



Université Assane Seck de Ziguinchor

UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Département de Physique

Mention : Physique et Applications

Mémoire de MASTER

Spécialité : Physique des Matériaux

Sujet :

Traitement des eaux souterraines par filtration sur charbon actif et sable fin.

Présenté et soutenu publiquement par

Youssoupha THIAO

Le 20/03/2024

Devant le Jury :

Nom Prénom	Grade	Qualité	Établissement
THIAME Moustapha	Professeur assimilé	Président de jury	UASZ
SY Mouhamadou	Maître de Conférences Titulaire	Rapporteur	UASZ
NDIAYE Momath	Maître de Conférences Titulaire	Examineur	USSEIN
THIAO Serigne	Maître de Conférences Titulaire	Examineur	UASZ
Gueye Djiby	Ingénieur en agroalimentaire	Maître Stage	SODECA
DIEDHIOU Ansoumane	Maître de Conférences Assimilé	Encadrant	UASZ
KOBOR Diouma	Professeur Titulaire	Superviseur	UASZ

DEDICACES

Je dédie ce travail

À mon cher père : GORGUI THIAO

À ma très chère mère : COUMBASECK

À toute la famille BEYE pour leur accueil et soutien, durant toutes mes années d'études à l'université.

À la mémoire de mon grand-père, que son âme repose en paix.

À la mémoire de ma tutrice MAMAN KHADY MANE, que son âme repose en paix.

À mes frères et sœurs pour leurs encouragements pour tous nos bons moments passés ensemble.

À mes ami(e)s

À Mr DIEDHIOU et Mr GUEYE pour leurs soutiens et leurs disponibilités

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Tout-Puissant de nous avoir donné la force et le courage d'accomplir ce modeste travail.

Mes reconnaissances s'adressent à mon encadreur Dr ANSOUMANE DIEDHIOU qui a dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique. Je remercie l'ensemble des membres du jury : Mr Moustapha THIAME, Mr Mouhamadou SY, Mr Momath NDIAYE, Mr Serigne THIAO, Mr Djiby GUEYE, Mr Ansoumane DIEDHIOU, Mr Diouma KOBOR pour avoir accepté de présider et de faire partie de mon jury malgré leurs multiples occupations. Mes remerciements vont à l'endroit de mon maître de stage, Mr DJIBY GUEYE pour sa disponibilité, ses conseils et son soutien.

Table des matières

DEDICACES	ii
Remerciements.....	iv
Table des matières.....	vi
Liste des figures	x
Liste des tableaux.....	xii
Liste des unités.....	xiv
Liste des abréviations.....	xvi
Résumé.....	xviii
Abstract :	xviii
INTRODUCTION	1
Chapitre 1 : Etude bibliographique	3
I. Généralités	3
1. L'eau :	3
2. Le cycle de l'eau	3
3. Les proportions de l'eau sur terre	4
4. Les types d'eau	4
5. Les épidémies liées à une transmission d'une eau non potable	4
6. Composition chimique	5
7. -Paramètres physiques (organoleptique).....	5
8. Paramètres physicochimiques	6
9. Normes de la qualité physicochimique de l'eau potable au niveau de la SODECA [10] 8	
10. Normes de la qualité microbiologique de l'eau potable de la SODECA	9
II. Etude du procédé de traitement sur charbon actif et sable fin	10
1. Traitement des eaux destinées à la consommation	10
2. La filtration sur charbon actif	10
3. Principe de filtration	12
4. Description de la filtration sur charbon actif	12
5. Fabrication des filtres en charbon actif.....	13
6. Avantages et limites de la filtration sur charbon actif.....	14
III. Filtration sur sable fin	15

1.	Type de filtre	15
2.	Description dispositif de filtration	15
3.	Fabrication des filtres en sable.....	16
IV.	Performances des filtres de sable fin et du charbon actif.....	19
1.	Les paramètres déterminant les performances des filtres de sable	19
2.	Capacité de rétention.....	19
3.	L'encombrement	20
4.	Les paramètres déterminant les performances de filtres de Charbon actif	20
5.	Processus d'adsorption des fluides par les filtres en charbon actif.....	21
6.	Le Mécanisme de filtration pour le sable fin	23
	Conclusion	24
	Chapitre 2 : Matériels et méthodes	25
I.	Présentation de l'usine de la SODECA	25
1.	Historique : Mots clés	26
2.	Les produits de l'entreprise.....	26
3.	Matériaux de l'étude	27
4.	Les analyses physico-chimiques	28
5.	La Turbidité.....	29
6.	Le pH	30
7.	Analyse des chlorures	30
8.	Analyse des nitrates	32
9.	Analyse des nitrites	33
10.	Analyse des Phosphates.....	34
11.	Analyse des sulfates	35
12.	Le Manganèse.....	35
13.	Alcalinité	36
	Titre Alcalimétrique (TA) en °F = nombre de gouttes versées	37
14.	Titre Alcalimétrique Complet : TAC	37
15.	LE TH : Dureté totale	37
16.	Détermination du chlore résiduel	38
17.	Détermination de l'ozone	38
18.	Analyse microbiologique	39
	Chapitre 3 : Résultats et discussions.....	51
I.	Caractéristiques physico-chimiques : Analyse physico-chimique des eaux de procès....	51

1. Le pH	56
2. Conductivité.....	57
3. Température	58
4. Turbidité.....	58
5. Solides Dissous Totaux (TDS) :.....	58
6. Paramètres de pollutions	59
7. Phosphates.....	59
8. Nitrite et Nitrate	59
9. Matières organiques	59
10. Chlore Résiduel	60
II. Analyse microbiologique	60
Conclusion générale.....	63
REFERENCE BIBLIOGRAPHIE.....	65

Liste des figures

<i>Figure 1 : Structure de molécule de l'eau [5].....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2 : Cycle de l'eau [7]</i>	<i>5</i>
<i>Figure 3 : Charbon actif en poudre.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 4 : Charbon actif en grain [14].....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 5 : charbon actif extrudé [14]</i>	<i>13</i>
<i>Figure 6 : Principe de la filtration [15]</i>	<i>13</i>
<i>Figure 7 : Coupe de filtre à sable utilisée [18]</i>	<i>17</i>
<i>Figure 8 Courbe de répartition granulométrie [18]</i>	<i>18</i>
<i>Figure 9 : Représentation schématique des différents types de pores [14]</i>	<i>21</i>
<i>Figure 10 : mécanisme d'adsorption [15]</i>	<i>24</i>
<i>Figure 11 : Les produits de la SODECA.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 12bouteille de prélèvement : Microbiologique et physico- chimique.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 13 : Le conductimètre.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 14 le turbidimètre.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 15 : Le pH-mètre.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 16 : les différents réactifs.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 17 : des tubes de prélèvements.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 18 : spectrophotomètre.....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 19 : Gélose lactosée au Tergitol et au TTC.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 20 : TTC en poudre.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 21 : boîte de pétri contenant Chapman.....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 22 : membrane filtrante.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 23 TTC Chapman.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 24 : PCA (plate count agar)</i>	<i>48</i>
<i>Figure 25 : boîte pétrie contenant le PCA.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 26 : Cetrimide Agar.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 27 : boîte pétri contenant : cetrimide agar.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 28 : aspirateur et réservoir.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 29 : Rampe de filtration trois postes.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 30 : Bec de bunsen.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 31 : étuve à 37°C.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 32 : étuve de 44°C.....</i>	<i>52</i>

<i>Figure 33 : Courbe d'évolution du pH en fonction du temps.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 34 : Courbe d'évolution de la conductivité en fonction du temps.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 35 : Courbe d'évolution de la turbidité en fonction du temps.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 36 : Courbe d'évolution des solides dissous en fonction du temps.....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 37 : Courbe d'évolution du chlore en fonction du temps.....</i>	<i>62</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 Composition de matières minérales.....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 2 : paramètres organoleptiques.....</i>	<i>7</i>
<i>Tableau 3 : Paramètres physico-chimique.....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 4 : paramètres microbiologiques.....</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 5 : Composition de quelques matières lignocellulosiques[14].....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 6 : Propriétés physique des matériaux filtrants [18].....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 7 : composition du sable.....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 8 Classification de Porosité (selon IUPAC).....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau 9 : Classification de la Surface Spécifique [14].....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 10 : paramètres physico-chimiques des eaux de procès 06/09/2023.....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 11 : paramètres physico-chimiques des eaux de procès 13/09/2023.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 12 : paramètres physico-chimiques des eaux de procès 20/09/2023.....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 13 : paramètres physico-chimiques des eaux de procès 27/09/2023.....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 14 : : paramètres microbiologiques des eaux de procès.....</i>	<i>63</i>

Liste des unités

cm² : centimètre carré

km³ : kilomètre cube

l : litre

mg : milligramme

μs : microseconde

nm : nanomètre

ppm : partie par million

NTU : nephelometric turbidity unit

% : pourcentage

UFC : unité de formant colonie

UCV : unité de couleur vraie

°F : degré Fahrenheit

°C : degré Celsius

Liste des abréviations

PVS1 : poliovirus sauvages 1

PVS2 : poliovirus sauvages 2

PVS3 : poliovirus sauvages 3

VHE : virus hépatite E

L'OMS : organisation mondiale de la santé

ASR : bactéries anaérobies sulfite-réductrices

CO₂: dioxyde de Carbone

PVC : polychlorure de vinyle

MES : matières en suspension

SODECA : société d'embouteillage casamançaise

Résumé

Le présent travail porte sur l'étude expérimentale du suivi de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau de la SODECA « CASAMANCAISE », pendant la période de mon stage. Les résultats des analyses physicochimique et microbiologique de notre eau ont montré que ce mode de traitement par filtration sur charbon actif et sable fin peut améliorer la qualité de l'eau. Nous avons enregistré une diminution de la température, de la conductivité électrique, du titre alcalimétrique complet (TAC), du chlorure, du magnésium et du titre de l'eau (TH : dureté totale) et de la turbidité. Ces résultats montrent aussi une légère augmentation du pH au niveau des produits finis. Les analyses bactériologiques telles que les coliformes totaux, les Pseudomonas et E. coli, n'ont montré aucun changement et confirment l'absence des germes dans l'eau traitée et au niveau des produits finis. Au vu des résultats obtenus, nous avons nettement démontré que ce mode de traitement filtration sur charbon actif et sables est non coûteux peut remplacer certaines méthodes de traitements classiques considérées selon plusieurs études comme très coûteux avec une efficacité limitée.

Mots clés : traitement de l'eau, charbon actif, sable fin, conductivité, TDS, pH, composition physico-chimique, composition microbiologique

Abstract :

The present work concerns the experimental study of physicochemical and microbiological water quality monitoring at SODECA "CASAMANCAISE", during the period of my internship. The results of the physicochemical and microbiological analyses of our water showed that this mode of treatment can improve water quality, where we recorded a decrease in temperature, electrical conductivity, total alkalimetric tilte (TAC), chloride, magnesium and water titl (TH : total hardness) and turbidity. These results also show a slight increase in pH in the finished products. Bacteriological analyses, such as total coliforms, Pseudomonas and E. coli, showed no change, confirming the absence of germs in treated water and finished products. In view of the results obtained, we have clearly demonstrated that this inexpensive treatment method can replace certain conventional treatment methods considered by several studies to be very costly and of limited effectiveness.

Key Word : water treatment, activated carbon, fine sand, conductivity, TDS, pH, physicochemical composition, microbiological composition

INTRODUCTION

Dans l'histoire de l'humanité, l'eau a toujours été au centre des préoccupations. Elle occupe une place primordiale dans la vie de l'Homme. D'ailleurs, c'est l'une des raisons pour lesquelles l'humanité pense à une amélioration de son quotidien en termes d'eau. Selon le forum mondial (2022) de l'eau, plus d'un milliard de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable. Il s'y ajoute que près de deux milliards et demi de personnes, soit le tiers de la population mondiale, seront confrontées à une pénurie d'eau d'ici 2025 [1] « *la lutte pour la maîtrise de l'eau est engagée. C'est l'un des plus grands défis avec lesquels les peuples du SAHEL sont confrontés..... Bref nous ambitionnons de mettre en œuvre (au Sénégal) une politique de l'eau suffisamment hardie pour couvrir tout le pays d'un réseau dense d'ouvrages hydraulique* » [2]. Pour l'approvisionnement en eau, les populations se sont réunies aux alentours des cours d'eau en creusant des puits ou des forages, etc. parce que c'est une nécessité pour la vie et aux activités humaines. Cependant, une eau contaminée et peu potable entraîne la transmission de maladies. La question de l'accès à l'eau potable s'interroge sur le plan mondial et aussi bien au niveau des pays pauvres en ressources hydrauliques. Ainsi l'accès en eau et sa qualité sont donc une nécessité. Au Sénégal, dans certaines localités, l'accès à l'eau potable pose problème et plonge les populations dans une situation sanitaire dangereuse. Autrement dit, cela constitue une véritable bombe sanitaire. En effet, la Falémé (Sénégal oriental) est actuellement très polluée par des activités illicites et de dégradation. Ceci affecte la faune, l'avifaune et l'agriculture [3]. Dans la région de Ziguinchor, chaque année pendant l'hivernage, les eaux de surface restent quasiment inexistantes et la population s'approvisionne à travers des eaux souterraines. C'est ce qui explique que la qualité de l'eau distribuée dans certaines zones ne répond pas aux critères de potabilité définis par la norme sénégalaise [4]. Cependant, une eau non potable peut être à l'origine de certaines épidémies. Ainsi, pour répondre aux besoins de la population pour l'approvisionnement d'une eau potable, la SODECA (une entreprise de commercialisation d'eau embouteillée) a mis en place un système de traitement d'eau brute issue de la nappe du continental terminal dont elle exploite. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette présente étude dont l'objectif principal repose sur le traitement des eaux souterraines par charbon actif et sable fin.

