

# Université Assane SECK de Ziguinchor



## UFR Sciences et Technologies Département de Chimie



### Mémoire de Master

Spécialité : **Chimie du Solide et des Matériaux**

#### **ESSAIS DE REDUCTION DE LA MINERALISATION D'UNE EAU DE ROBINET PAR ADSORPTION SUR LES MONTMORILLONITES KSF ET K10**

Présenté par : M<sup>lle</sup> **Yacine SALL**

Soutenu publiquement le 13/01/2021 devant le jury composé de :

**Président :**

Pr. Diouma KOBOR

Enseignant- Chercheur, UASZ

**Rapporteur**

Dr. Mohamad Moustapha DIEME

Chercheur Associé, UASZ

**Examineur**

Dr. Insa BADIANE

Enseignant- Chercheur, UASZ

**Co-Directeur**

Dr. Saïdou Nourou DIOP

Enseignant- Chercheur, UASZ

**Directeur**

Pr. Magatte CAMARA

Enseignant- Chercheur, UASZ

## DÉDICACES

*Que le Tout Puissant, dans sa bonté infinie oriente nos actions dans l'amour, le pardon, la paix, la foi pour une entente parfaite ; et que notre travail soit, grâce à cette gloire, une réussite.*

*Je dédie ce travail à mon père Djibril SALL qui m'a toujours soutenu et n'a jamais cessé de me donner des conseils et de m'adresser des prières tout en cultivant en moi la vertu, le courage, la dignité et la foi.*

*A ma mère Fatou SARR qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et les précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.*

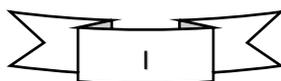
*Que Dieu vous laisse en vie pendant longtemps afin que vous puissiez veiller et apporter toute votre tendresse sur la famille.*

*A mon frère et mes sœurs pour tout leur soutien et leurs conseils.*

*A mes amis (es)*

*A la famille SENGHOR de m'avoir accueilli chez eux durant mon cursus étudiantin.*

*A tous les membres du Dahira Siratikal Moustakhimi de l'UASZ et du Dahiratoul Khayri wal Min de CM de Rufisque.*



## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon Directeur de mémoire Pr Magatte CAMARA, responsable du Master Chimie du Solide et des Matériaux. Je le remercie de m'avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et apporté une attention tout au long de ce travail, mais également pour avoir participé à notre formation et pour tous les efforts consentis pour la réussite des étudiants.

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements à son co-directeur Dr Saïdou Nourou DIOP qui a accepté de co-encadrer et guider mes premiers pas dans la recherche scientifique, mais aussi pour avoir participé à ma formation.

Je tiens à remercier très chaleureusement Pr Diouma KOBOR pour avoir bien voulu présider ce jury malgré son emploi de temps très chargé.

Mes remerciements vont à l'endroit de Dr Mohamad Moustapha DIÉMÉ pour avoir accepté d'être le rapporteur de ce mémoire ainsi que de Dr Insa BADIANE pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail mais aussi d'avoir contribué à ma formation.

Je remercie l'ensemble des enseignant-chercheurs du département de chimie de l'Université Assane SECK de Ziguinchor à savoir Pr Chérif BALDÉ, Pr Abdoulaye GASSAMA, Pr Mbaye Diagne MBAYE, Dr Abdou MBAYE, Dr Mamadou LO, Dr Papa Aly GAYE, Dr Anastasie MANGA, Dr Oumar SAMBOU, Dr Mame Seyni SYLLA ainsi que Mme Fatoumata M. S. CAMARA pour tous les efforts consentis, pour la qualité de notre formation et pour vos encouragements. Je tiens à vous exprimer ma reconnaissance.

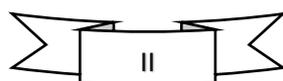
Je remercie sincèrement Mme Madeleine SARR, Ingénieure du Laboratoire d'Analyse et de Traitement de l'Eau de l'Université Assane Seck de Ziguinchor ainsi que Mr Alioune Badara DIENG responsable pédagogique de l'UFR Sciences et technologies sans oublier l'ensemble des membres du Laboratoire de Chimie et Physique des Matériaux.

Je remercie également les doctorant(e)s de chimie et mes camarades de promotion.

Je tiens à remercier la famille SENGHOR pour avoir été mes tuteurs durant toutes ces années à Ziguinchor.

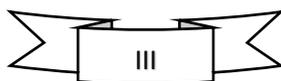
J'aimerais adresser mes remerciements les plus sincères à mes parents pour tous les sacrifices qu'ils ont fait, merci infiniment Papa et Maman.

Enfin, je tiens à remercier particulièrement ma famille et ceux qui me sont chers, pour leurs encouragements, leurs conseils et leur aide.



