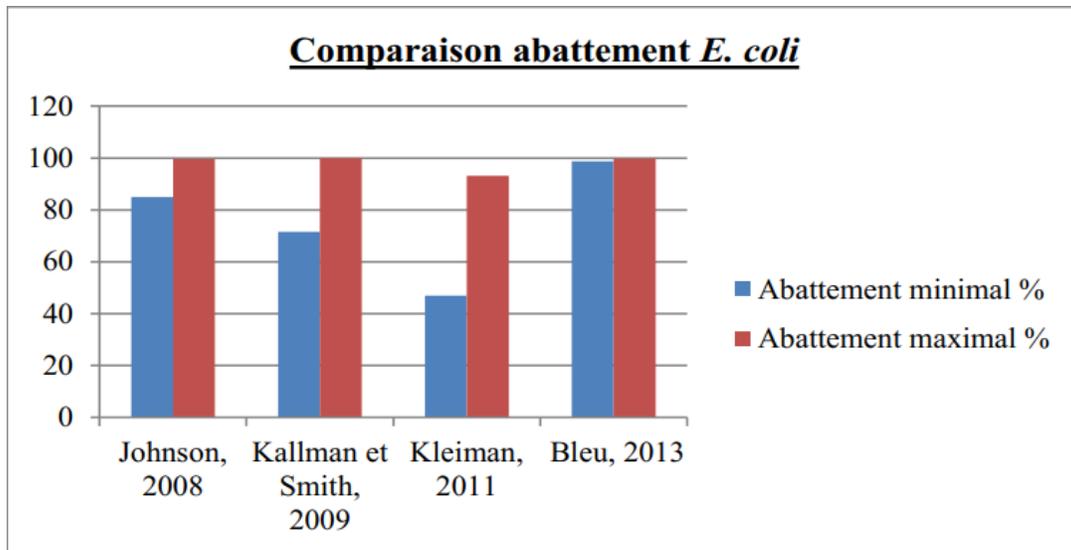


Figure 1 : Comparaison abattement en *E. coli* [7]

Conclusion

L'étude bibliographique sur l'élaboration de la céramique a été très enrichissante. En effet, elle nous a permis de comprendre les méthodes pour le traitement de l'eau, les différentes étapes de la fabrication des céramiques. Dans cette partie, on s'est focalisé plus sur le traitement de l'eau en citant les différentes étapes pour obtenir une eau potable. Elle a permis aussi de relever quelques résultats obtenus par d'autres chercheurs qui ont eu à travailler dans le traitement de l'eau avec la céramique argileuse.

Elle a permis de mettre le point sur de l'état de l'art dans l'utilisation des argiles comme filtres pour le traitement des eaux.

CHAPITRES II : MATERIELS ET METHODES

Dans ce chapitre nous allons d'abord présenter nos différents matériaux de base pour la fabrication des filtres, ensuite les méthodologies de fabrication des filtres, de l'analyse physico-chimique et de la filtration, et enfin présenter les matériels et équipements utilisés.

II.1 Matériaux de l'étude

II.1.1 Argiles utilisées

Dans le cadre de ce travail de recherche, deux types d'argiles ont été utilisées. Une de couleur rouge prélevée à Nema, un quartier de la commune de Ziguinchor qui se trouve à l'est de l'université à moins d'un kilomètre et une autre de couleur grise foncée prélevée à Agnack une localité qui se trouve à environ 18,4 km de la commune de Ziguinchor.

✓ L'argile rouge de Nema



Figure 2 : Argile rouge de Nema

D'après l'étude de Diemé [10] du point de vue minéralogique l'argile rouge de Néma est essentiellement constituée de kaolinite, de quartz, de montmorillonite, d'illite et de goethite. Et du point de vue chimique elle est constituée d'oxyde de silicium en majorité, d'oxyde d'aluminium et d'oxyde de fer. Les différentes proportions sont montrées dans les tableaux IV et V

Tableau IV. Composition minéralogique de l'argile rouge [10]

Argile rouge	Kaolinite	quartz	Montmorillonite	Illite	Goethite
Composition minéralogiques(%)	42	40	8	4	6

Tableau V. Composition chimique de l'argile rouge [10]

Argile rouge	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	TiO₂	Na₂O	K₂O	CaO
Composition chimique (%)	80,42	13,99	3,68	0,96	0,44	0,30	0,21

✓ Argile grise foncée d'Agnack



Figure 3 : Argile grise foncée d'Agnack

Pour l'argile grise foncée d'Agnack nous n'avons pas spécifiquement effectué une étude sur celle-ci mais c'est le même type d'argile que celle de Tamba étudiée par Diémé [10]. L'étude effectuée sur cette dernière nous informe sur sa composition chimique et minéralogique tableau VI et VII. C'est ce qui nous a permis de tirer une conclusion sur la composition de l'argile grise d'Agnack. Du point de vue chimique elle est constituée essentiellement de SiO_2 et d' Al_2O_3 . Et du point de vue minéralogique, elle est composée essentiellement de Kaolinite, de quartz, de montmorillonite, de l'illite et de goethite. Les compositions chimique et minéralogique des deux argiles sont très proches.

Tableau VI. Composition minéralogique de l'argile grise [10]

Argile rouge	Kaolinite	quartz	Montmorillonite	Illite	Goethite
Composition minéralogiques %	50	33	9	6	2

Tableau VII. Composition chimique de l'argile grise [10]

Argile grise foncée	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	Na_2O	K_2O	CaO
Composition chimique (%)	81,43	14,64	1,25	1,12	0,56	0,33	0,56

II.1.2 Combustible

Dans le cadre de cette étude, le combustible utilisé est la coque de la noix de palmiste qui appartient à la famille des Acéracés, genre élaeis, épithète spécifique guineensis.



Figure 4 : Coques de la noix de palmiste

II.1.3 Coquillages

Une coquille est le squelette externe d'un mollusque. Elle est constituée de carbonate de calcium et de matière organique sécrétée par le manteau de l'organisme. Elles ont été prélevées dans la commun de Ziguinchor sous le pont Emile Badiane.