De manière plus spécifique, l'étude portera sur des prélèvements d'échantillons d'eau pour :

- Des analyses physico-chimiques de l'eau brute à la sortie sable et à la sortie charbon

- Des analyses microbiologiques respectivement au niveau de l'eau brute, eau sortie sable et eau sortie charbon.

Ce présent document s'articule en trois chapitres :

- D'abord une étude bibliographique sur les procédés de filtration et leurs performances.
- Le second chapitre est présentée les matériels et les méthodes utilisées pour atteindre les objectifs visés.
- Le troisième chapitre présente les résultats et discussions obtenus de la méthodologie.

Chapitre 1 : Etude bibliographique

I. Généralités

1. L'eau :

L'eau est une nécessité pour la vie de tous les jours. Elle est donc nécessaire pour la survie de l'humanité. L'eau est composée de trois (3) atomes : un oxygène et deux hydrogènes sous la formule brute de H_2O . Elle peut prendre différents états à des températures différentes : il se congèle à $0^{\circ}C$, il peut devenir vapeur à $100^{\circ}C$ qui est sa température d'ébullition, mais ces principaux caractérisés sont qu'il est inodore incolore et sans goût [5].

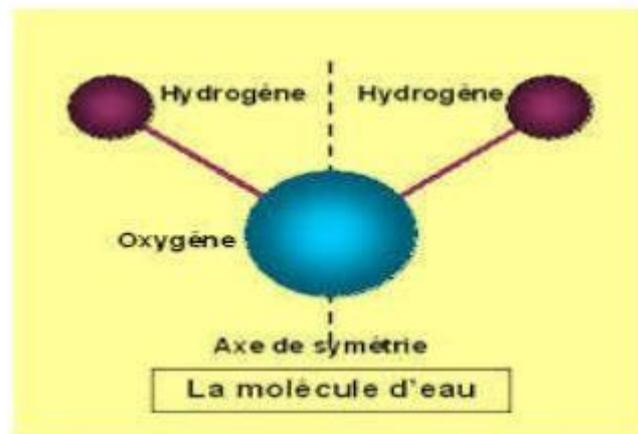


Figure 1 : Structure de la molécule d'eau [5]

2. Le cycle de l'eau

Le « cycle de l'eau » définit de l'ensemble des mécanismes qui concernent les mouvements d'eau et de renouvellement d'eau sur la Terre. C'est le circuit naturel de l'eau dans ses différents états entre les océans, l'atmosphère et les eaux des continents. C'est un cycle sans fin et continu.

Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des mers, des fleuves et des lacs s'évapore et devient de la vapeur d'eau qui forme les nuages. Les nuages sont poussés par le vent. Lorsque 'ils traversent des régions froides, la vapeur d'eau se condense. Elle retombe sur le sol ou s'infiltré dans le sous-sol. Elle vient grossir les fleuves, qui eux-mêmes retournent à la mer et le cycle recommence.

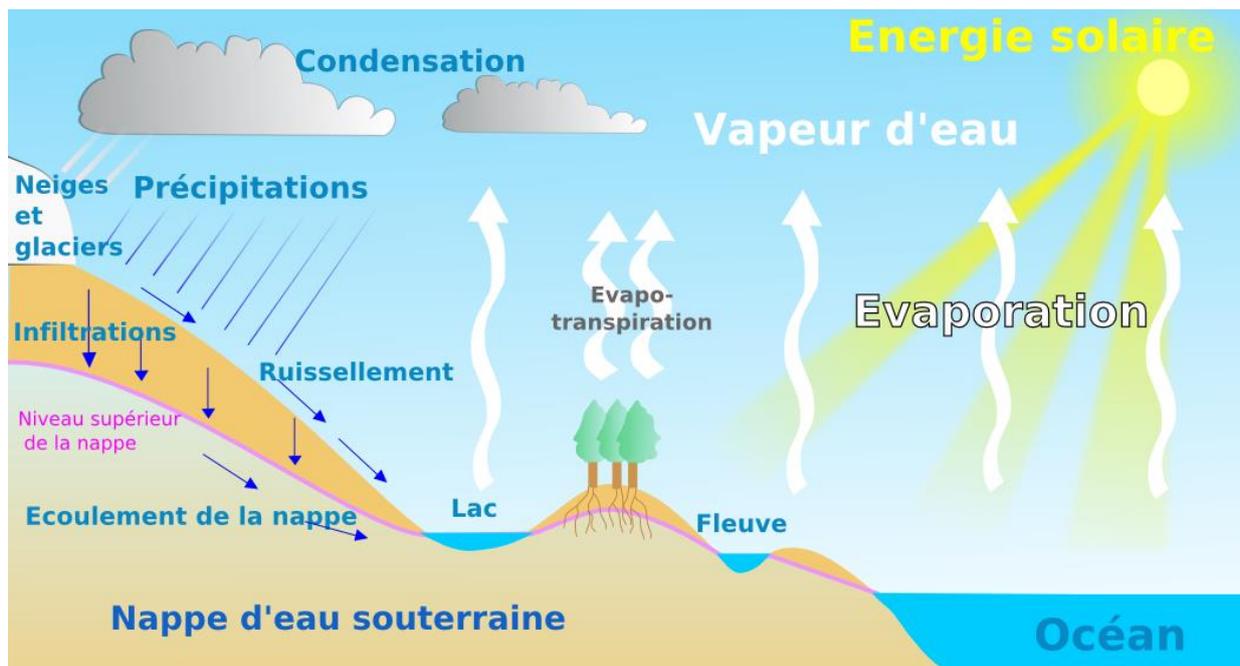


Figure 2 : Cycle de l'eau [6]

3. Les proportions de l'eau sur terre

L'eau occupe 70% de la surface terrestre. Dans les 70%, 97% sont salées (eau de mer) et 3% sont douce.

4. Les types d'eau

Ce sont des eaux destinées à l'approvisionnement de la population comme les eaux de source, les eaux minérales, les eaux de puits, etc.

A l'état brut, elle n'est globalement pas consommable. Elle doit subir une série de traitement tout en respectant les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et les normes internes (normes ECOSTAND au sein de la SODECA).

Jusqu'à présent, les eaux souterraines restent les meilleures ressources en eau potable [7].

5. Les épidémies liées à une transmission d'une eau non potable

Les épidémies liées à une eau non potable provoquent des conséquences importantes dans la santé des populations. Dans ce cas on distingue :

-Maladie à mains sales

Elles sont dues à : l'approvisionnement d'une eau non potable [7]. Les maladies les plus fréquentes sont : Le choléra, la diarrhée, etc.

Pour éviter tous ces risques sanitaires, le traitement de l'eau s'impose. Mais avant, il est nécessaire de savoir sa composition et les paramètres qualifiants la potabilité de l'eau.

6. *Composition chimique*

Elle est constituée de gaz dissous (gaz carbonique, l'azote et méthane) et aussi des matières organiques et minérales.

-les matières minérales : le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^-), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^-), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-).

-les matières organiques : carbohydrates, acides humiques, pigments, etc. ou en suspension (déchets végétaux, planctons ...).

Toute cette composition est due par le lavage des sols par la pluie.

Tableau 1 : Composition de matières minérales et leurs normes au niveau de la SODECA

Paramètres	Unités	Norme
Calcium	mg/L	<250
Magnésium	mg/L	<250
Fer	mg/L	<0,2
Manganèse	mg/L	<0,4
Sulfate	mg/L	<250
Chlorures	mg/L	<250
Fluorures	mg/L	<1,5
Nitrates	mg /L	<50
Nitrites	mg/L	0,5
Phosphates	mg/L	< 2
Chlore résiduel	Ppm	-----
Chlore Totale	Ppm	-----

Les concentrations en calcium et magnésium proviennent de la norme française.

7. *-Paramètres physiques (organoleptique)*

Pour le traitement des eaux, la connaissance des paramètres physiques et leurs normes sont une priorité.

Tableau 2 : paramètres organoleptiques au sein de la SODECA

Paramètres	Valeur guidée par l’OMS
Couleur	15UCV
Gout et odeur	Acceptables
Turbidité	5NTU ,1NTU pour la désinfection
Température	<30C

8. Paramètres physicochimiques

a. Le potentiel d’hydrogène : le pH

La connaissance de ce paramètre est une nécessité si on envisage de traiter de l’eau, car il nous renseigne sur la basicité ou l’acidité de l’eau.

Il peut influencer sur l’efficacité d’un désinfectant comme le chlore lorsque sa valeur dépasse 8.

L’OMS fixe une valeur comprise entre 6,5 et 8,5 [8].

b. La température

L’OMS ne fixe pas de valeur pour la température. Pratiquement la température s’accompagne d’une modification de la densité, d’une réduction de la viscosité, d’une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d’une diminution de la solubilité des gaz.

c. La conductivité

Elle nous a permis d’évaluer l’efficacité de l’eau à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d’apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l’eau et d’en suivre l’évolution.

d. La dureté de l’eau

Elle représente la concentration de calcium et du magnésium dans l’eau.

Une dureté ou titre hydrotimétrique est mesurée à l’aide d’un test. Si sa valeur est supérieure à 200mg/l, elle peut engendrer des modifications mécaniques sur le système d’évacuation et provoquer l’entartrage à travers la formation d’écume [7].

e. Le goût et l'odeur

Il résulte d'une sensation due à l'interaction entre la salive et certaines compositions dissoutes dans l'eau telle que la perçoivent les bourgeons du goût logés dans les papilles gustatives. Lorsqu'on goute de l'eau, les sens du goût et de l'odorat sont simultanément.

f. Les nitrates

Leur concentration dans l'eau est due par le lavage des produits azotés dans le sous-sol ou une oxydation des matières organiques ou des engrais chimiques. Les nitrates proviennent également de l'oxydation de l'ammoniaque.

La concentration approuvée par l'OMS est de 50mg/l en N^{-3} ou 10mg/l en N [7].

g. Les nitrites

Leurs présences dans l'eau sont causées par une réaction d'oxydation non complète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux.

Ils provoquent certaines réactions comme l'asphyxie chez les bébés [9].

h. Les phosphate

Leur concentration dans les eaux naturelles est pratiquement nulle et représente un signe de pollution. Sa valeur est fixée à 240mg pour les bébés et 120mg pour les femmes par L'OMS.

Bien que toxique, les phosphates présents dans l'eau peuvent occasionner des troubles digestifs à cause de leur effet tampon [9].

i. Les sulfates

Leur présence dans l'eau est due aux gypses présents dans le sol. Comme les sulfates ne sont pratiquement pas assimilables, une eau contenant une teneur élevée produira des effets laxatifs chez l'homme.

j. La Turbidité

La turbidité représente la quantité de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc.). Sa connaissance est une nécessité pour pouvoir traiter l'eau [7] car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants comme le chlore.

k. Le chlorure

Il est très répandu dans la nature à travers les sols, roches, etc. et son taux élevé provoque un goût désagréable dans l'eau [7]. Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

9. Normes de la qualité physicochimique de l'eau potable au niveau de la SODECA [10]

Tableau 3 : Paramètres physico-chimique

Paramètres	Unités	Normes
Température	°C	<30°C
PH	----	5,8-7
Conductivité	µs/cm	<200
Turbidité	NFU	<0,20
Résistivité	KΩ/cm	-----
TDS	mg/L	<120
TH	°F	<10°F
TA	°F	0
TAC	°F	<10
Calcium	mg/L	<250
Magnésium	mg/L	<250
Fer	mg/L	<0,2
Manganèse	mg/L	<0,4
Sulfates	mg/L	<250
Chlorures	mg/L	<250
Fluorures	mg/L	<1,5
Nitrates	mg/L	<250
Nitrites	mg/L	0 ,5
Phosphates	mg /L	<2
Chlore résiduel	Ppm	-----
Chlore total	Ppm	-----

a. Composition microbiologie de l'eau

L'eau est composée de germes pathogènes dont la détermination dans l'eau est longue et complexe. C'est pourquoi, l'efficacité microbiologique est évaluée à travers des germes de référence ou témoins de contamination fécale : E. Coli, streptocoques et entérocoques.

b. Les germes totaux ou germes aérobies mésophiles

On les surnomme aussi flore totale ou germes aérobies mésophiles hétérotrophes neutrophiles.

Leur détermination se fait à travers des bactéries revivifiables après 24h à 37,7°C à l'aide des milieux de culture. Leurs fortes concentrations dans l'eau peuvent provoquer un signe de pollution.

c. Les coliformes totaux et fécaux

On les confond souvent avec les coliformes thermotolérants comme les Escherichia coli dans le groupe des coliformes fécaux par un test MACKENZIE (production d'indole à 44°C).

Leurs excès montrent un signe de pollution.

d. La Numération d'Escherichia Coli

C'est un bon signe de contamination fécale. Elle est ajoutée à des germes pathogènes. Un taux élevé de concentration d'E. Coli montre une décomposition d'un aliment.

10. Normes de la qualité microbiologique de l'eau potable de la SODECA

Tableau 4 : paramètres microbiologiques

Paramètres	Méthodes	Critères
Flores revivifiables à 22°C	ISO 6222	<10ufc/1Ml
Flores revivifiables à 37°C	ISO 6222	<10ufc/1mL
E. Coli à 44°C	ISO9308-1	<1ufc/250mL
Coliformes à 37°C	ISO9308-1	<1ufc/250mL
Entérocoques à 37°C	ISO7899-2	<1ufc/100mL
Pseudomonas à 37°C	ISO 16266	<1ufc/100mL
A.S. R	ISO 26461-2	<1ufc/50mL

Tous les paramètres du tableau 4 montrent l'importance de traiter l'eau et de respecter les normes de l'OMS et les normes internes de la SODECA pour éviter certains impacts de l'eau dans la vie humaine.