## Table des matières

DÉDICACES .....	I
REMERCIEMENTS .....	II
LISTE DES TABLEAUX .....	V
LISTE DES FIGURES .....	VI
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU ET LES ARGILES .....	2
<b>I.1. Eaux</b> .....	2
I.1.1. Définition et qualité de l'eau .....	2
I.1.2. Valeurs guide de l'OMS .....	2
I.1.3. Eau, source de maladies.....	3
<b>I.2. Paramètres physico-chimiques</b> .....	3
I.2.1. Conductivité.....	3
I.2.2. Potentiel Hydrogène (pH).....	4
<b>I.3. Argile</b> .....	5
I.3.1. Définition et Origine .....	5
I.3.2. Absorption et Adsorption.....	6
<b>I.4. Effets des paramètres d'adsorption</b> .....	7
<b>I.5. Isothermes d'adsorption</b> .....	8
<b>I.6. Montmorillonites</b> .....	10
I.6.1. Montmorillonite KSF .....	10
I.6.2. Montmorillonite K10 .....	10
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES .....	11
<b>II.1. Echantillonnage de l'eau brute</b> .....	11
<b>II.2. Appareillages et produits chimiques</b> .....	11
<b>II.3. Méthode de filtration</b> .....	12
<b>II.4. Protocole expérimental</b> .....	13
II.4.1. Montmorillonite K10.....	13
II.4.2. Montmorillonite K10 plus 50% de latérite .....	13
II.4.3. Montmorillonite KSF .....	14



<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>15</b>
<b>III.1. Composition de l'eau brute prélevée au niveau d'un robinet au quartier DIABIR à Ziguinchor.....</b>	<b>15</b>
<b>III.2. Evolution des paramètres de fonctionnement.....</b>	<b>15</b>
<b>III.2.1. Argile montmorillonite K10 .....</b>	<b>15</b>
III.2.1.1. Effet de la dose d'adsorbant .....	15
III.2.1.2. Effet du temps de contact.....	17
<b>III.2.2. Montmorillonite K10 plus 50% de latérite .....</b>	<b>20</b>
III.2.2.1. Effet de la dose d'adsorbant .....	20
III.2.2.2. Effet du temps de contact.....	22
<b>III.2.3. Montmorillonite K10 plus 100% de latérite .....</b>	<b>25</b>
III.2.3.1. Effet de la dose d'adsorbant .....	25
III.2.3.2. Effet du temps de contact.....	27
<b>III.2.4. Montmorillonite KSF .....</b>	<b>30</b>
III.2.4.1. Effet de la dose d'adsorbant .....	30
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>32</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>33</b>
<b>WEBOGRAPHIE .....</b>	<b>35</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>36</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Salinité de l'eau en fonction de la conductivité .....	4
<b>Tableau 2</b> : Composition chimique de la montmorillonite KSF [21].....	10
<b>Tableau 3</b> : Composition chimique de la montmorillonite K10.....	11
<b>Tableau 4</b> : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau brute. ....	15
<b>Tableau 5</b> : Variation de la conductivité de l'EB avec l'argile K10 dans le filtrat .....	15
<b>Tableau 6</b> : pH de l'eau filtrée avec d'argile K10 en fonction de la masse.....	16
<b>Tableau 7</b> : Variation de la conductivité dans le filtrat en fonction du temps avec l'argile K10. ....	18
<b>Tableau 8</b> : Capacité d'adsorption de l'argile K10 .....	18
<b>Tableau 9</b> : pH de l'eau filtrée en fonction du temps pour 2,5 g d'argile K10. ....	19
<b>Tableau 10</b> : Variation de la conductivité dans le filtrat avec l'argile K10 plus 50% de latérite.....	20
<b>Tableau 11</b> : Variation du pH dans le filtrat avec de l'argile K10 plus 50% de latérite. ....	21
<b>Tableau 12</b> : Variation de la conductivité dans le filtrat avec l'argile K10 plus 50% de latérite.....	22
<b>Tableau 13</b> : Capacité d'adsorption d'argile K10 plus 50% de latérite.....	23
<b>Tableau 14</b> : pH dans le filtrat avec 3,5 g de l'argile K10 plus 50% de latérite. ....	24
<b>Tableau 15</b> : Variation de la conductivité dans le filtrat avec l'argile K10 plus 100% de latérite.....	25
<b>Tableau 16</b> : pH dans le filtrat avec l'argile K10 plus 100% de latérite. ....	26
<b>Tableau 17</b> : Conductivité dans le filtrat avec de l'argile K10 plus 100% de latérite. ....	27
<b>Tableau 18</b> : Capacité d'adsorption de l'argile K10 plus 100% latérite. ....	28
<b>Tableau 19</b> : pH dans le filtrat avec de l'argile K10 plus 100% de latérite. ....	29
<b>Tableau 20</b> : Variation de la conductivité du filtrat avec l'argile KSF. ....	30