Figure 5 : Coquillages

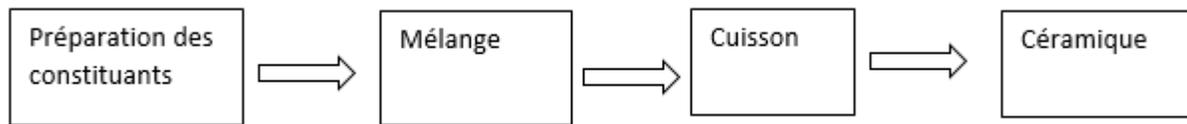
II.1.4 Echantillons d'eaux étudiées

Pour évaluer l'efficacité des filtres, trois types d'eaux ont été prélevés. Pour avoir un impact sur la vie de la population, nous avons choisi des eaux consommées tous les jours par les populations. Les trois types d'eau sont :

- L'eau de robinet de l'université Assane Seck de Ziguinchor distribuée par la SDE. L'eau est prélevée au niveau du laboratoire physique.
- L'eau de puits prélevée dans le village de Simbandi Balante.
- L'eau de pompe SOFORAL, une cité qui se trouve dans le quartier de Diabir juste derrière l'université.

II.2 Méthode d'élaboration des filtres

L'élaboration des quatre types de filtres ont suivi le processus qui est le suivant :



Le prélèvement des argiles s'est fait à l'aide d'un coupe-coupe en creusant environ 50 cm sous la terre. Elles sont mises dans des sachets puis transportées des sites au laboratoire. Les différents composants à savoir l'argile, la coque de la noix de palmiste et le coquillage sont broyés mécaniquement à l'aide d'un mortier et d'un pilon de fabrication artisanale. Après cette étape vient le tamisage, il est fait par une tamiseuse électrique de marque HAVER & BOCKER model EML 200 digital plus T. L'argile et la poudre de coquillage sont tamisée au tamis de diamètre 0,45 mm et la coque de la noix de palmiste au tamis de diamètre 4 mm. Les produits obtenus sont montrés dans la figure 6. Elles sont ensuite pesées à l'aide d'une balance électronique de marque Sartorius-ENTRIS623. Le pourcentage en masse des composants diffère en fonction du type de filtre. Pour les filtres sans poudre de coquillage, ils sont faits de 40 % de la coque de noix de palmiste et 60 % d'argile et pour ceux qui en ont, 40 % de la coque de noix de palmiste, 55 % d'argile et 5 % de poudre de coquillage. Ensuite, ils sont mélangés dans un récipient de façon manuelle en ajoutant progressivement de l'eau jusqu'à obtenir une bonne homogénéité de distribution des coques de noix de palmiste. Cela impactera sur la distribution des pores. Le produit obtenu est séché à l'air libre pendant 24h puis introduit dans le four pendant 9 heures à une température de 1000 °C. Le diagramme de cuisson est montré dans la figure 8. Le four utilisé ici est un four à moufle de laboratoire de marque Nabertherm L9/12/B180 ayant une montée en température allant de 30 à 3000 °C. Après cette étape on obtient notre filtre en céramique poreuse.



Figure 6 : équipements utilisés

1) Balance électrique, 2) mortier et pilon, 3) Four à moufle et 4) Tamiseuse électrique



Figure 7 : Les constituants de bases

a) Poudre de l'argile broyée et tamisée à $450\ \mu\text{m}$, b) Coque de palmiste broyée et tamisée avec un tamis de $4\ \text{mm}$ et c) poudre de coquillage broyée et tamisée avec un tamis de $450\ \mu\text{m}$



Figure 8 : Mélange des constituants de base

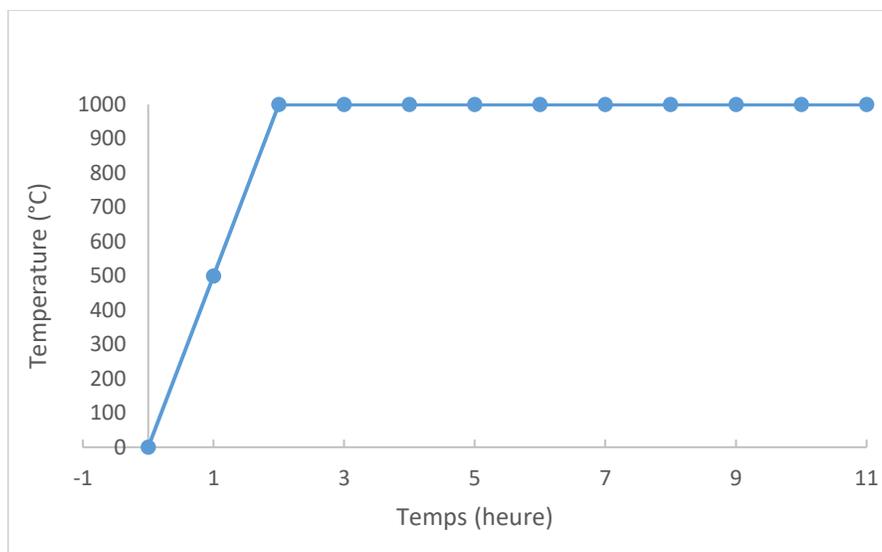


Figure 9: Diagramme de cuisson

II.3 Méthode d'analyse physico-chimique

L'analyse physico-chimique de l'eau dans ce travail concerne les paramètres suivants :

- Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH désigne le potentiel d'hydrogène dans l'eau c'est-à-dire la concentration en ion H^+ . L'acidité ou la basicité dépend de sa valeur. Une eau acide possède un pH bas et une eau basique un pH élevé. Le pH neutre est égal à 7. Dans le cadre de cette étude sa valeur a été mesurée par le pH-mètre pH3110 de marque WTW.

- Conductivité

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant électrique puisque la plupart des matières dissoutes dans l'eau sont sous forme d'ions. La détermination de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle varie en fonction de la température. Elle est plus importante lorsque la température augmente. Cela s'explique par le fait que la mobilité des ions augmente avec la température. Elle a été mesurée dans cette étude par un conductimètre cond3210 de marque WTW.

- Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet d'une eau permet de connaître la concentration en ions carbonate, bicarbonate et en base forte. Il est déterminé par le test du TAC qui suit le protocole suivant :

1. Remplir le tube au 20 ml avec l'eau à doser
2. Ajouter 4 gouttes de TA4J

3. Ajouter le réactif PA2, goutte à goutte en remuant entre chaque addition, jusqu'à obtenir un virage du bleu au jaune pur.