II. Etude du procédé de traitement sur charbon actif et sable fin

1. Traitement des eaux destinées à la consommation

Depuis des décennies la potabilité de l'eau subit une négligence dans ces interventions pour une réduction des épidémies contagieuses comme : le choléra ; la poliomyélite, etc.

Ceci favorise la prolifération d'épidémies diarrhéiques.

a. Notion de traitement de l'eau de consommation

Le traitement de l'eau par du charbon actif et du sable fin joue un rôle important dans le traitement des eaux. Actuellement, ces techniques de traitement des eaux sont efficaces pour la réduction des maladies liées à la transmission hydrique. Elles améliorent la qualité de l'eau et elles ne sont pas coûteuses ;

b. Les méthodes de traitements de l'eau

Les méthodes de traitement de l'eau sont nombreuses et différentes en fonction de leur efficacité. Cependant, on distingue plusieurs types de traitement de l'eau :

La filtration sur sable, Electrodialyse, osmose inverse, nanofiltration (sélectivité d'origine physique et chimique [11]).

Notre principale étude porte sur la filtration à travers un lit de sable en réduisant la turbidité et les microorganismes [12] et du charbon actif.

2. La filtration sur charbon actif

➤ Type de charbon

Il se présente sous différentes formes variées :

➤ Charbon actif en poudre (CAP)

Le diamètre de ces particules est situé entre 0,10 et 0,50 mm On l'emploie dans le traitement des eaux et du gaz. En premier cas, il est souvent utilisé en combinaison avec un traitement clarificateur en augmentant la durée de contact entre le charbon et l'eau [13].



Figure 3 : Charbon actif en poudre

➤ **Charbon actif granulé (CAG)**

Il se présente sous différentes formes variées et son diamètre est situé entre 0,5-5 mm.

On l'emploie souvent pour la réduction totale des micropolluants et de matières organiques dans l'eau.



Figure 4 : Charbon actif en grain [13]

➤ **Charbon actif extrudé**

Il se présente sous forme cylindrique et leur diamètre est compris entre 0,8 et 5 mm. On l'utilise dans le traitement des gaz. Il est souvent accompagné avec de la poussière et une résistance mécanique élevée.



Figure 5 : charbon actif extrudé [13]

3. Principe de filtration

C'est un principe de division ou de séparation lors du passage d'une composition solide liquide à travers une surface poreuse en retenant les particules solides et laissant passer le liquide. Les différents critères déterminent les caractéristiques d'un filtre :

Le type de milieu poreux utilisé, le mode de fonctionnement hydraulique, etc. (voir Figure6).

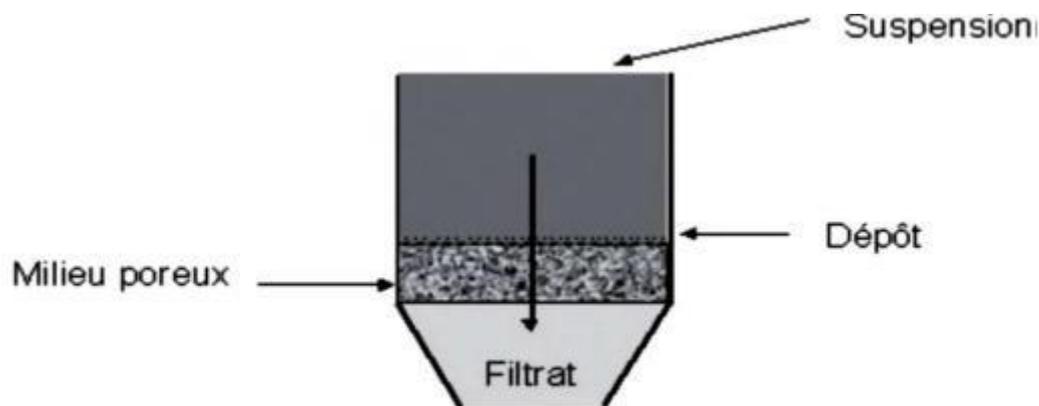


Figure 6 : Principe de la filtration [14]

4. Description de la filtration sur charbon actif

Elle reste l'une des méthodes les plus utilisées du fait que le matériau participant à sa fabrication est disponible dans de nombreuses zones.

Leur description dépend des fonctions qu'elle assure :

- Élimine les couleurs et certains constituants non désirés dans l'eau brute.
- Fixe certaines compositions minérales et métaux toxiques.
- Améliore l'aspect microbiologique.
- Il joue le rôle de catalyseur dans l'élimination du chlore dans l'eau.

5. Fabrication des filtres en charbon actif

a. Les matériaux utilisés

On peut avoir le charbon actif à partir de la calcination des matières organiques contenant une forte teneur de Carbone comme : les coquilles de noix de coco, le bois, les noyaux d'olive, ... (Voir tableau 5)

Tableau 5 : Composition de quelques matières ligno-cellulosiques [13]

Matières ligno-cellulosique	Hémicellulose (%)	Cellulose (%)	Lignine (%)	Référence
Ecorce de noix de Coco	23,70±0,62	0,52±0,01	3,54±0,01	Yang K et al, 2010
Bambou	15-26	26-43	21-31	Liu Q-S et al 2010
Canna à sucre	27-32	32-44	19-24	Rufford TE et al 2010
Coquille de Tournesol	34,6	48,4	17	Li.X et al 2011
Bois	24-40	40-50	25-35	Wang. T et al ,2009

b. Les étapes de la fabrication du charbon actif

Les étapes de fabrication se présentent sous deux phases : phase de carbonisation et phase d'activation et peuvent être rassemblées en une seule étape [15].

i) Phase de carbonisation

C'est de brûler un matériau organique en présence de chaleur et sous atmosphère inerte. Elle a pour objectif la décomposition de la biomasse de différentes parties :

- Un pourcentage de gaz non condensable ; (CO, CO₂ CH₄).

- Un pourcentage de liquides.
- Des charbons composés essentiellement de Carbone.

ii) Activation du char

La phase d'activation se déroule en deux étapes : il s'agit de l'activation physique ou de l'activation chimique [15].

➤ Activation physique

La matière carbonisée est activée à des températures comprises entre (800-1000°C) sous atmosphère oxydante. Les gaz oxydants principalement utilisées sont : le dioxyde de carbone CO_2 , l'air ou la vapeur d'eau, ou un mélange de ces gaz.

➤ Activation chimique

L'activation chimique est une activation en phase liquide, le matériau traité préalablement imprégné dans l'agent activant puis pyrolysés sous atmosphère inerte. Les agents les plus utilisées sont : l'acide phosphorique H_3PO_4 ou l'hydroxyde de potassium KOH.

6. Avantages et limites de la filtration sur charbon actif

a. Les avantages de la filtration sur charbon actif

➤ Avantages du charbon actif :

- Avantage de prix du charbon actif en poudre envers le charbon granulé.
- Un ajout supplémentaire lorsqu'elle est trop chargée.
- Une vitesse d'adsorption importante ou une bonne partie de la surface de contact est disponible.

➤ Inconvénients du charbon actif

- Un non régénération du charbon actif hétérogène.
- Une difficulté lors de l'enlèvement des traces d'impuretés sans ajouter une grande quantité de charbon actif en poudre.
- La recherche des zones de pollution est difficile [16].

III. Filtration sur sable fin

Elle permet la rétention des matières en suspension qui nous viennent lors des étapes précédentes ou lors de la peroxydation. Elle améliore l'aspect microbiologique de l'eau.

1. Type de filtre

On distingue plusieurs types de filtre tel que :

- les filtres lents à sable (utilisés comme une purification dans certaines parties du monde [17]).

-Les filtres à sable rapide : le plus souvent utilisés dans le traitement des eaux,

Les différents types de sable utilisés sont dans le tableau suivant : (voir tableau 6)

Tableau 6: Propriétés physiques des matériaux filtrants [17]

Matériaux	Formes	Densité	Dureté	Porosité (%)	Diamètre effectif (mm)
Sable de Silice	Arrondie	2,6	7	42	0,4-10
Sable de Silice	Non arrondie	2,6	7	44	0,4-10
Quartz	Anguleuse	2,6	7	53	0,4-10
Anthracite	Anguleuse	1,5	3	55	0,4-1,4
Anthracite	Arrondie	1,5	3	50	0,5-1,0

2. Description dispositif de filtration

Elle est formée d'une colonne du sable. La colonne est composée d'un tube de PVC d'une hauteur de 100 cm et de diamètre intérieur est de 9 cm. L'eau s'écoule de façon intermittente dans le réservoir. Il y a écoulement de l'eau filtrée à travers le tuyau d'évacuation. (Voir Figure7)

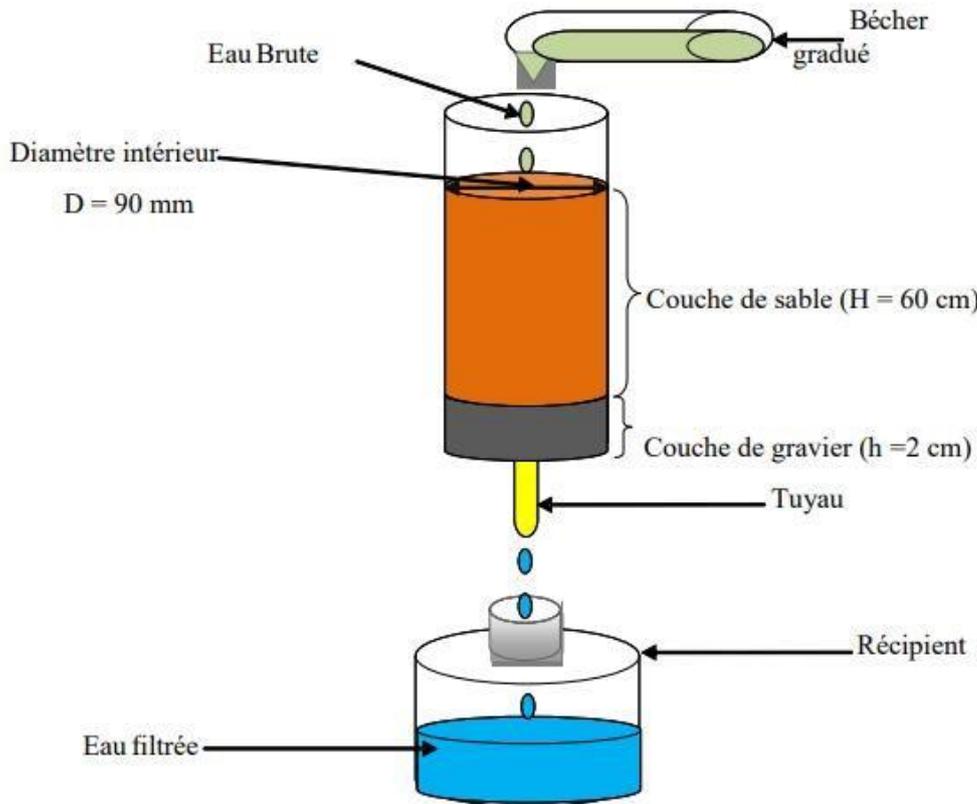


Figure 7 : Schéma du filtre à sable utilisé [17]

3. Fabrication des filtres en sable

Le sable utilisé se trouve au niveau des rivières ou des régions côtières.

Les grains se différencient par leurs formes :

- Formes rondes pour les sables de rivières roulés
- Formes anguleuses pour les matériaux concassés

a. Composition chimique

Le tableau suivant présente quelques proportions en composition chimique des sables.

Tableau 7 : composition du sable

Eléments Chimiques	S_iO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	SO_3
Sable Rivières %	87,00	6,61	0,11	0,07	0,45	1,10	3,51	0,03
Sable de matériaux concassés	97,59	0,37	0,39	0,05	0,17	0,05	0,17	0,50

b. Granulométrie

La granulométrie représente une distribution uniforme des grains de sable. Elle doit se trouver entre (0,7-1,5 mm) (voir figure 8). La granulométrie permet d'avoir une idée de certains paramètres caractérisant le sable destiné au traitement : que sont

- La taille effective (TE) : représente l'ouverture des mailles théoriques qui laisse passer certaines proportions.
- Le coefficient d'uniformité (CU) : évalue le rapport entre différents diamètres (60 ET 10).

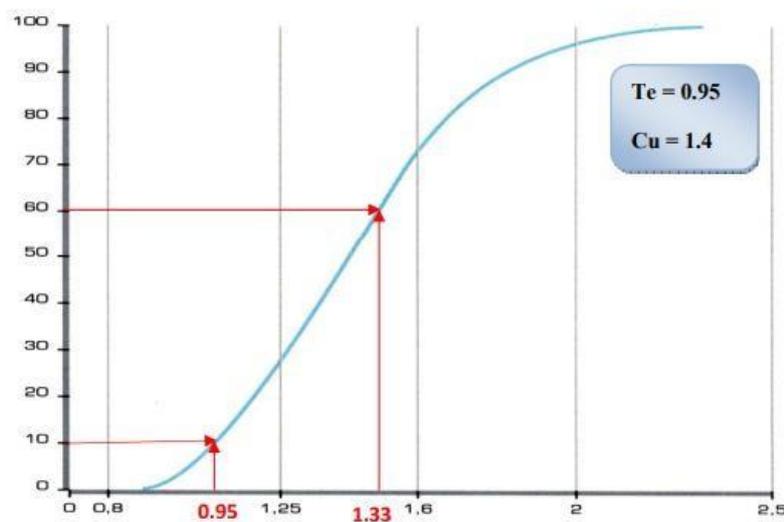


Figure 8 : Courbe de répartition granulométrique (les diamètres des tamis en fonction des diamètres des grains de sables) [17]

c. Choix de la granulométrie d'une couche filtrante

La granulométrie d'une couche filtrante est différente à travers leurs diamètres.