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Structure ionique d'un feuillet d'argile.....	7
<b>Figure 2</b> : Conductimètre.....	11
<b>Figure 3</b> : pH-mètre .....	12
<b>Figure 4</b> : Entonnoir de Buchner .....	13
<b>Figure 5</b> : Conductivité du filtrat en fonction de la masse d'argile K10. ....	16
<b>Figure 6</b> : pH du filtrat en fonction de la masse d'argile K10.....	17
<b>Figure 7</b> : Conductivité en fonction du temps pour une masse de 2,5 g d'argile K10. ....	18
<b>Figure 8</b> : Capacité d'adsorption de l'argile K10 en fonction du temps.....	19
<b>Figure 9</b> : pH en fonction du temps pour une masse de 2,5 g d'argile K10.....	20
<b>Figure 10</b> : Conductivité en fonction de la masse d'argile K10 plus 50% de latérite. ....	21
<b>Figure 11</b> : pH en fonction de la masse d'argile K10 plus 50% de latérite.....	22
<b>Figure 12</b> : Conductivité en fonction du temps pour une masse de 3,5 g d'argile K10 plus 50% de latérite. ....	23
<b>Figure 13</b> : Capacité d'adsorption de l'argile K10 plus 50% de latérite en fonction du temps.....	24
<b>Figure 14</b> : pH en fonction du temps pour une masse de 3,5 g d'argile K10 plus 50% de latérite. ....	25
<b>Figure 15</b> : Conductivité en fonction de la masse de l'argile K10 plus 100% de latérite. ....	26
<b>Figure 16</b> : pH en fonction de la masse de l'argile K10 plus 100% de latérite.....	27
<b>Figure 17</b> : Conductivité en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% latérite.....	28
<b>Figure 18</b> : Capacité de l'adsorbant en fonction du temps avec l'argile K10 plus 100% de latérite....	29
<b>Figure 19</b> : pH en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% latérite. ....	30
<b>Figure 20</b> : Conductivité en fonction de la masse d'argile KSF.....	31

# INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel à la vie, c'est en ce sens qu'elle est utilisée pour la boisson mais aussi pour les activités domestiques (alimentation, lessive, linge...), l'industrie (papiers, agroalimentaire, automobile...), l'agriculture (irrigation), la production d'énergie, etc.

L'eau est très abondante à la surface du globe terrestre, cependant 97% des ressources en eau de la planète sont salées (océans) et les calottes polaires qui constituent les  $\frac{3}{4}$  de l'eau douce de la planète sont malheureusement inaccessibles [1]. L'eau est aussi un constituant biologique important, essentiel sous sa forme liquide pour tous les organismes vivant connus [W1]. Une grande quantité de cette eau disponible reste inaccessible car étant sous forme de calottes polaires et d'eaux salées [1]. L'eau peut être nuisible à la santé lorsqu'elle ne répond pas à des critères de potabilité définis et recommandés par l'OMS.

Par exemple, au Sénégal, dans certaines localités du bassin arachidier, les eaux souterraines sont riches en fluor, en plus d'un excès de salinité. La teneur en fluor dans l'eau souterraine servant de boisson est supérieure à 1,5 mg/L dans plusieurs forages et varie d'un forage à un autre et la salinité est supérieure à 1000 mg/L, alors que l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) recommande une teneur maximale de 1,5 mg/L pour le fluor et 500 mg/L pour le sel [W2]. Il est noté clairement que la qualité de l'eau a une problématique majeure, notamment dans les pays en voie de développement comme le nôtre.

L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution de certains paramètres physico-chimiques de l'eau filtrée avec l'argile montmorillonite K10 et montmorillonite KSF.

Le présent mémoire est composé de trois chapitres compris entre une introduction et une conclusion. Le premier chapitre de ce document porte sur les généralités de l'eau et de l'argile montmorillonite. Le second chapitre est consacré à la méthodologie de travail et le matériel utilisé pour la réalisation des travaux. Enfin, les différents résultats ainsi que les discussions sont présentés dans la dernière partie du document.

# CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU ET LES ARGILES

## I.1. Eaux

### I.1.1. Définition et qualité de l'eau

#### ➤ Définition

L'eau est une ressource naturelle essentielle à l'équilibre de la vie et de l'environnement que nous avons toujours pensé être disponibles à l'abondance et un don gratuit de la nature [2].

L'eau que nous utilisons provient essentiellement des lacs, des fleuves, des cours d'eau, des puits et des forages, soit 3% du réservoir d'eau douce. Cette quantité d'eau douce disponible est inégalement répartie car dans certaines régions du globe la ressource est relativement abondante, par contre dans d'autres parties elle est presque inexistante [3].

#### ➤ Qualité de l'eau

L'eau est une ressource fondamentale pour la vie, en se référant à l'OMS. Afin de donner la définition d'une eau potable, des recommandations et des normes ont été établies pour fixer les teneurs limites pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau [4].

Cette législation expose généralement dans leurs grandes lignes les responsabilités et les compétences d'un certain nombre d'organismes, décrit les relations entre eux et établit des principes fondamentaux (par exemple, l'eau délivrée et destinée à la boisson doit être potable et donc sans risque pour la santé) [W3].

### I.1.2. Valeurs guide 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. Depuis, l'OMS a mené trois vagues d'études afin d'élaborer des valeurs guides visant à préserver la santé, la qualité de vie et de bien-être des personnes, en tenant compte des groupes vulnérables. L'évaluation de la qualité chimique d'une eau de boisson se fonde sur la comparaison entre les résultats de l'analyse qualitative de l'eau et des valeurs guides. Les présentes directives fournissent des valeurs guides pour de nombreux autres contaminants chimiques que ceux qui affectent réellement un approvisionnement en eau particulier ; dès lors, des choix judicieux pour le suivi et la surveillance doivent être faits avant de procéder à une évaluation fondée sur des analyses chimiques [W4].

### I.1.3. Eau, source de maladies

Le problème d'accès à l'eau potable et aux installations sanitaires de base a des conséquences majeures sur la santé car on estime que dans les pays en développement 80% des maladies sont liées à l'eau et causent la mort prématurée de 3 millions de personnes chaque année [5].

Par ailleurs, l'eau est le principal vecteur de maladies telles que la diarrhée et le Choléra.