TAC (en degrés) = Nombre de gouttes PA2×4

➤ Dureté

La dureté est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle mesure la teneur en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . Elle s'exprime en degré hydrotimétriques (TH). Elle est déterminée par le protocole expérimental suivant :

Test du TH

1. Remplir le tube au 10 ml avec l'eau à doser
2. Ajouter le réactif MR, goutte à goutte en remuant entre chaque addition, jusqu'à obtenir un virage du rouge vin au bleu franc
3. TH (en degrés) = Nombre de gouttes de réactif MR

➤ Concentration en nitrates

La concentration en nitrates dans l'eau, selon les recommandations de l'OMS, ne doit pas dépasser 50 mg/l. Elle est déterminée par la micro-méthode volumétrique en utilisant un spectrophotomètre HACHDR890.

➤ Concentration en chlorures

La concentration en ions chlorures doit être inférieure à 250 mg/l selon les normes de l'OMS. Elle est déterminée par dosage colorimétrique avec du AgNO_3 .



Figure 10 : Matériels pour l'analyse physico-chimique

- 1) pH-mètre et conductimètre, 2) kit test de la dureté et du titre alcalimétrique complet avant et après virage, 3) dispositif expérimental pour la détermination de la concentration en chlorure
- 4) spectrophotométrie

II.4 Protocole expérimental de la filtration

Pour Tester l'efficacité des filtres on suit le protocole suivant :

- ✓ Verser 250 ml de l'eau à étudier dans un erlenmeyer
- ✓ Verser 7,5 g de la poudre du filtre dans l'eau
- ✓ Poser l'ensemble sur un agitateur magnétique pendant 1h30min
- ✓ Laisser la solution au repos pour la décantation des solides
- ✓ Filtrer sur un papier filtre.
- ✓ Analyser l'eau recueillie



Figure 11 : Dispositif expérimental de la filtration

II.5 Expérience test des filtres

But : L'objectif est de mesurer la conductivité, la salinité et le total des solides dissouts (TDS) avant et après filtration.

Protocole expérimental

- Prélever 250 ml d'eau distillée à l'aide d'un bécher
- Mesurer les paramètres conductivité, salinité et TDS
- Verser 14,61 g de sel de cuisine (NaCl) puis agiter pour que le sel soit totalement dissout
- Mesurer à nouveau les paramètres conductivité, salinité et TDS
- Mettre la poudre de chaque filtre dans des bouteilles de 60ml puis, ajouter la solution préparée dans les bouteilles.
- Reprendre la mesure des paramètres toutes les 30 minutes.

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter nos différents filtres et les caractériser. Ensuite, nous les avons testés pour avoir une idée sur la durée de la filtration et le filtre qui donne les meilleurs résultats. Et enfin nous allons présenter les résultats obtenus sur nos différents filtres et commenter les résultats.

III.1 Filtres obtenus

Les produits obtenus après la cuisson sont représentés sur la figure 12, ils ressemblent à des pierres sur lesquelles on peut voir des trous. Nous constatons aussi que la céramique est plus légère que le mélange obtenu avant la cuisson. Cela est dû au fait que durant l'opération de séchage et de cuisson, l'eau utilisée pour le mélange s'évapore et les coques de palmiste se sont consumées pour donner des cendres.

En plus, un changement de couleur s'est opéré. Ainsi, le mélange fait d'argile de couleur grise foncée et de la coque de noix de palmiste devient rouge après la cuisson. Ce changement de couleur explique que l'argile était à l'origine de couleur rouge. Donc, sa couleur grise elle la tient des matières organiques et des impuretés qui se sont mélangées avec elle durant le temps. La cuisson faisant disparaître ces impuretés, elle retrouve sa couleur initiale.

De la même manière que le mélange constitué d'argile grise foncée, de coque de noix de palmiste et de poudre de coquillage, il devient noirâtre après cuisson. Cela montre la présence d'une quantité importante de carbone qui pourrait venir de la poudre de coquillage.

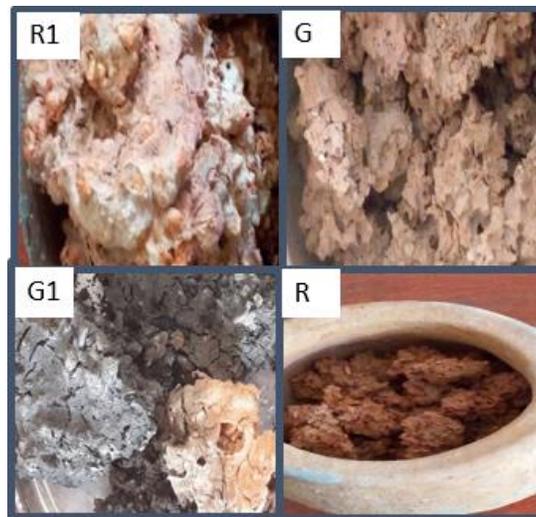


Figure 12: les filtres après la cuisson

R1) filtre constitué d'argile rouge de Néma de la coque de noix de palmiste et de poudre de coquillage, G) filtre constitué d'argile grise foncée de la coque de noix de palmiste, G1) filtre constitué d'argile grise foncée de la coque de noix de palmiste et de poudre de coquillage et R) filtre constitué d'argile rouge de Néma de la coque de noix de palmiste

III.2 Tests des 4 filtres avec une eau concentrée en sel de cuisine NaCl

Pour tester les filtres et avoir une idée sur la durée de la filtration et le lequel parmi les quatre (4) filtres est le plus efficace dans le traitement de l'eau. Nous avons décidé de réaliser cette expérience qui consiste à ajouter une quantité de sel de cuisine (NaCl) dans de l'eau distillée afin d'avoir une concentration de 1 mol/l, puis, mesurer les paramètres de conductivité, de salinité et le TDS avant et après filtration.

- **Résultats du test des filtres**

Expression des résultats :
$$R = \frac{V_i - V_{af}}{V_i}$$

V_i : valeur initiale

V_{af} : valeur après filtration

Mesures avec l'eau distillée

Conductivité = 10 μ S/cm

Salinité = 0,0

TDS = 4 mg/l

Mesure après mélange avec le sel

Conductivité = 94,1mS/cm

Salinité = 68,1

La valeur du TDS obtenue après mélange, dépasse l'intervalle de mesure de l'appareil.