Par exemple :

- 10 ~ 0,9 – 1,35 mm : la plus utilisée en Europe dans la fabrication d'une couche filtrante.
- 10 ~ 3 – 25 mm : employer comme couche de support.

d. La masse volumique apparente

Elle représente le rapport entre la masse du matériau et le volume apparent des grains.

$$\rho_{app} = M_{mat} / V_{app}$$

ρ_{app} : La masse volumique apparente M_{mat} : la masse de matériau V_{app} : le volume apparente.

3.3.6.1 La masse volumique réelle

C'est l'évaluation du rapport entre la masse du matériau et le volume réel des grains.

$$\rho_{réelle} = M_{mat} / V_{réel}$$

e. La Friabilité

Elle permet de faciliter le choix des matériaux utilisés lors de la filtration sans effet secondaire au moment des opérations de régénération du sable. Celui-ci doit être peu friable pour le bon déroulement des opérations de lavage.

L'évaluation de la friabilité se déroule comme suit :

« Introduisant du sable dans le cylindre et des billes en acier, et en faisant tourner à 25tr/mn pour une durée de 15 mn pour un premier volume de l'échantillon, puis une durée de 30 mn pour le second volume, ce qui correspond respectivement à 750 et 1500 impacts [18]. »

$$\text{La perte en \%}(mm) = \left(\frac{100}{90} \right) \times (X - 10)$$

X : étant le % de passant après concassage.

f. Les pertes à l'acide

C'est un facteur important à évaluer pour éviter les pertes au cas où l'eau est trop agressive.

g. Avantages et Inconvénients de la filtration sur sable fin

Avantages du sable fin

- Pas d'élément mécanique ;
- Pas l'ajout de produit chimique ;
- Une régénération périodique ;

- Un rendement meilleur en eau ;

Inconvénients du sable fin

- Utilise de grandes surfaces et une quantité importante de médias filtrant ;
- Des eaux possédant un taux élevé de turbidité peuvent colmater le filtre ;
- Les eaux peuvent charger en matière organique. Elles limitent également l'enlèvement biologique ;

IV. Performances des filtres de sable fin et du charbon actif

1. Les paramètres déterminant les performances des filtres de sable

Ils sont nombreux et doivent respecter certains critères. On distingue :

- La capacité de rétention :

Elle représente la masse des particules retenues par le média filtrant jusqu'à l'obtention de la perte de charge maximale admissible. Sa valeur est donc directement liée au degré de colmatage du filtre. Ces dernières années, de nombreuses études portant sur le choix de la nature et de la structure du média ont été faites dans l'optique d'augmenter la capacité de rétention, car celle-ci joue un rôle majeur sur la durée de filtre.

- L'encombrement :

Dans ce cas, l'encombrement prend une place importante dans la conception des filtres, dont l'objectif est d'avoir la plus grande surface de filtration pour un minimum de volume. Il est donc crucial que le filtre puisse à la fois répondre aux normes, notamment en termes de résistance aux fortes pressions. Le choix des matériaux est donc déterminant afin d'assurer une efficacité optimale et une longue durée de vie du filtre.

2. Capacité de rétention

Elle représente la masse des particules restant au-dessus du média filtrant jusqu'à ce que la perte de charge atteigne sa valeur limite.

3. L'encombrement

Elle est indispensable pour la fabrication des filtres. Son but est d'obtenir une plus grande surface de filtration pour un minimum de volume.

4. Les paramètres déterminant les performances de filtres de Charbon actif

a. La porosité

Le volume poreux et la taille des pores sont répartis dans les tableaux suivant : la classification IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).

Tableau 8 Classification de Porosité (selon IUPAC)

Type de Pores	Rayon(nm)	Volume Poreux (cm^3)
Micropore	<2	0,2-0,6
Mésopore	2-50	0,02-0,1
Macropore	> 50	0,2-0,8



Figure 9 : Représentation schématique des différents types de pores [13]

b. La surface spécifique

Elle représente la superficie des pores. Elles sont classées dans le tableau suivant en fonction des différents types de pores.

Tableau 9 : Classification de la Surface Spécifique [13]

Type de pore	Surface Spécifique ($^2/g$)
Micropore	600-1500
Mésopore	20-70
Macropore	0,5-2

c. La taille des grains

Elle a une influence sur la vitesse d'adsorption (plus le grain est petit, plus le transfert vers le centre est rapide).

d. La dureté

Elle exprime la résistance mécanique du charbon actif en différents mouvements tels que :

-L'abrasion,

-Le Tassement,

-L'attrition et aux vibrations. Elle évalue la robustesse de l'installation.

e. La densité

Elle nous renseigne sur le niveau d'activation du charbon actif. Plus le charbon est activé, plus il est léger. Elle conditionne l'efficacité du traitement.

f. L'indice d'iode

Elle est prise comme une substance de référence et évalue la capacité d'adsorption du charbon actif. Plus l'adsorption de cette substance n'est importante, plus l'efficacité du charbon actif augmente.

g. La teneur en cendre

Elle devra être la plus faible possible, car elle peut perturber la mise en place du charbon actif [13].

5. Processus d'adsorption des fluides par les filtres en charbon actif

L'adsorption est un mouvement d'interface entre un solide et un gaz ou un liquide. En ce qui concerne notre travail, l'interaction c'est entre liquide et solide. On distingue deux types d'adsorption.

a. Adsorption physique

Elle est souvent réversible et non spécifique et peut être multicouche. Les forces impliquées sont des forces d'attraction de type VAN DER WALLS [14].

b. Adsorption chimique

C'est la formation de véritables liaisons chimiques par le transfert électronique entre les molécules de l'interface des deux phases. Elle est réversible à haute température.

c. Description du mécanisme d'adsorption

Elle se présente sous différentes étapes :(voir figure10)

1-Première étape : le déplacement des molécules de solutés entre les deux phases (liquide externe et liquide liée à la particule des solides).

2- Deuxième étape (la diffusion interne) : l'évacuation du soluté entre (le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant).

3- Troisième étape propagation de l'adsorbat au sein de la particule.

4- Quatrième étape : l'adsorption au sein du micropore [14]

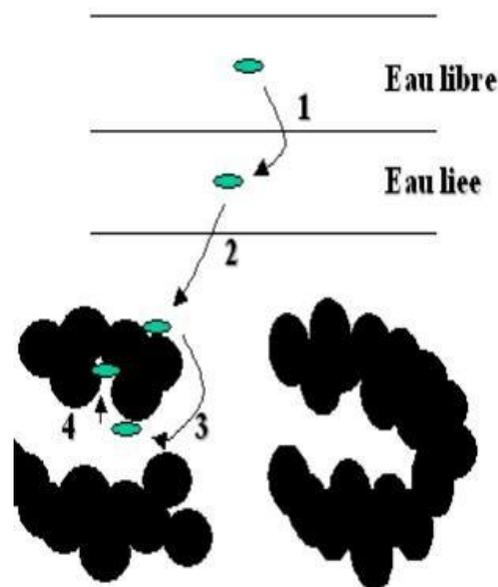


Figure 10 : mécanisme d'adsorption [14]

d. Facteurs influençant sur l'adsorption

Les facteurs influençant dans l'adsorption sont :

➤ *La Température*

Elle augmente pour l'adsorption chimique et diminue pour l'adsorption physique.

➤ *Le pH*

Il peut influencer les deux structures : l'adsorbat et l'adsorbant. Elle dépend de la source des eaux à traiter et le processus du système de traitement.

➤ ***La Masse de l'adsorbant***

Plus la masse de l'adsorbant est important le choix du rapport liquide-solide est optimal. Donc la capacité d'adsorption doit être plus grande que la masse de l'absorbant.

➤ ***La Solubilité de l'adsorbat***

La solubilité d'un adsorbat est essentielle lors de son adsorption. Elle varie en sens inverse avec l'adsorption.

➤ ***La Masse moléculaire de l'adsorbat***

La vitesse des particules de faible masse moléculaire est plus importante que celles des masses moléculaires élevées. Donc, leur chance d'être adsorbées est plus grande.

6. Le Mécanisme de filtration pour le sable fin

L'immobilisation des particules que transporte l'eau à filtrer peut se dérouler sous différentes formes causées par la taille de ces saletés, de leur fragilité, et de leur nature chimique [19].

Le mécanisme comprend trois parties :

a. Le Mécanisme de capture

Les mécanismes de capture sont composés de deux types :

➤ **Tamissage mécanique :**

Il s'agit de freiner les grosses particules que la maille. Son importance est limitée pour les filtres grossiers.

➤ **Dépôt sur le matériau filtrant**

La ligne de courant aide les particules en suspension à se déplacer dans le liquide ; sa taille, comparée contre celle des pores. Elle permet de traverser le matériau filtrant sans être freiné. On distingue :

- Capture directe par frottement ;

- Dispersion en tous sens par mouvement brownien ; - L'inertie de la particule.

b. Le Mécanisme de fixation

La faible vitesse d'écoulement favorise la fixation des particules à la surface du matériau filtrant. Elle est due à des forces d'adsorption, principalement celles de forces de Van der Waals [19].

c. Le Mécanisme de détachement

Le détachement est provoqué par la vitesse lors du lavage. La vitesse des plus grosses particules diminue à cause de l'accumulation de MES et le passage de l'eau se réduit : c'est le colmatage.

On peut dire qu'à partir de la nappe et grâce aux procédés de traitement, il est possible d'obtenir toute une gamme d'eaux de qualités différentes. A chacune de ces qualités peut correspondre un usage particulier.

Conclusion

Les eaux souterraines sont plus utilisées pour le traitement des eaux en raison de la rareté, de l'indisponibilité et de la pollution bactériologique des eaux de surface. Ce chapitre décrit les résultats bibliographiques importants de l'évaluation physicochimique et microbiologique des échantillons d'eau souterraine. Les différents paramètres déterminés sont le pH, le TDS, la conductivité, des composants chimiques de l'eau. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les méthodes et matériels.

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

Ce chapitre concerne la présentation des dispositifs expérimentaux utilisée pour la réalisation de cette étude.

I. Présentation de l'usine de la SODECA

La SODECA (société d'embouteillage casamançaise) qui produit depuis 2016 l'eau commercialisée sous la marque la « *casamançaise* » est basée à Boucotte, village situé dans la Commune de Diembéring, proche de Cap-Skiring. Dès ses débuts, la société, tout en ayant une vocation et une empreinte nationale, a affiché son ambition d'être proche de la Casamance et des casamançais, d'où le choix de s'établir dans la région d'abord, ensuite de procéder au choix du nom pour le premier produit à être commercialisé sur le marché.

Les dirigeants de la SODECA se sont donnés pour mission de prouver qu'il est possible de développer une grande entreprise en Casamance, de montrer que les sénégalais peuvent exploiter les ressources du pays de façon durable. La SODECA est à ce jour la seule industrie du sud du pays à avoir une dimension nationale. Elle est intégrée dans le tissu socioéconomique local et emploie en priorité des habitants des villages environnants. Son existence et son développement sont la preuve que la paix est revenue en Casamance.

Située au milieu d'un environnement favorable au travail relatif à l'exploitation de l'eau, elle possède une ressource naturelle d'eau confortable. Comme tous les produits de la Casamance, réputés pour ses matières premières de qualité, son eau bénéficie également de ce label (Qualité). D'ailleurs, c'est ce qui justifie le choix de la marque (casamançaise) ; preuve de son attachement indéfectible à la communauté. La SODECA a officiellement dévoilé ses produits le jeudi 30 juillet 2016 à Ziguinchor. Elle a choisi la finale de la coupe du Sénégal de Football, dont le club local, le Casa-Sport, était l'un des protagonistes pour démarrer la commercialisation. Ce sont dix jeunes étudiants de l'ISM de Ziguinchor qui ont participé à cette campagne de lancement dans le cadre d'un stage bien encadré.

La SODECA est depuis lors le premier sponsor officiel du Casa Sport. Elle a ensuite développé de solides partenariats sportifs au niveau national avec la fédération sénégalaise de basket-ball, le club Génération foot et seed projet, par exemple. Sans publicité, elle s'est investie régulièrement auprès des différentes communautés. La casamançaise nourrit l'ambition de proposer à toutes les sénégalaises et à tous les sénégalais une eau de grande qualité à un prix accessible. Ajouter à cela que la SODECA est dans une dynamique de consolider son activité

localement et d'en faire bénéficier autant que possible les habitants des villages environnants. Cette approche explique la volonté d'installer la direction à Boucotte, village dans la commune de Diembéring et non à Dakar malgré les difficultés liées au choix du site. Ceci peut et doit inciter d'autres investisseurs à s'intéresser à la Casamance et à son potentiel. En termes d'emplois, l'entreprise compte aujourd'hui plus de 300 employés (180 permanents et 120 non permanents) dont 70 % sont originaires des quatre villages environnants : Cap-Skiring, Boucotte village, Cabrousse, Diembéring. Ce sont autant de familles qui bénéficient de l'activité de l'entreprise.

1. Historique : Mots clés

Voici quelques historiques de la SODECA au niveau personnel et au niveau des performances

- Plus de 300 emplois ont été créés par la SODECA dont la plus grande majorité est originaire des quatre villages environnants : Cap-Skiring, Boucotte, Cabrousse, Diembéring ;
- 2eme marque d'eau minérale naturelle en bouteille du Sénégal après seulement quatre années d'existence commerciale ;
- L'eau minérale casamançaise est distribuée partout au Sénégal à l'exception du nord (Saint-Louis et Matam) et particulièrement dans les grandes villes de la basse Casamance : Ziguinchor, Bignona, Kolda, Sédhiou, Cap-Skiring.
- 28 juillet 2016 : début de l'activité commerciale de la SODECA à Ziguinchor.
- 2018 : la casamançaise devient la deuxième marque d'eau minérale naturelle en bouteille au Sénégal.
- 12 juin 2019 : prix de l'impact sociétal à la 7e édition de Hub Africa 2019 à Casablanca.
- Février 2020 : Prix de l'action sociétale innovante au Africa business & social Responsabilité Awards à Marrakech.