#### ➤ Diarrhée :

La diarrhée est une quantité de selles émises dans un volume plus important que la normale (plus de 300 grammes par jour) et avec une plus grande fréquence (plus de trois selles par jour). Les selles sont généralement liquides, mais parfois simplement molles, accompagnées de glaires ou de sang et d'un cortège de symptômes variables dépendant de la cause de la diarrhée. Il est même possible dans certains cas que ce ne soit que de l'eau ou un liquide transparent [W5].

#### ➤ Choléra :

Le choléra est une maladie portée par l'eau, causée par une bactérie (*vibrio cholerae*) qui rend pénible la santé publique des pays émergents, surtout en Afrique et en Asie. Même si de nombreuses personnes survivent à cette maladie, il peut causer une diarrhée mortelle.

## I.2. Paramètres physico-chimiques

L'analyse des caractéristiques physico-chimiques est nécessaire pour connaître la qualité de l'eau et détecter la présence ou pas de contamination dans l'eau de boisson. L'excès de nitrates, d'arsenic ou encore de fluor dans les eaux souterraines engendrent également des problèmes réels de santé publique [3].

### I.2.1. Conductivité

Un conductimètre est un appareil électronique permettant de mesurer la conductivité d'une solution, c'est-à-dire sa capacité à conduire le courant. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution. La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes d'une sonde en raison du fait que la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés.

La conductivité est fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente à cause de la baisse de la viscosité et de l'augmentation de la mobilité

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU ET LES ARGILES

des ions. Ce paramètre doit impérativement être mesuré in situ c'est-à-dire au lieu de prélèvement [6].

Le tableau ci-dessous permet de caractériser la nature minérale (salinité) de l'eau en fonction de la conductivité de l'eau pour une température de 25°C :

L'unité de la conductivité est le siemens/centimètre (S/cm)

*Tableau 1 : Salinité de l'eau en fonction de la conductivité*

Conductivité < 250 $\mu\text{S/cm}$	Eau non saline
250 < Conductivité < 750 $\mu\text{S/cm}$	Eau à salinité moyenne
750 < Conductivité < 2250 $\mu\text{S/cm}$	Eau à forte salinité
2250 < Conductivité < 5000 $\mu\text{S/cm}$	Eau à très forte salinité
5000 < Conductivité < 20000 $\mu\text{S/cm}$	Eau à salinité excessive

### I.2.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco-carbonique. Le pH mesure la concentration en ions  $\text{H}^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle qui s'étend de 0 à 14.

Le pH doit être impérativement mesuré in situ à l'aide d'un pH-mètre [6].

### I.3. Argile

#### I.3.1. Définition et Origine

##### ➤ Définition

L'argile joue un rôle important dans certains domaines d'activité, telle que la fabrication de médicaments et le traitement des eaux polluées [7], par exemple dans l'adsorption de composés organiques toxiques [8,9].

Le mot « argile » vient du grec « argilos » lui-même dérivé de « argos » qui veut dire « blanc ».

Il semble que ce soit la couleur du matériau utilisé en céramique qui ait imposé le terme.

Il existe en effet plusieurs définitions possibles du terme argile :

- Au sens commun, c'est une terre grasse composée principalement de silice et d'alumine qui sert à la fabrication de tuiles et de poterie ;
- Au sens pétrographique, c'est une roche sédimentaire plus ou moins cohérente présentant des propriétés de plasticité à l'état humide ;
- Au sens granulométrique, c'est un ensemble de particules fines ayant moins de 2 µm de diamètre apparent ;
- Au sens minéralogique, ce sont des minéraux appartenant à la famille des phyllosilicates c'est-à-dire des minéraux en feuillets formés par la juxtaposition de couches de silice et d'hydroxydes.

##### ➤ Origine

Les argiles proviennent le plus souvent de l'altération des minéraux silicatés des roches feldspathiques (potassique ; sodique et calcique) sous l'action des eaux de surface et d'infiltration. Elles proviennent aussi de l'altération « hydrothermale » sous l'action des fluides (aqueux ou non), réchauffés par le magmatisme (granites ou volcanisme) ou par des trajets souterrains conséquents.

D'une manière générale, la décomposition de la roche est traduite par la réaction suivante :



Cette hydrolyse de la roche feldspathique conduit :

- Soit à la décomposition du feldspath en silice et alumine colloïdale ;

Ces produits vont subir ensuite une recombinaison pour former des silicates d'alumine

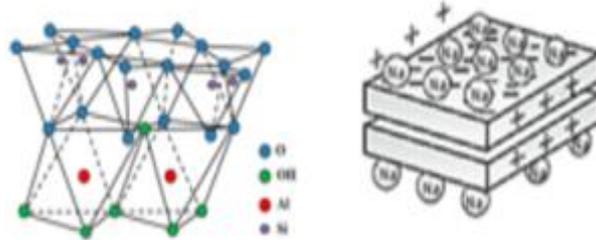
- Soit à la formation de « solution ionique vraie » ; suivie d'une recristallisation.