Après avoir fait passer l'eau sur les filtres et calculer les rendements, les résultats sont représentés par les figures suivantes :

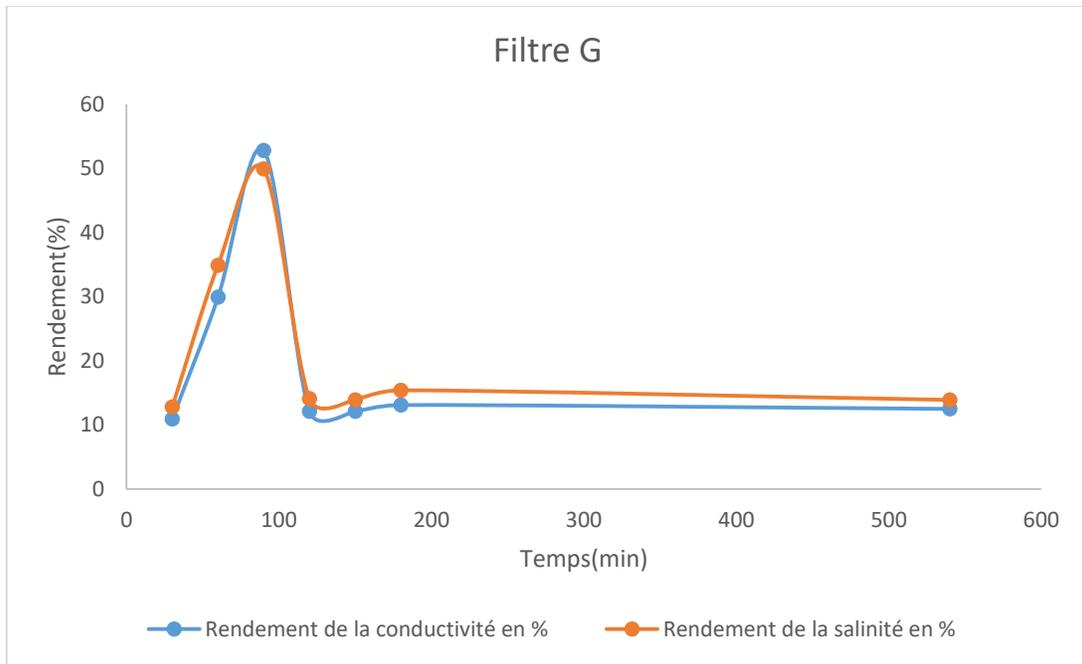


Figure 13 : Résultat après filtration avec le filtre G

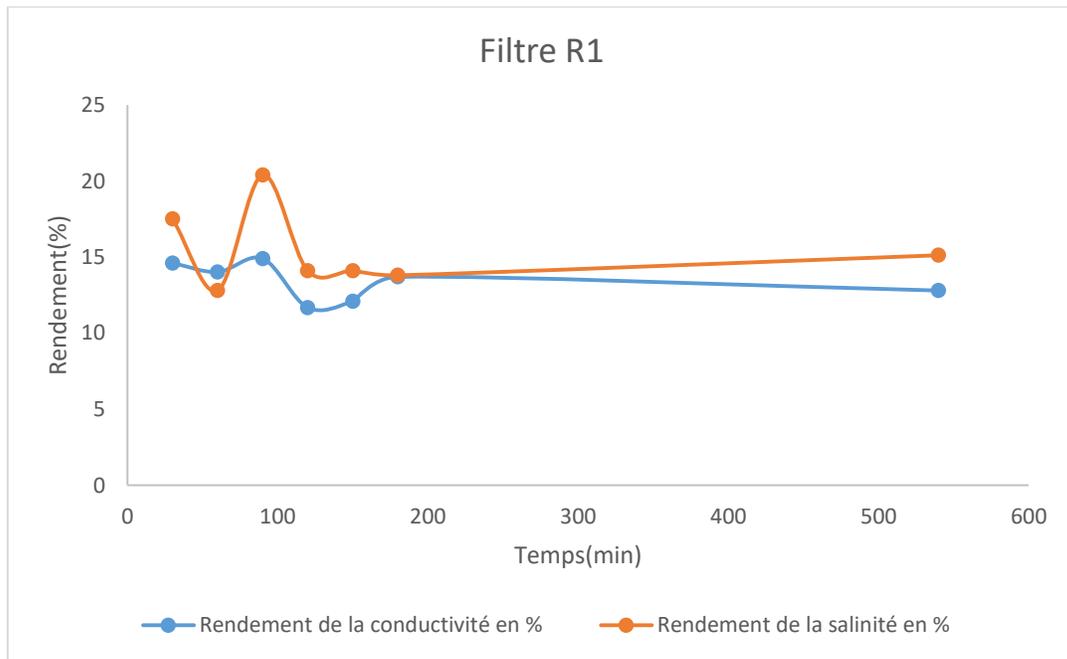


Figure 14: Résultat après filtration avec le filtre R1

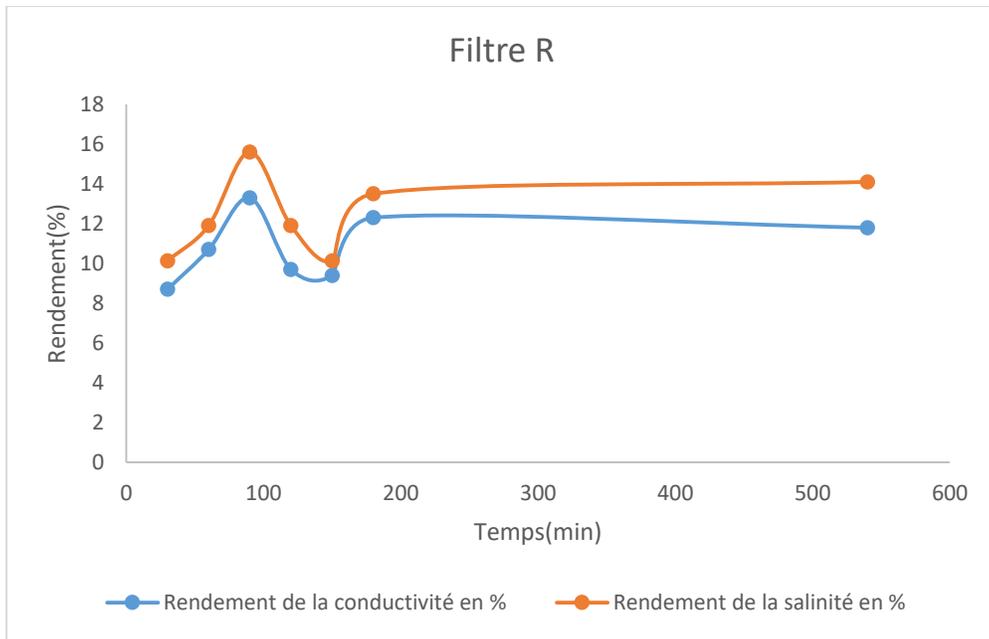


Figure 15: Résultat après filtration avec le filtre R

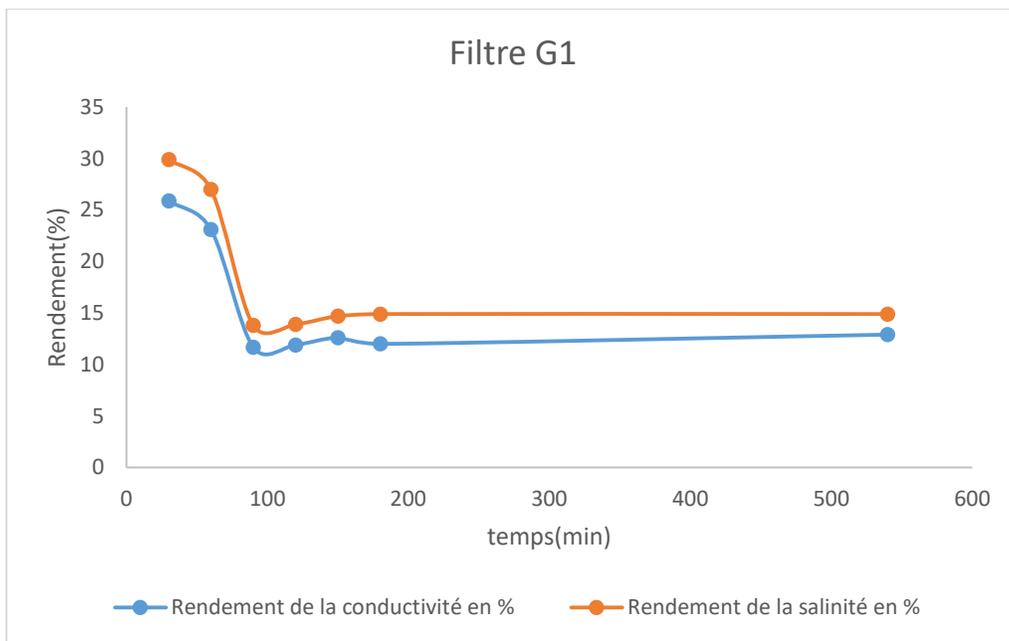


Figure 16: Résultat après filtration avec le filtre G1

Sur l'ensemble des figures, Nous constatons une diminution de la salinité ainsi que la conductivité après passage sur les quatre (4) filtres. Ces paramètres ont varié dans le temps en fonction des types de filtres. Les deux paramètres sont étroitement liés, la variation de la salinité induit automatiquement celle de la conductivité dans le même sens. Trois (3) sur les quatre (4) filtres ont

donné les meilleurs résultats après un temps de traitement de 1h 30 minutes. Au-delà de ce temps, les valeurs commencent à remonter. Cela peut être dû à la saturation et au relargage des ions par les filtres. En ce qui concerne le quatrième filtre le meilleur résultat est obtenu après 30 minutes de traitement. Le filtre qui retient la quantité la plus importante de sel est le filtre G constitué d'argile grise foncée et de la coque de noix palmiste. Il donne un rendement de 49,9 % pour la salinité et 52,8 % pour la conductivité.

En résumé on peut dire que le temps optimal pour la filtration est 1h30 minutes.

III.3 Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons

Le tableau ci-dessous nous renseigne sur la composition physico-chimique des échantillons. Parmi ces échantillons seule l'eau de puits prélevée dans le village de Simbandi Balante présente un problème qui est lié à un taux élevé de nitrates. Un composant dangereux pour la santé des consommateurs comme indiqué plus haut.