2. Les produits de l'entreprise

La SODECA ne produit à ce jour que de l'eau minérale naturelle qui est issue des différents domaines que sont : le procès, la production, la mise en bouteille et la vente.

La casamançaise est présente sous différents formats à savoir : (voir Figure 11)



Figure 11 : les produits de la SODECA

3. Matériaux de l'étude

Toutes les analyses réalisées dans cette étude ont été faites au sein du laboratoire de la SODECA ;

a. Echantillons utilisés

Les échantillons utilisés pour réaliser cette étude ont été prélevés dans différents services notamment au niveau de la salle de procès (eau brute, eau-charbon etc.) et au niveau de la production (produit fini).

b. Les analyses de l'eau

L'analyse de l'eau consiste en un ensemble d'opérations successives physico-chimiques et microbiologie. Mais avant de développer ces types d'analyses, il faut tout d'abord commencer par l'opération critique dans l'analyse de l'eau : c'est l'échantillonnage et le prélèvement d'échantillons de l'eau dont l'importance n'est pas toujours bien perçue par l'opérateur.

c. Echantillonnages et prélèvements

L'échantillonnage et le prélèvement jouent un rôle important dans les résultats d'analyse au sein du laboratoire de l'entreprise.

Pour cette opération, il suffit d'avoir :

Pour le prélèvement de l'eau contenant de l'ozone :

Nous avons besoin deux tubes de prélèvements (20mL) : l'un pour prendre l'eau sans réactif d'ozone et l'autre pour prendre l'eau avec le réactif DPD4 (Diméthyles Paraphénylène Diamine).

Nous rinçons deux voire trois fois les tubes de prélèvement avant de prélever au niveau du générateur d'ozone et lire la valeur affichée au niveau du compteur de l'ozone.

Nous utilisons des bouteilles de différents volumes (produits finis) au niveau de la production, des bouteilles de prélèvements de 300ml pour les eaux de procès et les eaux de forage (chaque semaine pour les eaux de procès et chaque deux semaines pour les eaux de forage) et disposer des gants et de l'alcool pour stérilisation



Figure 12 : bouteille de prélèvement : Microbiologique et physico- chimique

4. Les analyses physico-chimiques

Elles s'appliquent à toutes les eaux de la SODECA.

a. Conductivité :

Elle nous a permis d'évaluer l'efficacité de l'eau à conduire le courant électrique et aussi une aperçue sur la salinité et la minéralisation de l'eau. Elle a pour unité : le Siemens par mètre [18].

b. Principe

L'objectif est d'évaluer la conductivité de l'eau à l'aide de deux électrodes (platine) qu'on va plonger dans la solution à analyser.

c. Matériel :

Le Conductimètre : c'est un appareil utilisé pour évaluer la conductivité dans l'eau.

d. Mode opératoire

Nous rinçons plusieurs fois la cellule de la conductivité avec de l'eau distillée puis plonger l'électrode complètement dans le bécher contenant l'eau à analyser puis noter la valeur finale affichée dans le conductimètre.

L'unité de la valeur est $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 13: Le conductimètre

5. La Turbidité

La turbidité traduit les matières de suspension et permet d'apprécier l'absorption de la lumière par les particules [17].

a. Mode opératoire

Nous mettons l'appareil sous tension et ensuite rincer plusieurs fois la cuve puis le remplir avec de l'eau à analyser.

Nous le mettons dans l'appareil en appuyant deux fois pour lire la valeur affichée.



Figure 14 :le turbidimètre

6. Le pH

Le pH d'eau permet d'apprécier la basicité et l'acidité de l'eau.

Si sa valeur est supérieure à 8, il peut affecter le rôle du chlore dans l'eau.

a. Mode opératoire

Nous mettons sous tension le pH-mètre et ainsi rincer avec de l'eau distillée les électrodes ; puis émerger les électrodes dans le bécher contenant de l'eau à analyser et on observe la valeur affichée par le pH-mètre.



Figure 15 : Le pH-mètre

7. Analyse des chlorures

Le chlorure (Cl^-) est un ion négatif du chlorure (Cl). Cet élément est très concentré dans l'environnement. Il est présent dans l'eau, le sol, les roches, ainsi que dans de nombreux aliments.

b. Matériel

Cuve de 10mm

Pipette graduée de 10ml

Poire à pipeter

Erlenmeyer 25ml

Spectrophotomètre UVILINE 9300



Figure 16: les différents réactifs

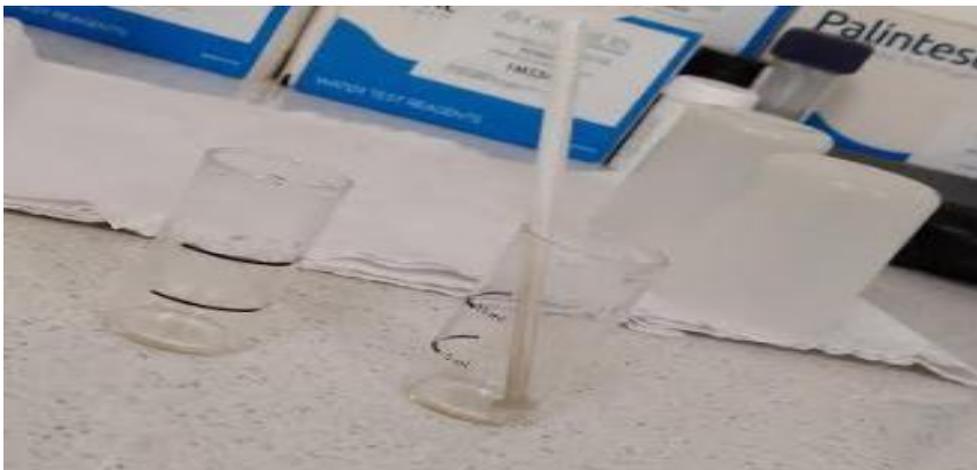


Figure 17 : des tubes de prélèvement



Figure 18: spectrophotomètre

c. Mode opératoire

i) Préparation de l'échantillon

Nous prélevons 10ml d'eau à analyser et les introduire dans l'erenmeyer puis ajouter 16 gouttes de réactif chlorure 1 ensuite homogénéiser et ajouter 16 gouttes de Réactif 2 puis homogénéiser.

Nous attendons 3minutes, en retournant la cuve pour que le mélange soit homogène.

ii) Mesure de l'échantillon

Dans le mode Concentration nous sélectionnons l'analyse (131Cl^-) puis remplir une cuve avec de l'eau à analyser sans réactif et la placer dans l'appareil puis appuyer sur la touche Zéro puis enlever la cuve et mettre l'échantillon à analyser et appuyer sur START.

8. Analyse des nitrates

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou d'engrais de synthèse ou naturels.

a. Réactif et Matériel

Poudre Nitratetest

Pastille Nitratetest

Eau Déminéraliser

Cuve de 10mm

Pipette graduée

Erlenmeyer 50ml et 25ml

Agitateur plastique

Spectrophotomètre UVILINE 9300

b. Mode opératoire

Nous nettoyons proprement avec du détergent et de l'eau distillée les cuves de prélèvement.

Nous effectuons une dilution au vingtième de l'eau à analyser puis prélever 20ml et les introduire dans l'erlenmeyer et mettre une cuillère de poudre Nitratest et une pastille Nitratest et ne pas écraser la pastille puis fermer et agiter pendant 1 minute.

Attendre 1 minute puis retourner quatre fois pour permettre la floculation. Attendre jusqu'à l'obtention d'une solution claire (2 minutes environ) et prélever 10ml de cette solution claire en y ajoutant une pastille nitricol l'écraser et mélanger jusqu'à dissolution totale.

Puis remplir la cuve et attendre 10mn pour effectuer la mesure.

9. Analyse des nitrites

Ils sont abondants dans la nature. Les nitrates proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques.

a. Matériel

Cuve 10mm

Pipette graduée

Poire à pipeter

Erlenmeyer 25ml

Agitateur plastique

Spectrophotomètre UVILINE 9300

b. Mode opératoire

iii) Préparation de l'échantillon

Nous prélevons 10ml d'eau à analyser et les introduire dans l'erenmeyer puis ajouter 1pillule nitricol l'écraser puis agiter jusqu'à totale dissolution et remplir une Cuve et attendre 10mn pour effectuer la mesure.

iv) Mesure de l'échantillon

Dans le mode concentration nous sélectionnons l'analyse (311).

Nous remplissons une cuve avec de l'eau à analyser sans réactif (cuve à blanc) et la placer dans l'appareil et appuyer sur la touche Zéro ensuite retirer la cuve et placer la cuve échantillon à analyser et appuyer sur START.

10. Analyse des Phosphates

Les eaux naturelles n'en contiennent pratiquement pas. Elles proviennent des pollutions.

-Fécales 1 à 2g /personne /jour

a. Matériel

Pilules Phosphates 1

Pilules Phosphates 2

Cuve de 10mm

Pipette gradué 1/10 10ml

Poire à pipeter

Erlenmeyer 25ml -Agitateur
plastique

b. Préparation de l'échantillon

Nous prélevons 10ml d'eau à analyser et les introduire dans l'erenmeyer et ajouter 1 pilule Phosphate 1 et après, 1 pilule phosphate 2 et l'écraser jusqu'à dissolution totale ensuite remplir la Cuve et attendre une minute et effectuer la mesure.

c. Mesure de l'échantillon

Nous remplissons la cuve avec de l'eau à analyser sans réactif (cuve à blanc) et la placer dans l'appareil puis appuyer sur la touche Zéro et retirer la cuve et placer la cuve d'échantillon à analyser.

Appuyer sur START pour effectuer la mesure.

11. Analyse des sulfates

Ils proviennent principalement des gypses présents dans le sol.

a. Matériel

Réactif Sulfates 1

Réactif Sulfate 2

Tube

Pipette graduée 1/10 10ml

Poire à pipeter

b. Préparation de l'échantillon

Nous prélevons 10ml d'eau à l'aide d'un tube et ensuite ajouter 5gouttes de réactif 1, fermer le tube et agiter pour une durée 15secondes puis ajouter 10gouttes de réactif 2, fermer le tube et agiter pour un temps de 15secondes.

Patienter 10 minutes et effectuer la mesure

c. Mesure de l'échantillon

Dans le mode Concentration nous sélectionnons l'analyse (430) puis remplir le tube avec de l'eau à analyser sans réactif et l'insérer dans le porte-tube et appuyer sur la touche ZERO.

Retirer le tube et placer le tube d'échantillon à analyser puis appuyer sur START.

12. Le Manganèse

a. Principe

Il consiste à faire traverser un faisceau de lumière dans la cuve contenant l'échantillon à analyser en présence des réactifs pour la recherche suivante.

b. Matériel

Pilule Manganèse HR1

Pilule manganèse HR2

Cuve 10mm

Pipette graduée

Poire à pipeter

Erlenmeyer 25ml

Agitateur plastique

Eau distillée

Spectrophotomètre UVILINE 9300

c. Mode opératoire

Nous prélevons 10ml d'eau à analyser et les introduire dans l'erenmeyer et ajouter 1 pilule manganèse HR1. L'écraser jusqu'à dissolution totale (45s) puis ajouter 1pilule manganèse HR2, bien l'écraser et mélanger afin de bien dissoudre (45s).

Nous remplissons la cuve puis attendre 5minutes pour effectuer la mesure.

d. Mesure de L'échantillon

Dans le mode des concentrations nous sélectionnons l'analyse (251) et remplir la cuve avec l'eau à analyser sans réactif et la placer dans l'appareil puis appuyer sur la touche ZERO ensuite retirer la cuve et placer la cuve échantillon à analyser puis appuyer sur START pour effectuer la mesure.

13. Alcalinité

a. Principe

L'alcalinité est composée de : ions hydroxydes (OH^-) ; carbonates (CO_3^{2-}) et hydrogénocarbonate (HCO_3^-).

b. Définition

Le titre alcalimétrique ou TA est la teneur de l'eau en hydroxyde, et en carbonate entièrement transformé en bicarbonate à $\text{pH} > 8,3$ [20].

$$TA = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] / 2$$

Les relations mises en jeu



c. Mesure titre Alcalimétrique (TA)

Nous versons de l'eau à analyser dans le tube gradué jusqu'au repère 10ml et ajouter 2gouttes d'indicateur de TA puis agiter. La couleur obtenue est rose violacée en présence d'alcalinité.

Nous ajoutons, goutte à goutte LA LIQUEUR ALCALIMETRIQUE (TACT) jusqu'au virage du rose violacé à l'incolore.

Titre Alcalimétrique (TA) en °F = nombre de gouttes versées

14. Titre Alcalimétrique Complet : TAC

Le titre alcalimétrique complet représente la teneur de l'eau en hydroxyde (OH⁻), en carbonates (CO₃²⁻) et hydrogénocarbonate (HCO₃⁻).

$$TAC \text{ (még/L)} = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$$

Les relations mises en jeu



a. Mode Opératoire

Nous versons de l'eau à analyser dans le tube graduée jusqu' au repère 10ml et ajouter 2 gouttes de réactif TAC et agiter. S'il est bleu il y'a présence d'alcalinité.

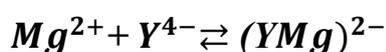
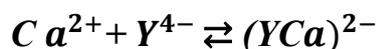
Nous ajoutons, goutte à goutte la LIQUEUR ALCALIMETRIQUE(TACT) jusqu'au virage du bleu vert à la rose pale.