Les minéraux argileux obtenus dépendent non seulement de la nature et la composition des minéraux présents dans les roches initiales mais également du pH du milieu et de la concentration des ions en solution :



## CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU ET LES ARGILES

surface (figure 1) [W6]. Les ions silicium ( $\text{Si}^{4+}$ ) et aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ), à l'intérieur de la surface, sont chargés positivement. Les ions oxygène ( $\text{O}^{2-}$ ) et hydroxyles ( $\text{OH}^-$ ) aux sommets de la structure sont chargés négativement. Ces ions négatifs à la surface du feuillet sont fixés à des ions de sodium ( $\text{Na}^+$ ), chargés positivement.



**Figure 1** : Structure ionique d'un feuillet d'argile

L'adsorption est mesurable par les échanges ioniques, par la méthode colorimétrique à l'aide du chlorure d'hexa-ammine cobalt (III)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  exprimée en milliéquivalents de colorant adsorbé pour 100 g d'argile. Les traitements consistent donc en une adsorption sur des oxydes ou des hydroxydes, avec une forte influence du pH, ou encore en une permutation d'ions avec des anions (phosphates, carbonates...) [13].

### I.4. Effets des paramètres d'adsorption

L'adsorption est une technique dans laquelle un ion est fixé sur une membrane ou sur un lit fixe rempli de résine ou autres particules minérales [14].

#### ➤ Effet du pH

De nombreuses études suggèrent que le pH est un facteur important du processus d'adsorption [15]. Le pH de la solution aqueuse est un facteur de contrôle dans le processus d'adsorption des ions [16]. Le pH initial d'une solution aqueuse est un paramètre très important, qui peut influencer le procédé d'adsorption en contrôlant la charge surfacique de l'adsorbant [17].

La capacité d'adsorption d'un minéral argileux est influencée non seulement par ses propriétés texturales (par ex. surface spécifique, taille des pores et distribution de la taille des pores) mais aussi par la nature très chimique de la surface de l'adsorbant [18].

#### ➤ Dose d'adsorbant

L'influence de la dose d'adsorbant sur la capacité d'adsorption d'un ion a été démontrée dans un certain nombre d'études. L'augmentation de l'efficacité d'élimination l'adsorbant avec la dose est dû à l'augmentation de la surface, et donc plus des sites actifs étaient disponibles pour l'adsorption de l'ion [16]. L'augmentation de l'efficacité d'élimination avec une augmentation

de la dose d'adsorbant est due à l'augmentation de la surface de contact, et par conséquent à la présence de plus de sites actifs disponibles pour l'adsorption des ions fluorures.

### ➤ Vitesse d'agitation

L'agitation permet d'homogénéiser la solution. Il est important d'agir sur la vitesse d'agitation durant la phase de filtration. La vitesse de l'agitation agit sur la probabilité de rencontre des particules. La raison de l'augmentation de l'efficacité est qu'à des vitesses plus élevées un meilleur contact entre l'adsorbant et l'adsorbat est possible [16].

### ➤ Temps de contact

La durée de contact est la durée d'agitation requise pour atteindre l'équilibre qui dépend fortement de facteurs, telles que la structure des pores de l'adsorbant, la taille des particules d'adsorbant, le type d'adsorbat et sa concentration. L'effet du temps de contact dans le contexte de diverses concentrations initiales de fluorure a été étudié (Sujana et al. 2009 ; Tor, 2006). Tor (2006) a signalé que l'élimination du fluorure avec l'utilisation de la montmorillonite diminue avec l'augmentation de la concentration initiale en fluorure [14].

Il se trouve que l'élimination des ions fluorure augmente avec l'augmentation du temps de contact, mais après un certain temps, elle s'approche progressivement d'une valeur constante, ce qui correspond au niveau d'équilibre.

## I.5. Isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption sont l'un des outils les plus importants pour prédire la capacité d'adsorption de l'adsorbant vis-à-vis du polluant. L'isotherme d'équilibre d'adsorption est importante pour décrire comment les molécules adsorbées se répartissent entre le liquide et les phases solides lorsque le processus d'adsorption atteint un état équilibre [19]. Il est exprimé en rapportant la quantité de polluant fixée par gramme d'adsorbant,  $q_e$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ), jusqu'à la solution d'équilibre de concentration,  $C_e$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ), à une température fixe.

Les capacités d'adsorption à l'équilibre ( $q_e$ ) ont été déterminées par l'équation ci-dessous (4).

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (4)$$

Où  $q_e$  : quantité d'ion adsorbée ( $\text{mg/g}$ )

$C_0$  : concentration initiale de l'ion ( $\text{mg/L}$ )

$C_e$  : concentration de l'ion dans la solution après filtration ( $\text{mg/L}$ )

$V$  : volume de la solution (L)

$m$  : masse de l'adsorbant (g).

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU ET LES ARGILES

Pour étudier le pouvoir adsorbant des échantillons d'argiles, il faut appliquer les modèles de Langmuir et de Freundlich. Ces modèles ont pour but la détermination du phénomène d'adsorption (endothermique ou exothermique) et de la nature d'adsorption (chimique ou physique) en fonction de la diminution ou de l'augmentation de la quantité d'élément adsorbée quand la température augmente.

### - Isothermes de Langmuir

L'isotherme de Langmuir décrit l'adsorption des molécules gazeuses sur une surface solide en fonction de la pression du gaz. L'équation de Langmuir (5), dérivée de la cinétique où des arguments d'équilibres sont communément à la Chimisorption des gaz a pour expression dans le cas de l'adsorption en solution [20] :

$$Q_e = \frac{Q_0 K_L C_e}{(1 + K_L C_e)} \quad (5)$$

Où  $Q_e$  : quantité d'ion absorbée (mg/g) à l'équilibre,

$Q_0$  : capacité maximale d'adsorption (mg/g),

$K_L$  : constante de Langmuir, liée à la température et au système adsorbant-adsorbat étudié,

$C_e$  : concentration à l'équilibre (L.mg).