Donc pour la suite des études, nous allons considérer seulement cet échantillon et en même temps regarder le comportement des autres constituants après la filtration même s'ils ne présentent pas des problèmes spécifiques.

Tableau VIII. Résultats des analyses des trois échantillons d'eau étudiés avant traitement

Point de surveillance	pH	Conductivité (µS/cm)	TAC (°F)	Dureté (°F)	Nitrates (mg/l)	Chlorures (mg/l)
Eau Simbandi	6,8	384,0	4,0	4,0	61,2	102,9
Eau de SOFORAL	4.8	39,0	4,0	1,0	13,2	-
Eau de robinet UASZ	7.7	1461,0	20,0	22,0	26,0	235,2

III.4 Résultats de l'analyse après passage sur les différents filtres

L'analyse après filtration donne les résultats suivants :

Tableau IX. Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau de Simbandi Balante après traitement

Filtres	pH	Conductivité (µS/cm)	TAC (°F)	Dureté (°F)	Nitrates (mg/l)	Chlorures (mg/l)
valeurs avant filtration	6,8	384	4	4	61,2	102,9
R1	6,7	450	4	6	62	97,6
G1	6,6	696	4	16	58,6	98,5
R	6,9	414	4	6	62,1	91,4
G	6,9	433	4	6	62,7	92,3

➤ **pH**

La figure 17 nous présente les valeurs du pH de l'eau avant et après filtration. Les valeurs après filtration varient entre 6,6 et 6,9. Elles respectent la valeur guide fixée par l'OMS, mais elles n'ont pas trop varié par rapport à la valeur initiale qui est de 6,8. Ce qui montre que les filtres n'ont pratiquement pas d'effets sur le pH de l'eau.

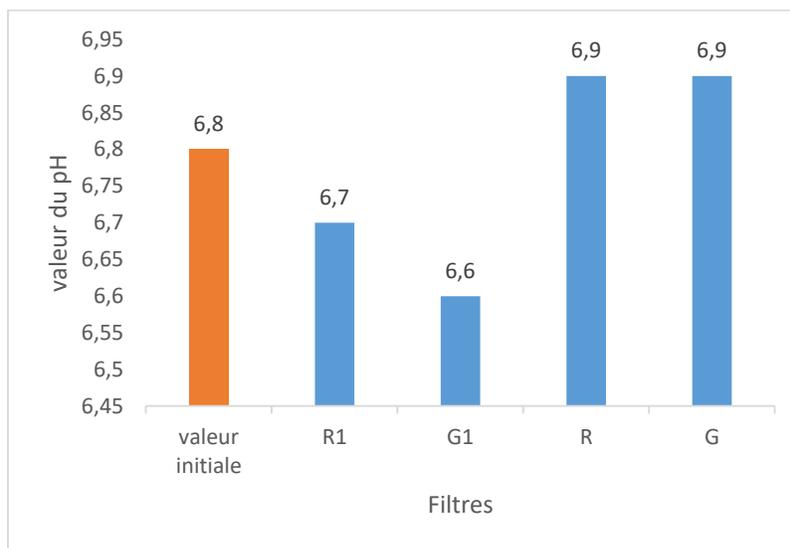


Figure 17: pH de l'eau avant et après filtration sur les différents filtres

➤ **Conductivité**

La figure 18 donne les valeurs de la conductivité de l'eau avant et après filtration. Cette valeur dans l'état initial était égale à 384 µS/cm. Après filtration, elle se trouve entre 414 et 696 µS/cm soit une