TITRE ALACALIMETRIQUE (TAC) en °F = NOMBRE DE GOUTTES VERSEES

15.LE TH : Dureté totale

La dureté totale de l'eau (TH) évalue la quantité de calcium et magnésium présent dans l'eau.

Les réactions mises en jeu sont :



b. Mode opératoire

Nous rinçons le tube plusieurs fois puis remplir avec l'eau à analyser jusqu'au trait 20ml.

Nous ajoutons aussi le réactif THOR /RD 1908 goutte à goutte en agitant jusqu'à obtenir un changement de couleur du rouge vineux au bleu franc en passant par le violet.

DURETE TH : 1GOUTTE =1°F

16.Détermination du chlore résiduel

Le chlore résiduel est déterminé au niveau du procès (eau brute et eau-charbon). Il correspond à la quantité du chlore qui demeure en solution après chloration et peut être présent sous forme de chlore libre ou combiné ou les deux à la fois.



Pour déterminer la présence ou pas du chlore résiduel, on fait le test de diéthyl paraphénylène diamine (DPD).

Mode opératoire

Nous remplissons 10ml de l'eau à analyser dans le tube à essai, puis ajouter de la DPD1 puis on écrase jusqu'à dissolution totale et attendre 2mn pour effectuer la mesure.

17.Détermination de l'ozone

L'ozone est déterminé au niveau des produits finis et des systèmes (générateur d'ozone)

a. Préparation de l'échantillon

Nous prélevons 20 ml d'eau à analyser à l'aide des tubes et ajouter 1 pilule DPD4 puis agiter jusqu'à dissolution totale et remplir la cuve

Nous attendons 2 minutes pour effectuer la mesure.

b. Matériel

Cuve de 10mm

Pipette graduée 1/10 20ml

Erlenmeyer 50ml

Agitateur plastique

c. Mesure de l'échantillon

Dans le mode Concentration nous sélectionnons l'analyse (332) et remplir la cuve avec de l'eau à l'analyser sans réactif (cuve à blanc) et la placer dans l'appareil puis appuyer sur la touche ZERO ensuite retirer la cuve et placer la cuve échantillon à analyser et appuyer sur START pour effectuer la mesure.

18. Analyse microbiologique

Pour l'analyse microbiologique à la SODECA, on procède par la filtration membranaire pour mettre en évidence les paramètres microbiologiques recherchés qui sont : les coliformes totaux, les Escherichia Colis, les micro-organismes revivifiables, les pseudomonas en utilisant des milieux de culture tels que : la gélose lactosée au Tergitol 7 et au TTC, Chapman TTC, le PCA (Plate Count Agar), la gélose au cetrimide.

a. Définition de milieu de culture

Il est composé de nutriments permettant le développement et la multiplication de celle-ci. Ainsi, cette multiplication va entraîner la formation de colonies caractéristiques avec une coloration spécifique à cause de l'indicateur présent dans le milieu facilitant ainsi le comptage des bactéries.

b. Procédure de recherche des coliformes Totaux

i) Objectif

Ce protocole a pour objectif le dénombrement des coliformes qui peuvent être des bactéries d'origine fécales ou environnementales. Les coliformes sont des bacilles gram (-), lactose (+) avec formation de gaz et d'acide, aéro-anérobies facultatives, non sporulées.

ii) *Domaine d'application*

Pour le dénombrement des coliformes et des coliformes thermos tolérants dans les eaux potables, les eaux de baignade et les eaux de surface par la méthode des membranes filtrantes, on utilise la gélose lactosée au Tergitol et au TTC.



Figure 19: Gélose lactosée au Tergitol et au TTC

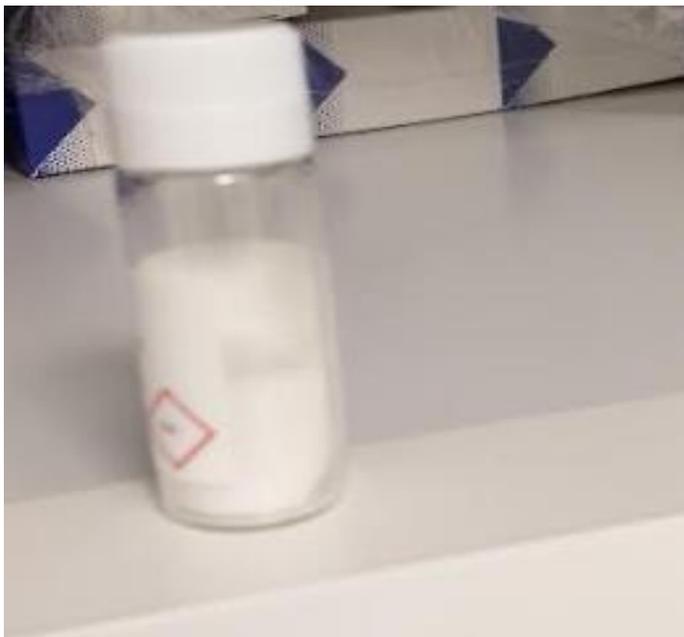


Figure 20: TTC en poudre



Figure 21 : boîte de pétri contenant du Chapman

iii) Matériel

Rampe (trois postes)

Milieu de culture prêt à l'emploi

Etuve à 37°C

Bec Bunsen - Alcool à 90° et 70°

Pince

Membrane de 0.45µm de diamètre de porosité

iv) Mode opératoire

Nous plaçons de manière stérile la membrane de 0.45µm de diamètre de porosité et verser d'une manière stérile un volume de 100mL de l'échantillon à analyser puis allumer la pompe pour commencer la microfiltration et mettre de manière stérile la membrane en contact direct avec le milieu puis l'incuber dans une étuve à 37°C une journée (24heures).

v) Lecture

Garder les boites ayant une colonie présente en dessous de la membrane, car l'interprétation est une interprétation à deux classes (Présence ou absence). Boite à 37°C

Les colonies de couleurs : jaune présence de coliformes, nettement orangées : Escherichia coli
jaune paille : Klebsiella

c. Procédure de Recherche des Escherichia Coli

i) Domaine d'application

Le milieu de culture Chapman TTC permet de quantifier les coliformes et des coliformes thermos tolérants dans les eaux potables, les eaux de baignade et les eaux de surface par la méthode des membranes filtrantes.

ii) Matériel

Rampe de filtration à trois postes

Milieu de culture Chapman TTC prêt à l'emploi

Etuve à 44°C

Bec Bunsen

Alcool à 90° et 70°

Pince

Membrane de 0.45µm de diamètre de porosité



Figure 22 : membrane filtrante



Figure 23 : TTC Chapman

iii) Mode opératoire

Nous plaçons de manière stérile la membrane de $0.45\mu\text{m}$ de diamètre de porosité et verser d'une manière stérile un volume de 250mL de l'échantillon à analyser.

Nous allumons la pompe pour commencer la microfiltration et mettre de manière stérile la membrane en contact direct avec le milieu et l'incuber dans l'étuve à 44°C pendant 24 heures.

iv) **Lecture**

Retenir les boîtes ayant une colonie présente en dessous de la membrane, car l'interprétation est une interprétation à deux classes (présence ou absence). Boîte à 44°C

Les colonies de couleurs jaunes présence de coliformes, nettement orangées alors *Escherichia Coli*, jaune paille alors *Klebsiella*.

d. Procédure de Recherche des micro-organismes revivifiables

i) **Objectif**

Le but de ce protocole est de décrire la méthodologie, de dénombrer les microorganismes revivifiables présents dans les eaux. Cette procédure est pratique pour les germes ne présentant pas d'exigence particulière.

ii) **Domaine d'application**

Pour le dénombrement des microorganismes revivifiables, on utilise le PCA (Plate Count Agar).

iii) **Matériel**

Pipettes de 1mL

Boîte de pétri Diamètre 90mm

PCA liquide

Étuve à 37°C

Bec Bunsen

Alcool à 70

ii) Domaine d'application

La gélose au cetrimide est un milieu sélectif pour la recherche des pseudomonas souches psychotropes aeruginosa ; P. aeruginosa rencontré dans divers types d'eau milieu sélectif inhibant le développement de certains germes.

iii) Matériel

Rampe de filtration à trois postes

Milieu de culture Cetrimide Agar prêt à l'emploi

Etuve à 37°C

Bec Bunsen

Alcool à 90° et 70°

Pince

Membrane de 0.45µm de diamètre de porosité



Figure 26 : Cetrimide Agar



Figure 27: boîte pétrie contenant : cetrimide agar

f. Technique de filtration sur membrane

i) L'objectif

L'objectif de ce protocole est de décrire la technique de microfiltration sur membrane de $0.45\mu\text{m}$ de diamètre de porosité permettant de retenir toute la matière en suspension ; et toutes les bactéries à la surface de la membrane.

ii) Matériel

Rampe de filtration à trois postes

Etuves à 22°C , à 37°C et à 44°C

Bec Bunsen

Alcool à 90° et 70°

Membrane de $0.45\mu\text{m}$ de diamètre de porosité.

Pince

iii) Mode opératoire

Nous préparons le dispositif de filtration et flamber la plaque poreuse et installer le réservoir et attendre le refroidissement.

Nous prenons une membrane de $0.45\mu\text{m}$ de porosité de son sachet stérile et la disposer sur la plaque poreuse cette opération se déroule avec une pince flambée et en présence d'une flamme.

Nous ouvrons le couvercle et verser 100ml ou 250 ml de l'échantillon à analyser en présence d'une flamme puis ouvrir le robinet et allumer la pompe à vide.

Après la filtration, prendre la membrane et la mettre en contact direct avec le milieu sélectif de la bactérie dont on fait la recherche et mettre les boîtes dans les étuves à 37°C et 44°C pendant 24heures.

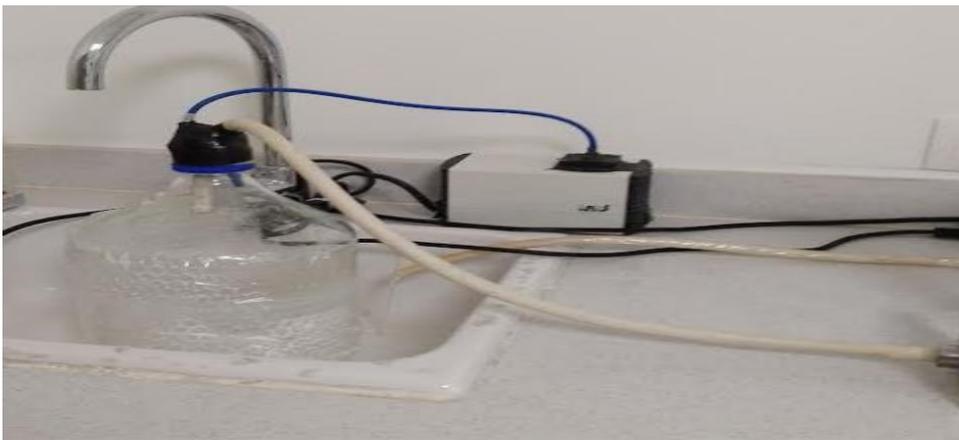


Figure 28: aspirateur et réservoir



Figure 29: Rampe de filtration trois postes



Figure 30: Bec de bunsen



Figure 31: étuve à 37°C

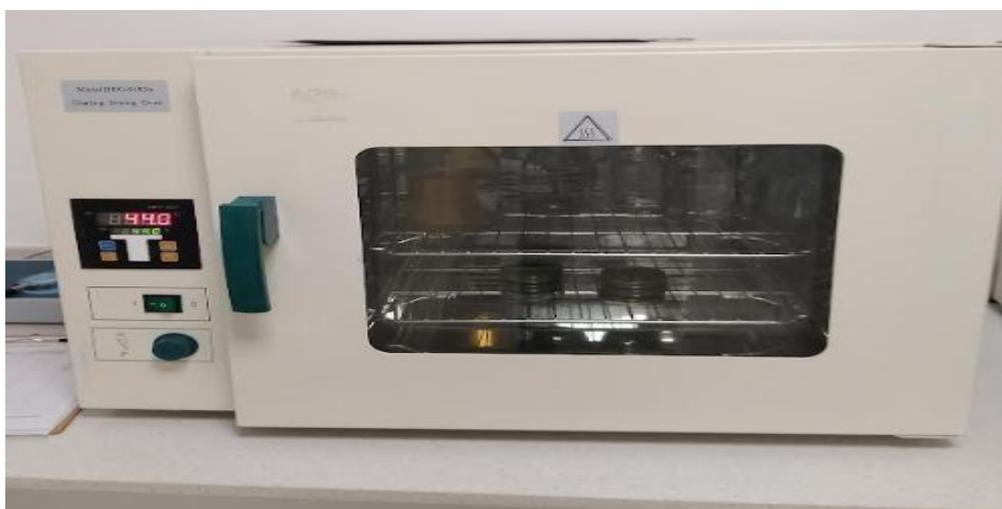


Figure 32: étuve de 44°C

g. Organoleptiques

Ils nous renseignent sur l'efficacité du système de traitement et du système de distribution. Il s'agit de l'odeur, le goût et la couleur.

i) L'odeur

Expérimentalement, on détermine l'odeur en même temps que le goût. Elle est déterminée à l'aide des organes olfactifs (la langue et le nez). C'est un ensemble de sensations détectées par les organes olfactif.

ii) Le goût

Dans l'entreprise, le test de goût se fait par dégustation. Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, et de sensibilité chimique commune perçue par les organes gustatifs lorsqu'ils sont en contact avec l'eau teste.