L'isotherme de Langmuir est valable sur une seule couche d'adsorption. Il est basé sur l'hypothèse que tous les sites d'adsorption ont une affinité égale pour les molécules de l'adsorbat et il n'y a pas transmigration de l'adsorbat dans le plan de la surface. Si les courbes  $1 / Q_e = f(C_0)$  sont des droites dont le coefficient de régression est égal à 0,99 alors l'adsorption obéit au modèle de Langmuir [20].

### - Isothermes de Freundlich

L'isotherme d'adsorption de Freundlich s'adapte généralement à l'expérimentation donnée sur une large gamme de concentrations. Cette expression empirique exprime l'hétérogénéité de surface et la distribution exponentielle des sites actifs et leurs énergies [18]. L'équation de Freundlich est essentiellement empirique mais est souvent utile comme moyen de description des données. Il convient généralement assez bien avec l'équation de Langmuir et les données expérimentales sur des plages de concentration modérées. La relation empirique généralement utilisée peut être donnée par l'équation (6) :

$$Q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (6)$$

$Q_e$  : quantité d'ion absorbée (mg/g) à l'équilibre,

$C_e$  : concentration à l'équilibre (mg/L),

$K_f$  et  $n$  constantes de Freundlich, indicatives de l'intensité et de la capacité d'adsorption.

Cette formule a été exploitée sous sa forme linéaire :

$$\text{Log } Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (7)$$

Le coefficient  $\frac{1}{n}$  détermine l'efficacité de l'argile utilisée pour le traitement de l'eau.

L'efficacité d'un filtre est d'autant plus élevée que le coefficient  $\frac{1}{n}$  est petit. Si les courbes  $\frac{C_e}{Q_e} = f(C_e)$  sont des droites dont le coefficient de régression est égal à 0,99 alors l'adsorption obéit au modèle de Freundlich.

### I.6. Montmorillonites

Les montmorillonites sont des argiles largement répandues à la surface du globe. La montmorillonite est un minéral composé de silicate d'aluminium et de magnésium hydraté, de formule  $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ , et appartenant au groupe des smectites, de la famille des phyllosilicates [W5].

#### I.6.1. Montmorillonite KSF

C'est une argile commerciale de coloration brune due à la présence de la limonite, très riche en magnésie dont la composition chimique est donnée dans le tableau 2. La montmorillonite appartient à la famille des smectites. Elle a une surface spécifique qui varie de 20 à 40 m<sup>2</sup>/g, sa densité apparente est de 800 à 850 g/L, la valeur du pH est de 2,1 (par dispersion de 2 g d'argile montmorillonite KSF dans 25 mL d'eau distillée). Elle a pour classe cristalline le monoclinique et son groupe d'espace est 2/m.

*Tableau 2 : Composition chimique de la montmorillonite KSF [21]*

Composition	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O	CaO	MgO	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
%	53,2	18,8	5,1	2,9	2,8	6,0

#### I.6.2. Montmorillonite K10

L'argile montmorillonite K10 est un type de minéral de silicate stratifié acide avec une structure à trois couches, et est disponible dans le commerce à faible coût et dont la composition chimique est donnée dans le tableau 3. Elle a une grande surface spécifique, une importante capacité d'échange de cations, un espace inter couche extensible, une bonne capacité d'adsorption et une acidité flexible et réglable. À ce jour, les argiles montmorillonite K10 à échange de cations ont été reconnues comme efficaces et sans danger pour l'environnement, pour des catalyseurs hétérogènes ou en tant que supports acides prometteurs pour de nombreuses réactions chimiques [22].

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU ET LES ARGILES

---

*Tableau 3 : Composition chimique de la montmorillonite K10*

Composition	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
%	73	14	0,2	1,1	0,6	1,9	2,7

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

### II.1. Echantillonnage de l'eau brute

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

L'eau brute (EB) est prélevée au niveau d'un robinet au quartier DIABIR à Ziguinchor.

### II.2. Appareillages et produits chimiques

#### ➤ Appareillages

Pour les appareils on peut citer :

- Une balance électronique pour peser les argiles
- Un mortier pour broyer les latérites, une tamiseuse pour tamiser la latérite
- Un bécher de 100 mL
- Un erlenmeyer de 250 mL
- Un agitateur magnétique et un barreau aimanté
- Des papiers filtres
- Un conductimètre et un pH-mètre

L'appareil qui nous a permis de mesurer la conductivité de nos échantillons est de type HI98303 (figure 2).



**Figure 2** : Conductimètre

Le pH-mètre qui nous a permis d'effectuer nos analyses est de type PH1000H (figure 3)



*Figure 3 : pH-mètre*

➤ **Produits chimiques**

- L'argile montmorillonite K10
- L'argile montmorillonite KSF
- La latérite

### **II.3. Méthode de filtration**

La filtration est une technique de séparation utilisée pour isoler un solide contenu dans une solution ou pour éliminer des impuretés solides présentes dans une solution. Elle peut s'effectuer sous, pression atmosphérique, sous pression réduite, à chaud ou à froid.