augmentation de 7,8 % au minimum et 81,3 % au maximum. Cela montre que la concentration en ions a augmenté dans les eaux filtrées. Cette augmentation en sortie de filtration de la conductivité peut être due à un apport d'ions provenant des filtres qui auraient été largués dans l'eau après filtration. Elle est liée à la composition minéralogique des filtres. Le filtre qui a rejeté la quantité la plus importante d'ions dans l'eau est le G1 qui est constitué d'argile grise, de la coque de noix de palmiste et de la poudre de coquillage.

L'analyse chimique a montré que les principaux composants des argiles sont: la silice, l'aluminium, le fer, le calcium et le magnésium Diemé [10]. Et selon le cas, il peut y avoir une adsorption ou une désorption de minéraux sélectifs par rapport à l'équilibre et à l'affinité entre les minéraux présents dans l'argile et ceux qui proviennent de l'eau à traiter. C'est la désorption qui aurait eu lieu dans ce cas. C'est la raison de l'augmentation de la conductivité.

Nous avons remarqué également que la conductivité des eaux filtrées sur les filtres contenant de la poudre de coquillage c'est-à-dire le R1 et le G1 est plus importante. Cette augmentation par rapport aux filtres qui n'en ont pas, montre que la poudre de coquillage rejette des ions dans l'eau. Etant donné que les coquilles sont constituées essentiellement de calcaire (CaCO_3), donc les ions sont le Ca^{2+} et le CO_3^{2-} .

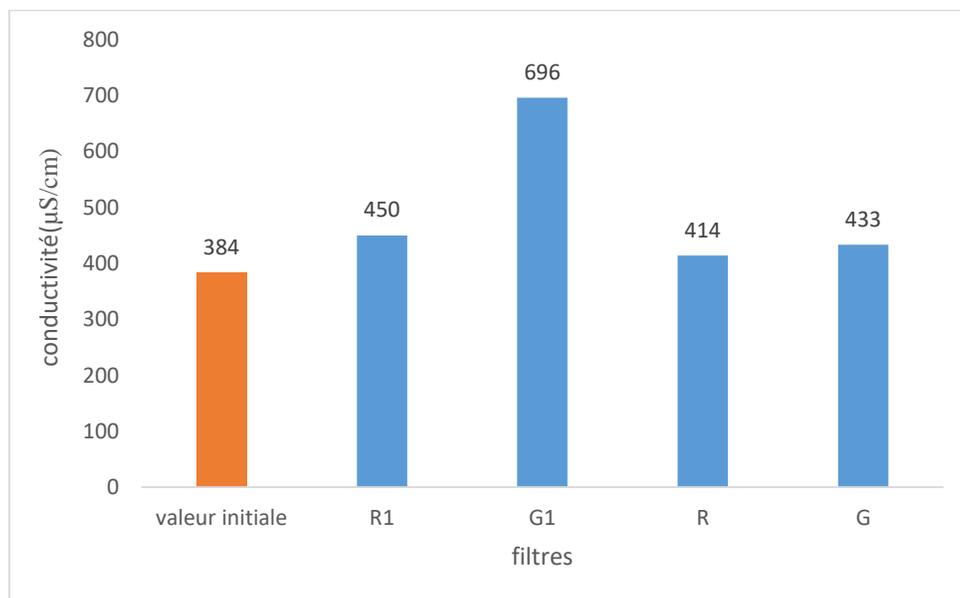


Figure 18: Conductivité de l'eau avant et après filtration sur les différents filtres

➤ Titre Alcalimétrique Complet

La figure 19 représente les valeurs du titre alcalimétrique complet avant et après filtration, il n'a pas changé après la filtration. Il a gardé la même valeur qu'avant. Donc les filtres n'ont pas d'effet sur l'alcalimétrie de l'eau.

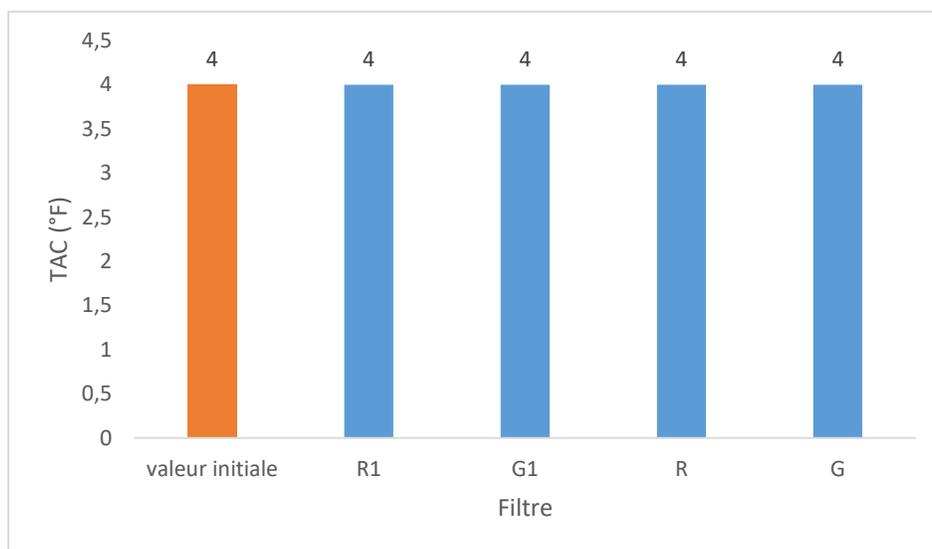


Figure 19: Valeur avant et après filtration du TAC

➤ Dureté

La figure 20 représente la valeur de la dureté avant et après filtration. La dureté traduit la teneur en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . Elle a varié après la filtration, elle passe de 4 à 6 pour les filtres R1, R et G. Sa valeur après la filtration sur G1 est 16. Donc, une augmentation s'est opérée sur l'ensemble des quatre (4) filtres. Elle traduit que les filtres larguent des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dans l'eau. Cette information vient confirmer l'augmentation de la conductivité.