Durant notre séjour à la SODECA, nous étions amenés à travailler sur le traitement des eaux. Notre objectif était de mettre en pratique mes connaissances théoriques et d'augmenter notre savoir-faire auprès de la SODECA, en alternant le travail (terrain et laboratoire). Nous avons vu le fonctionnement de toutes les machines comme les pompes, les souffleuses, les filtres... Au niveau du laboratoire, on faisait l'analyse physicochimique, microbiologique et les tests organoleptiques (par dégustation). Durant ce moment, notre objectif est de vérifier une ressemblance entre domaines (laboratoire et industrielle). La majeure partie de nos analyses respectaient les normes de l'OMS et interne imposée, ce qui nous amène à conclure que la SODECA produit une eau potable. La SODECA a été très bénéfique pour nous, en termes d'expériences. Elle a été d'un apport considérable, car cela m'a aidé à développer certaines capacités importantes pour ma carrière professionnelle et personnelle.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Ce chapitre a pour objectif de regrouper en un premier lieu les résultats des analyses effectuées dans le laboratoire d'analyse de la SODECA. En second lieu, les données collectées nous ont permis d'avoir la liaison entre les paramètres des analyses physiques. et ceci à travers les résultats des analyses suivis de discussions et interprétations des résultats obtenus

I. Caractéristiques physico-chimiques : Analyse physico-chimique des eaux de procès

Pour le mois d'août 2023, le nombre d'analyses microbiologiques effectuées est de 238 et 28 concernant les analyses physico-chimiques. Ces données ont été regroupées dans un certificat d'analyse eaux procès et produit fini en août 2023.

Tableau 10 : paramètres physico-chimiques des eaux de procès06/09/2023

Paramètres	Eau brute	Eau sortie à filtre sable	Eau sortie filtre à charbon	Eau traitée	Produit fini Ligne 6(1,5L)
Température	26,6	27,4	27,4	26,8	26,8
pH	6,1	6	6	6,00	6,2
Conductivité	146,7	146,4	143,5	144,1	145,6
Turbidité	0,1	0,13	0,13	0,08	0,09
Résistivité	6,82	6,84	6,96	6,94	6,87
TDS	98	98	96	96	96
TH	5	5	5	5	5
TA	0	0	0	0	0
TAC	4	4	4	4	4
Calcium	18,2	14,9	14,7	10,2	8,1
Magnésium	1,77	2,68	2,28	1,51	1,12
Fer	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05
Manganèse	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Sulfates	<10	<10	<10	<10	<10
Chlorures	15,4	16,7	17,6	17,4	18,1
Fluorures	<0,20	0,23	<0,20	<0,20	<0,20
Nitrates	7,04	8,3	7,69	<4	<4
Nitrites	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphates	0,09	<0,06	0,19	0,07	<0,06
Potassium	<2	<2	<2	<2	<2
Silice	11	10	11	10	9
Chlore résiduel	0,27		<0,05		
Chlore total					

Tableau 11: paramètres physico-chimiques des eaux de procès Le 13/09/2023

Paramètres	Eau brute	Eau sortie filtre à sable	Eau sortie filtre à charbon	Eau traitée	Produit fini 6(1,5L)	Ligne
Température	26,4	26	25,6	24	28,5	
Ph	6,1	6	6	6,2	6,3	
Conductivité	144,6	144,9	144,7	145,3	144,1	
Turbidité	0,12	0,1	0,1	0,14	0,11	
Résistivité	6,91	6,9	6,91	6,88	6,94	
TDS	97	97	97	93	93	
TH	5	5	5	5	5	
TA	0	0	0	0	0	
TAC	4	4	4	4	4	
Calcium	36,4	22	9,8	16,8	13,6	
Magnésium	1,97	1,8	1,61	1,79	1,83	
Fer	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	
Manganèse	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfate	<10	<10	<10	<10	<10	
Chlorures	16,1	15,6	13,2	16,4	14,5	
Fluorures	<0,20	0,23	<0,20	<0,20	<0,20	
Nitrates	10,4	6,1	10	7,5	6,8	
Nitrites	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	
Phosphates	0,09	<0,06	0,09	0,09	<0,06	
Potassium	4,39	<2	2,09	<2	<2	
Silice	11	10	11	8	12	
Chlore résiduel	0,48		<0,05			

Tableau 12 : paramètres physico-chimiques des eaux de procédés 20/09/2023

Paramètres	Eau brute	Eau sortie filtre à sable	Eau sortie filtre à Charbon	Eau traitée	Produit fini Ligne 6(1,5L)
Température	27,1	27,2	27,1	24	24,3
pH	6,1	6,1	6,1	6,3	6,4
Conductivité	145,2	145,3	145,2	145,4	145,2
Turbidité	0,13	0,15	0,13	0,15	0,12
Résistivité	6,89	6,88	6,89	6,88	6,89
TDS	97	97	97	95	95
TH	5	5	5	5	5
TA	0	0	0	0	0
TAC	4	4	4	4	4
Calcium	38	17,6	16,4	8,8	8,4
Magnésium	1,45	1,96	1,73	2,69	1,52
Fer	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05
Manganèse	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Sulfates	<10	<10	<10	<10	<10
Chlorures	28,2	16,1	17,7	17,9	15
Fluorures	<0,20	0,23	<0,20	<0,20	<0,20
Nitrates	10,5	12,8	7,1	7,8	6,7
Nitrites	<0,01	0,01	0,01	0,04	0,01
Phosphates	0,06	0,07	0,06	0,06	<0,06
Potassium	8,92	<2	<2	<2	<2
Silice	14	12	10	9	10
Chlore résiduel	0,4		<0,05		

Tableau 13 : paramètres physico-chimiques des eaux de procédés 27/09/2023

Paramètres	Eau brute	Eau sortie filtre à sable	Eau sortieA filtre charbon	Eau traitée	Produit fini Ligne 6(1,5L)
Température	25,9	26,7	25,8	23,9	26,8
pH	6,12	5,98	5,92	6,24	6,18
Conductivité	145,2	145,2	146,5	147,3	145,3
Turbidité	0,19	0,12	0,13	0,12	0,13
Résistivité	6,89	6,89	6,83	6,79	6,88
TDS	97	97	98	94	94
TH	5	5	5	5	5
TA	0	0	0	0	0
TAC	4	4	4	4	4
Calcium	35,6	6,76	12,72	7,32	7,76
Magnésium	1,51	2,66	2,61	1,94	1,49
Fer	<0,05	<0,05	0,06	0,06	<0,05
Manganèse	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Sulfate	<10	<10	<10	<10	<10
Chlorures	19,2	21,9	9,5	14,6	12,7
Nitrates	10,6	7,7	5,8	4,5	6,5
Nitrites	<0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01
Phosphates	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07
Potassium	<2	4,85	<2	3,31	3,91
Silice	12	14	11	7	9
Chlore résiduel	0,33		<0,05		

Les tableaux (11,12 et13) montrent les paramètres physico-chimiques des eaux de procès telles que :

(Eau sortie de charbon, Eau sortie filtre à sable, Eau traitée). On constate une légère variation du pH. Ce qui est due à une injection non constante de certains désinfectants comme le chlore au niveau de l'eau brute et eau sortie de sable ; excepté l'eau sortie de charbon parce que le charbon joue un rôle catalytique dans la réaction du chlore dans l'eau et de l'ozone dans les produits finis.

1. Le pH

Il permet l'appréciation de l'agressivité de l'eau.

Pour l'eau brute, la valeur du pH est de 5,99 (voir figure 31). Cette valeur indique que ces eaux ne proviennent pas généralement des rejets domestiques (eau du savon, fèces, urine et ordures). Cette valeur montre qu'il y'a du chlore dans l'eau brute et révèle une augmentation du pH (parce que le chlore n'a pas encore totalement réagi). Pour les eaux filtrées telles que l'eau issue de la filtration du charbon actif, les valeurs révèlent une diminution au début de la filtration (5,8 à 5,9) (parce que l'acide hypochloreux produit par le chlore est important). Par la suite, après un certain temps, la valeur du pH augmente pour atteindre la valeur de 6 dans les produits finis (l'ozone se décompose partiellement en radicaux OH). Dans les deux phases, les valeurs respectent les normes internationales (5,8 et 7). En conséquent, le pilote de filtration gravitaire sur sable fin et sur charbon actif donne des résultats encourageants qui nous amènent à dire que ces filtres jouent une importance capitale sur la régulation du pH.

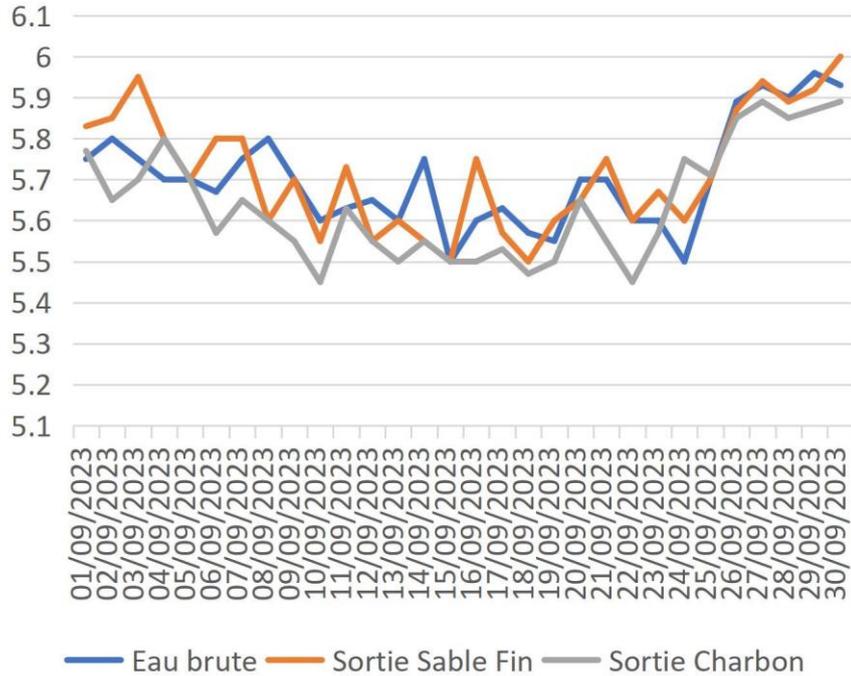


Figure 33 : les Courbes d'évolution du pH en fonction du temps

2. Conductivité

Il est important de connaître la conductivité si on envisage de traiter de l'eau. Elle nous renseigne sur la minéralisation et la salinité.

La présente étude montre que la filtration sur sable fin et charbon actif ont pour effet une diminution de conductivité allant de 147 à 151. Ces concentrations sont inférieures aux normes internes (voir figure 32). On peut dire que c'est une eau minéralisée.

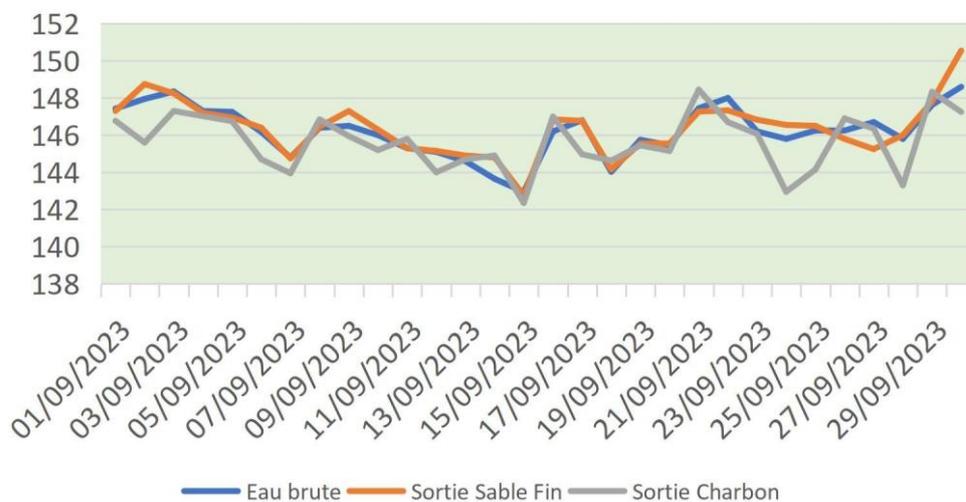


Figure 34 : courbe l'évolution de la conductivité en fonction du temps

3. Température

La température est un facteur écologique primordial qui a une grande importance sur la propriété physicochimique des eaux. Elle a tendance à varier avec les saisons. Un réchauffement ou bien un refroidissement peut modifier fortement le phénomène de traitement de l'eau potable.

4. Turbidité

La turbidité montre la présence des matières en suspension (argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.). La plus faible valeur montre l'efficacité du système de traitement. La turbidité de l'eau brute est de 0,18 NTU. Ces eaux contiennent une quantité importante de MES. Après le passage de l'eau sur les filtres, la turbidité diminue jusqu'à 0,13 et 0,14 NTU (voir Figure 33) au début de filtration ; ceci est due à l'efficacité des filtres.

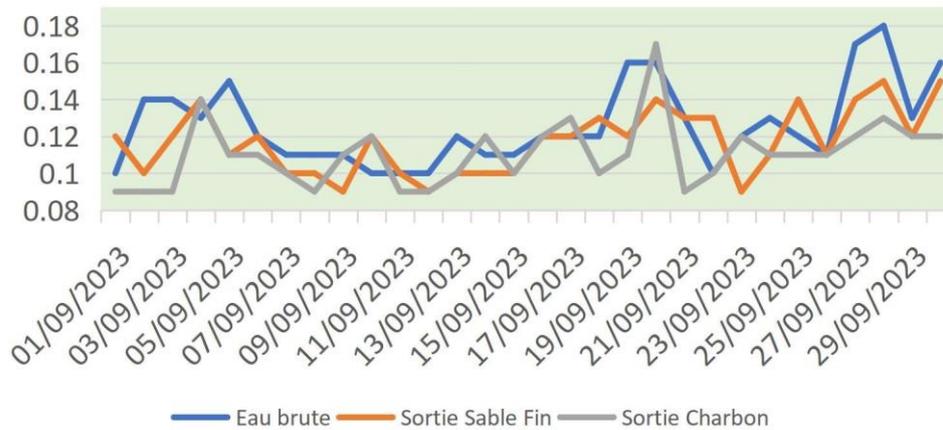


Figure 35 : courbe d'évolution de la turbidité

5. Solides Dissous Totaux (TDS) :

Ils représentent la concentration des sels minéraux dissous dans l'eau. Toutes les valeurs sont largement inférieures à la norme interne et celle de l'OMS. (Voir figure 34).