Dans cette étude on utilise une filtration sous Buchner, l'entonnoir Büchner (figure 4) est un équipement de laboratoire utilisé pour la filtration sous vide. Il permet également le séchage partiel des solides. Il est traditionnellement fait en porcelaine ou en verre fritté.



*Figure 4 : Entonnoir de Buchner*

### II.4. Protocole expérimental

#### II.4.1. Montmorillonite K10

Elle consiste à introduire dans un bécher une masse de 0,1 g à 5 g de la poudre d'argile montmorillonite K10 puis ajouter 50 mL d'eau brute mesurée à l'aide d'une éprouvette graduée. Le mélange est soumis à une agitation magnétique pendant 30 mn. Après agitation le mélange a été laissé décanter puis filtré avec un papier filtre et d'un entonnoir de Buchner et l'eau filtrée obtenue est caractérisée.

On mesure la conductivité et le pH en cherchant la masse optimale, qui correspond à la conductivité la plus faible dans le filtrat.

Après avoir obtenu la dose optimale on ajoute 50 mL de l'EB qu'on agite sur une durée d'agitation de 15, 30, 60, 90 et 120 mn, on mesure aussi la conductivité et le pH. La durée d'agitation optimale correspond à la conductivité la plus faible dans le filtrat.

#### II.4.2. Montmorillonite K10 plus 50% de latérite

##### ➤ Latérite

La latérite (du latin later, brique) est une roche rouge ou brune, qui se forme par altération des roches sous les climats tropicaux. Le sens large désigne l'ensemble des matériaux, meubles ou indurés, riches en hydroxydes de fer ou en hydroxyde d'aluminium, constituant des sols, des horizons superficiels, des horizons profonds de profil d'altération. On trouve des latérites surtout en domaine intertropical. Elles recouvrent 33 % des continents [W7].

### ➤ **Montmorillonite K10 plus 50% de latérite**

C'est le même protocole expérimental qui est utilisé que pour la filtration avec l'argile montmorillonite K10. On ajoute 50% de latérite c'est-à-dire 0,5 g d'argile et 0,25 g de latérite à 5 g d'argile à 2,5 g de latérite respectivement puis on ajoute 50 mL de l'EB. Le mélange est soumis à une agitation magnétique pendant 30 mn. Après agitation, le mélange a été laissé décanter puis filtré avec un papier filtre et un entonnoir de Buchner et pour l'eau filtrée obtenue on mesure la conductivité et le pH en cherchant la dose optimale. On mesure la masse optimale qu'on agite avec 50 mL de l'EB pour une durée d'agitation de 15, 30, 60, 90 et 120 mn, on mesure aussi la conductivité et le pH puis la durée optimale évaluée.

### ➤ **Montmorillonite K10 plus 100% de latérite**

C'est le même protocole expérimental que celui utilisé avec l'argile montmorillonite K10 et 50% de latérite qui a été effectué.

### **II.4.3. Montmorillonite KSF**

Le même protocole expérimental est utilisé que pour la montmorillonite K10.

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

### III.1. Composition de l'eau brute prélevée au niveau d'un robinet au quartier DIABIR à Ziguinchor.

Le quartier DIABIR est situé aux alentours de l'université ASSANE SECK de Ziguinchor.

Le tableau 4 présente les résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon d'eau brute prélevé au niveau d'un robinet au quartier DIABIR à Ziguinchor. Ces résultats montrent que la conductivité et les ions chlorures, qui ont des concentrations respectives de 1616  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et de 273,3 mg/L, sont au-dessus des valeurs maximales recommandées par l'OMS (1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 250 mg/L respectivement). Par contre, les paramètres tels que le pH, les ions nitrates, sulfates et fluorures ont des teneurs qui respectent les recommandations de l'OMS.

*Tableau 4 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau brute.*

Paramètres	Valeurs	Unité de mesure	Normes
pH	7,8	-	6-9
Conductivité	1616	$\mu\text{S}/\text{cm}$	<1000
Sulfates	220	mg/L	<500
Fluorures	1,11	mg/L	<1,5
Nitrates	27,4	mg/L	<50
Chlorures	273,3	mg/L	<250

### III.2. Evolution des paramètres de fonctionnement

Une eau de qualité doit avoir une certaine teneur en minéraux. Pour que ce dernier soit optimal, il est important de connaître la masse optimale ; masse qui peut être obtenue en faisant les tests suivants :