L'analyse chimique des argiles montre la présence de la chaux vive CaO en des pourcentages différents 0,56 % pour l'argile grise foncée et 0,21 % pour l'argile rouge. Malgré cette différence, les filtres constitués uniquement d'argile et du combustible ont donné les mêmes valeurs de dureté. Donc, ce pourcentage n'a pas d'effet sur les eaux filtrées. Mais une fois mélangé avec la poudre de coquillage, on voit la valeur de la dureté multipliée par 4 pour les eaux venant du filtre G1 tandis que pour celles venant du filtre R1, elle reste toujours égale à la valeur sans poudre de coquillage. Par conséquent, la présence de la poudre de coquillage participe à la libération des ions Ca^{2+} dans le filtre G1.

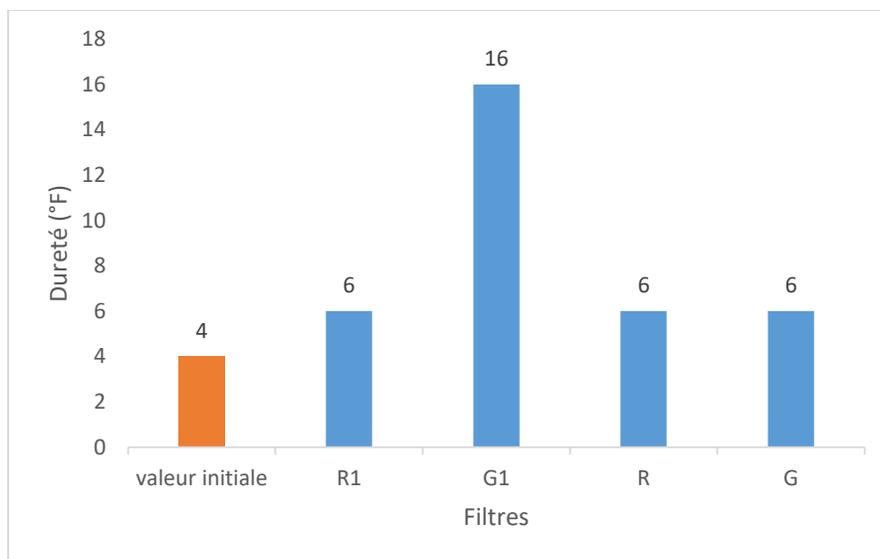


Figure 20: Dureté de l'eau avant et après filtration

➤ **Concentration en nitrates**

La figure 21 représente la teneur en nitrates des eaux avant et après filtration. On constate après passage sur les filtres R1, R et G une légère augmentation entre 1,30 % et 2,45 % de la teneur en nitrates par rapport à la valeur initiale. Et pour ce qui est du filtre G1, une diminution de la teneur de 4,25 % par rapport à la valeur initiale.

L'augmentation de la concentration en nitrates des eaux après filtration vient sûrement des filtres. Le nitrate issu de l'activité quotidienne des hommes ou des déchets des animaux peuvent être la cause de la pollution des argiles utilisées. En conséquent l'augmentation signifie que les filtres à savoir R, R1 et G n'ont pas la capacité de retenir le nitrate.

Pour ce qui est de l'eau filtrée sur G1 qui a une dureté et une conductivité élevée par rapport aux trois autres, on note une diminution de la teneur en nitrate. On peut penser que les ions NO_3^- ont été fixés par le Ca^{2+} et Mg^{2+} qui sont plus important chez ce type de filtre.

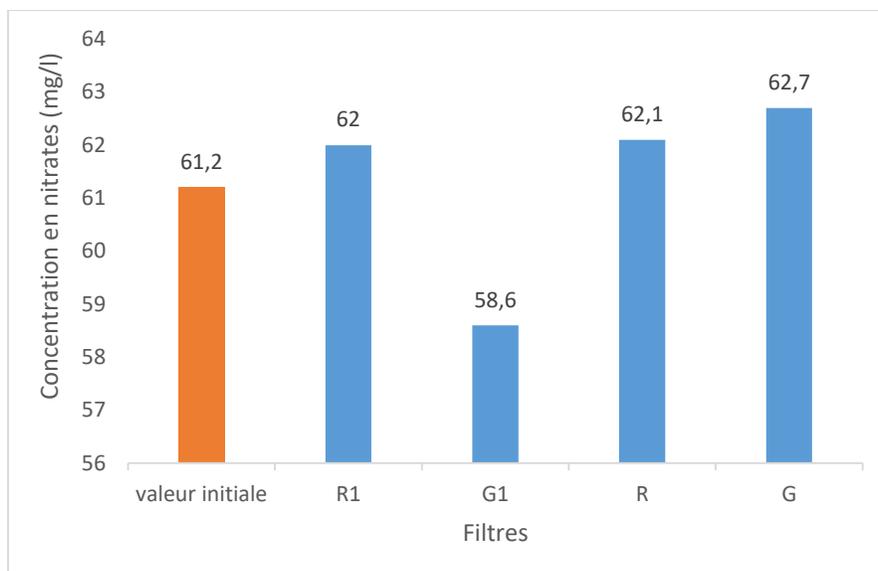


Figure 21: Concentration en nitrates avant et après filtration

➤ **Concentration en chlorures**

La figure 22 représente la concentration en chlorure avant et après filtration. Elle a diminué après le passage sur les différents filtres. Les rendements de filtration varient entre 4,27 et 11,17 %. Le meilleur résultat est obtenu avec le filtre R.

Le chlorure Cl^- est un composant naturel de l'eau, présent dans l'eau de mer, l'eau de la pluie et l'eau des puits. Sa concentration maximale admise dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 200 mg/l selon la norme de l'OMS. Donc, les valeurs obtenues après la filtration sont acceptables.

La diminution après passage sur les différents filtres est due à l'adsorption par les ions positifs qui se trouvent à la surface des filtres.