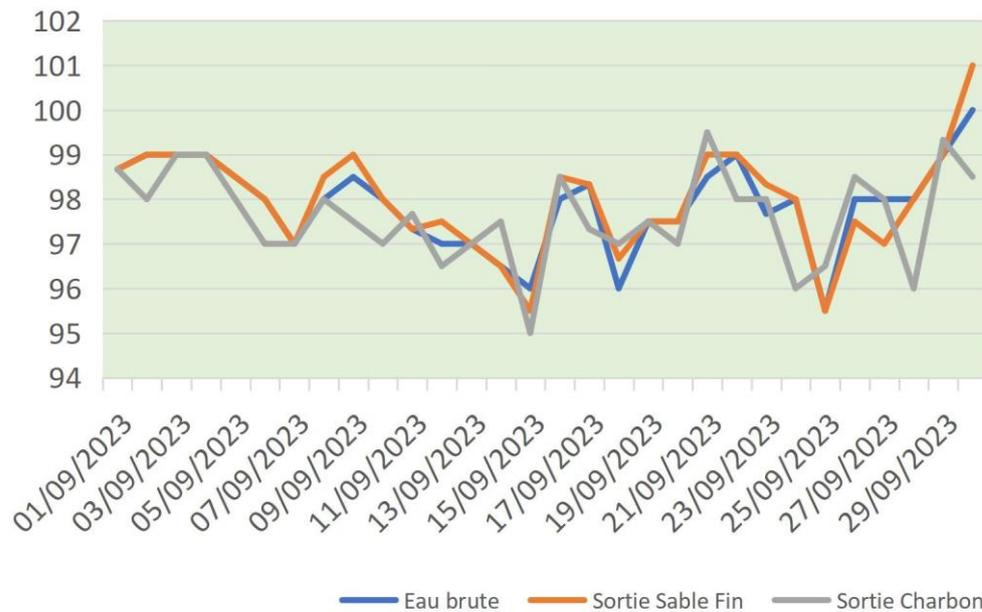


Figure 36 : Courbe d'évolution des solides dissous totaux en fonction du temps

6. Paramètres de pollutions

Leurs fortes concentrations peuvent rendre l'eau inconsommable. Le plus souvent, cela est dû à l'oxydation des matières organiques.

7. Phosphates

Les phosphates sont présents dans les eaux liées à la nature des terrains traversés et à l'oxydation des matières organiques. L'eau brute contient une quantité de phosphate qui est égale à 0,09 mg/. La diminution de cette valeur est due à l'efficacité de lit de sable et du charbon actif jusqu'à 0,07mg.

8. Nitrite et Nitrate

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Ils sont très répandus dans l'environnement. On les trouve souvent dans les produits alimentaires, dans l'atmosphère. On signale que la concentration de nitrite dans l'eau brute est de 10,6mg/l, et elle se diminue après la filtration.

9. Matières organiques

A partir des tableaux, on remarque que l'eau brute est très chargée en matière organique. Après la filtration, la concentration des matières organiques diminue.

10. Chlore Résiduel

Le chlore résiduel correspond à la quantité du chlore qui reste en solution après chloration et se

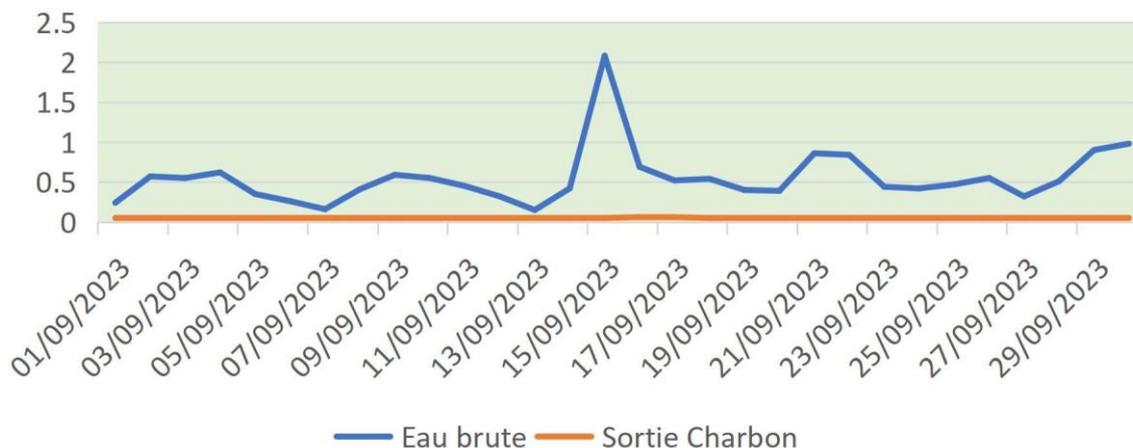


Figure 37 : courbe de l'évolution du chlore en fonction du temps

présente sous deux formes (libre et combinée). On constate que la concentration du chlore est plus importante sur l'eau brute que l'eau sortie charbon. Ce qui est conforme, dans la mesure où le charbon permet d'accélérer la réaction de réduction du chlore libre.

Le pic au niveau de la courbe chlore peut être due à une erreur de mesure ou un problème mécanique au niveau des machines (voir figure35).

II. Analyse microbiologique

Pour l'analyse microbiologique à la SODECA, nous procédons par la filtration membranaire pour mettre en évidence les paramètres microbiologiques recherchés qui sont : les coliformes totaux, les Escherichia Colis, les micro-organismes revivifiables, les pseudomonas. On constate dans le tableau ci-dessous une conformité totale dans les produits finis ; ce qui est due à la performance des filtres mais aussi l'utilisation de puissants désinfectants tels que l'ozone et le chlore.

Tableau 14 : paramètres microbiologiques des eaux de procédés

Date de Prélèvement	20/09/2023					27/09/2023				
Date de réception	20/09/2023					27/09/2023				
Date de lecture	22/09/2023					28/09/2023				
Echantillons	Eau brute	Eau sortie filtre à sable	Eau sortie filtre à charbon	Eau traitée	Produit fini Ligne 6(1,5L)	Eau brute	Eau sortie filtre à sable	Eau sortie filtre à charbon	Eau traitée	Produit fini Ligne 6(1,5L)
Micro-organismes revivifiables à 37°C (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Micro-organismes revivifiables à 22°C (ufc/ml)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bactéries Coliformes 37°C (ufc/250ml)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Escherichia coli 44°C(ufc/250ml)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Entérocoques intestinaux 37°C (ufc/250ml)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pseudomonas aeruginosa 37°C (ufc/250ml)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Conclusion finale	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC

En résumé, nous pouvons conclure que la filtration sur sable fin et sur charbon actif des eaux souterraines reste un moyen très efficace dans le domaine de traitement des eaux. Les caractéristiques physico-chimiques analysées dans le laboratoire de la SODECA montrent une évolution typique pour l'ensemble des éléments constituant les eaux. A ce point, l'utilisation des filtres de sables et du charbon actif dans le traitement des eaux potables à l'échelle industriels est très possible.

Conclusion générale

La filtration a pour but de séparer la composition d'un mélange (liquide et solide). Elle est très souvent utilisée dans l'agro-alimentaire la pharmacie ou par de nombreuses espèces animales, principalement aquatiques. La filtration sur sable joue un rôle très important dans les traitements des eaux de surfaces grâce à son faible coût, surtout dans les régions où les sables sont disponibles. A travers ce travail, nous avons tenté d'étudier l'influence de la filtration des eaux de souterraines de la SODECA et les analyses physico-chimiques tels que pH, turbidité, MO (matières organiques) et les paramètres de pollutions respectent les normes internes. Selon les résultats obtenus, nous nous sommes rendu compte que les paramètres physico-chimiques des eaux filtrées à travers le sable et charbon actif respectent les normes internationales et internes. Ce qui donne un avantage pour ce type de traitement non couteux.

Les résultats obtenus de l'analyse et discussions font ressortir les conclusions et les recommandations suivantes :

- La filtration permet une réduction importante des paramètres de pollutions contenus dans les eaux brutes ;
- Ajuster le lavage des filtres et limiter la durée du rinçage à un temps de quinze (15) min ;
- Le lavage peut être amélioré par l'optimisation des séquences, les fréquences de lavage et aussi une prolifération du temps de l'étape de lavage ;
- En guise de recommandations, un changement de la qualité du sable du point de vue granulométrie et une régénération régulière du charbon actif sont souhaités pour un meilleur traitement de l'eau potable.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE.

- [1] M. Hane *et al.*, « *Comparative study of the physicochemical quality of water of wells and drilling consumed in the commune of Sinthiou Malème in the area of Tambacounda (Senegal)* », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 14, n° 9, p. 3400-3412, mars 2021, doi: 10.4314/ijbcs.v14i9.34.
- [2] Maurice-Djibril Faye. « *Déploiement auto-adaptatif d'intergiciel sur plate-forme élastique. Calcul parallèle, distribué et partagé [cs. DC].* » Ecole normale supérieure de Lyon - ENS LYON ; Université de Saint-Louis (Sénégal), 2015. Français. (NNT : 2015ENSL1036). (tel-01280722)
- [3] « *Rapport des sessions et des panels de haut niveau couverts par les jeunes sponsorisés lors du Forum Mondial de l'Eau de Dakar* ». 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.worldwatercouncil.org/fr/dakar-2022>
- [4] C. Diop, A. Toure, et M. Cabral, « *Évaluation des pratiques de potabilisation des eaux de boisson en zone rurale : cas de Sindia au Sénégal* », sur 2019.ISSN 1813-548X ,<http://www.afrique-science.net> *CBiol. Chem. Sci.*, vol. 14, n° 9, p. 3400-3412, mars 2021, doi: 10.4314/ijbcs.v14i9.34.
- [5] F. DADAOU, A. DJABAILI, A. CHENINI, et M. E. A. DAHOU, « *Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau conservée dans la poterie* », PhD Thesis, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR, 2021.
- [6] Etude de la qualité microbiologique de l'eau potable et l'eau des puits de la wilaya de Mostaganem. BENTOUNES, Amina Habiba URI: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/2974> Date: 2017
- [7] Benkhadra Nedjoud et : Kahoul Saida, « *Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau souterraine (Sources et Puits) collecté dans la région d'Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj* ». 2018 2017.<https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/17022>
- [8] B. Nedjoud et K. Saida, « *Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau souterraine (Sources et Puits) collecté dans la région d'Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj* », Thesis, 2018. Consulté le: 3 mai 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://dspace.univbba.dz:443/xmlui/handle/123456789/823>
- [9] Mademoiselle Aissata SEMEGA « *Etude de qualité des eaux usées de la Tannerie de l'Afrique de l'Ouest* » 17 Février 2000 Mémoire de fin d'étude
- [10] Hawa SAMAKE, « *ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE AU L.N.S. DES EAUX DE CONSOMMATION DE LA VILLE DE BAMAKO DURANT LA PERIODE 2000 ET 2001* ». » 23 juillet 2002.Mémoire de fin d'étude

- [11] « *DIRECTIVES DE QUALITÉ POUR L'EAU DE BOISSON* » Organisation mondiale de la Santé 2017 QUATRIÈME ÉDITION
- [12] L. Fifamè et M. P. Aina, « *ELABORATION DE FILTRES EN CERAMIQUE POUR LE TRAITEMENT A DOMICILE DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION AU BENIN* ». 2015•biblionumeric.epac-uac.org
- [13] D. S. Zoubeida, B. Tarek, et M. Anis, « *Comparaison entre Charbon actif et Biocharbon (Étude théorique)* », 2020.
- [14] C. K. Diawara, H. Essi-Tome, A. Lhassani, M. Pontie, et H. Buisson, « *FILTRATIONS MEMBRANAIRES ET QUALITE DE L'EAU DE* ».. E-mail : courfia@ucad.sn MSAS'2004
- [15] Boukheris Tarek et Milti Anis, « *Comparaison entre Charbon actif et Biocharbon (Étude théorique)* ». 19 février 2024. Consulté le: 19 février 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://123dok.net/document/q5wmlg7q> .
- [16] Boukhari Brahim, « *FABRICATION ET APPLICATION DU CHARBON ACTIF (CARBONE ACTIVÉ) A PARTIR DES NOYAUX DES DATTES* ». 16 décembre 2015. Consulté le: 19 février 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.semanticscholar.org/paper/>
- [17] BAKKARI Meriem, « *Traitement des eaux usées par filtration sur sable (Etude comparative)* ». 2016. Consulté le: 19 février 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.univadrar.dz:8080/xmlui/handle/123456789/2651>
- [18] ATTAB Sarah, « *AMELIORATION DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES EAUX EPUREES PAR BOUES ACTIVEES DE LA STATION D'EPURATION HAOUO BERKAOUI PAR L'UTILISATION D'UN FILTRE A SABLE LOCAL* ». 2011. Consulté le: 19 février 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://hdl.handle.net/123456789/558>
- [19] D. D. Nadir, « *Traitement des eaux usées par les fibres Alfa et l'argile* ». <http://dspace.univ-tiaret.dz:80/handle/123456789/4733>
- [20] MOUSSA ALI « *Évaluation de la pollution physico-chimique des eaux de l'Oued Khoumane (Moulay Idriss Zerhoun, Maroc)* ». 2014. *Auteur correspondant, E-mail: alidoctorant@gmail.com ; alidosya@yahoo.fr; Tel :(212) 0611933736.