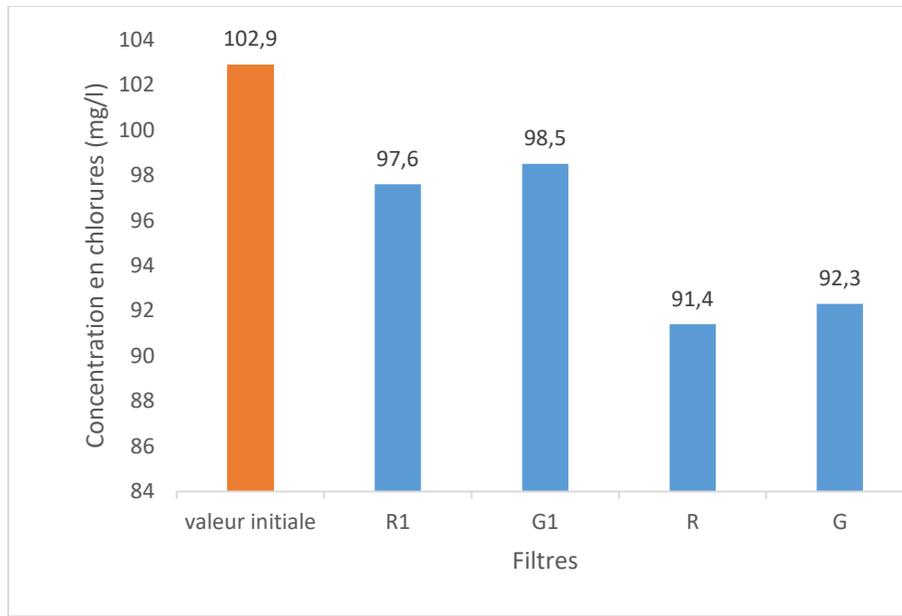


Figure 22: Concentration en chlorures avant et après filtration

Conclusion

Ce travail de recherche avait comme but d'élaborer une céramique poreuse à bas coût comme filtre pouvant être utilisée pour le traitement de l'eau. Il est réalisé au LCPM et au laboratoire d'analyse et de traitement d'eau de l'université Assane Seck de Ziguinchor.

Au terme de cette étude on a eu les résultats suivants :

- Les filtres n'ont pas d'impact sur le pH et le titre alcalimétrique complet.
- Tous les filtres ont participé à l'amélioration de la minéralisation de l'eau. Cette augmentation varie entre 50 % et 300 %.
- Les filtres réduisent la concentration en chlorures dans l'eau. Le meilleur résultat est donné par le filtre R avec un rendement de 11,17 %. Ce filtre est constitué d'argile rouge de Nema et de 40 % de la coque de noix de palmiste
- On constate également une réduction de la concentration en nitrates par le filtre G1 avec un rendement de 4,25 %.

Les résultats de cette étude sont importants dans la mesure où ils nous permettent de connaître les potentiels qu'ont nos argiles dans le traitement de l'eau et participent à l'amélioration de la qualité de l'eau. Cela peut impacter positivement sur la santé des consommateurs. Bien vrai qu'on s'attendait à de meilleurs résultats mais ceux obtenus ouvrent d'autres pistes de réflexions.

Comme perspective on suggère de :

- Elargir l'étude en testant l'efficacité des filtres sur d'autres composés comme le fluor, le cuivre, le fer, le plomb etc.
- Augmenter le pourcentage de la poudre de coquillage dans les filtres.
- Fabriquer des filtres sous forme de pot ou de disque. Cela pourrait empêcher le passage de certains éléments.
- Utiliser d'autres combustibles comme les graines de moringa qui à elles seules peuvent diminuer la concentration en métaux lourds [7].
- Tester l'efficacité du silicium poreux dans le traitement de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Diop, S. Les procédés de séparation membranaires. Cours. Université Assane seck de Ziguinchor, Sénégal, (2017)
- [2] <http://www.fao.org/newsroom/fr/focus/2007/1000521/index.html> (Entretien avec le Directeur général de la FAO) mardi 19 février 2019
- [3] Rapport OMS. Evaluation des options de traitement domestique de l'eau: objectifs sanitaires et spécifications portant sur les performances microbiologiques. (2012) 1-82.
- [4] Rapport OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4^e ed, Intégrant le premier additif, (2017).
- [5] Bontoux, J. Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Cebedoc, (1993). p- 163
- [6] Misse S., Obounou., Ayina L. M., Caillat S. Utilisation des coques de noix de palmiste comme combustible dans un four de fusion de la faraille. Revue des Energies Renouvelables, 16 (2013) 75-89
- [7] Elodie, B. Traitement de l'eau à domicile : Conception et évaluation de l'efficacité des filtres en céramique. Mémoire de master. 2IE, Ouagadougou, Burkina Faso, (2014).
- [8] Elegba, E. Optimisation de filtre en céramique produit localement pour le traitement à domicile des eaux destinées à la consommation. Mémoire licence. Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi, Benin, (2015).
- [9] Awhangbo, F. Elaboration de filtres en céramique pour le traitement à domicile des eaux destinée à la consommation au Benin. Mémoire de master. Université d'Abomey-Calavi, Benin, (2015).
- [10] Diomé, M. Matière première argileuses du Sénégal : caractéristiques et applications aux produits céramiques de grande diffusion. Thèse de Doctorat. Université Assane seck de Ziguinchor, Sénégal, (2016).
- [11] Bolaji, B.et Akande, O. Development and Performance Evaluation of a Ceramic Filter for Point-of-Use Water Purification. Uem journal, 2 (2013) 301-312.
- [12] Diop, M. Etude d'un système de filtration à sable lente pour l'alimentation en eau de Keur Momar Sarr. Projet de fin d'étude, Ecole polytechnique de Thiès. Sénégal, (1985).

[13] Monbokounou, G. Techniques de traitement de l'eau à domicile: Evaluation de l'efficacité des filtres en céramique. Mémoire de master. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Burkina Faso, (2010).

[14] <http://www.caue60.com/amenagement-paysager/eau-et-amenagements/criteres-de-qualite-de-leau-potable/tableaux-de-criteres/> (critère de qualité de l'eau) mercredi 10 octobre 2018

[15] <http://www.astrosurf.com/luxorion/eau-monde.htm> lundi 24 décembre 2018

[16] www.eau-poitou-charentes.org mercredi 26 décembre 2018

[17] www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-eau-potable-sont-etapes-traitement-eau (les différentes étapes du traitement de l'eau) jeudi 03 janvier 2019

[18] www.anses.fr/fr/content/eaux-et-risques-chimiques (risques lié aux éléments chimiques) mardi 19 février 2019