#### III.2.1. Argile montmorillonite K10

##### III.2.1.1. Effet de la dose d'adsorbant

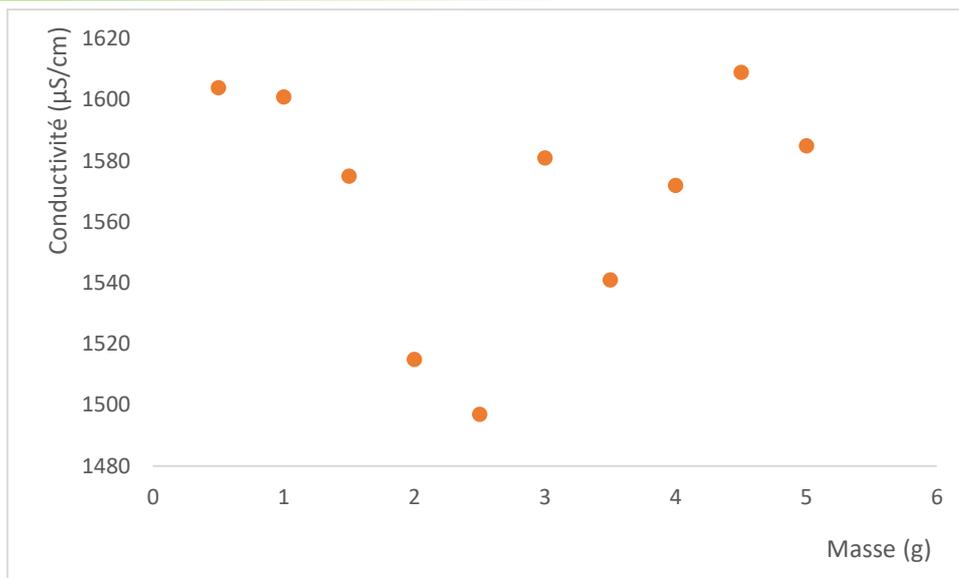
##### ✓ Conductivité

Les résultats de la filtration de l'eau brute (EB) avec l'argile montmorillonite K10 sont présentés dans le tableau 5.

*Tableau 5: Variation de la conductivité de l'EB avec l'argile K10 dans le filtrat*

Masse (g)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1604	1601	1575	1515	1497	1581	1541	1572	1609	1585

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS



**Figure 5:** Conductivité du filtrat en fonction de la masse d'argile K10.

La figure 5 représente la variation de la conductivité de l'eau filtrée après une période d'agitation de 30 minutes en fonction de la masse d'argile K10. La conductivité dans le filtrat baisse de 1604 à 1497  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour une masse d'argile variant entre 0,5 et 2,5 g d'argile. Au-delà de 2,5 g, la conductivité a une variation en dents de scie et atteint une valeur maximale de 1609  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Par conséquent, la masse optimale d'argile permettant d'avoir la plus faible conductivité est de 2,5 g. Nous avons donc considéré cette dernière pour chercher la durée optimale d'agitation en faisant varier le temps de 15 minutes à 120 minutes.

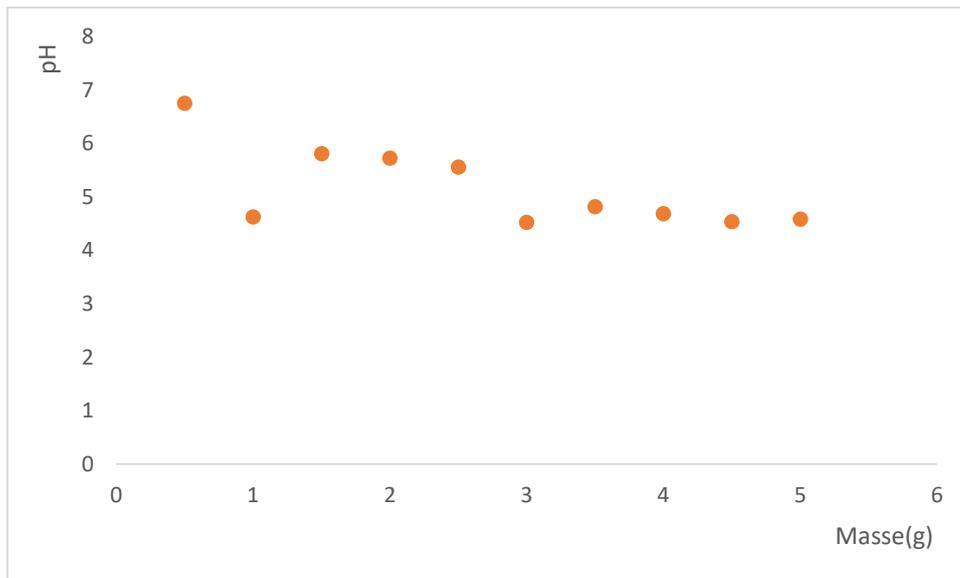
On constate une augmentation de la conductivité de l'eau filtrée par rapport à l'eau brute. Cette augmentation est due à un passage des ions des filtres vers l'eau filtrée lors du traitement tout en restant dans l'intervalle des recommandations fixées par l'OMS ( $180 < C < 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### ✓ pH

Les résultats de la filtration de l'EB avec l'argile montmorillonite K10 sont représentés dans le tableau 6.

**Tableau 6 :** pH de l'eau filtrée avec d'argile K10 en fonction de la masse

Masse (g)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
pH	6,76	4,63	5,81	5,73	5,56	4,53	4,82	4,69	4,54	4,59



**Figure 6 :** pH du filtrat en fonction de la masse d'argile K10.

La variation du pH de l'eau filtrée après une durée d'agitation de 30 minutes en fonction de la masse d'argile K10 est représentée sur la figure 6 ci-dessous. Ici, le pH dans le filtrat baisse de 6,73 à 4,63 avec une masse de 0,5 à 1 g, respectivement. Entre 1,5 et 2,5 g, le pH est presque constant variant entre 5,81 et 5,56. Pour une masse de 3 à 5 g, le pH a une valeur moyenne de 4,59 et varie très peu. On note une diminution du pH des eaux filtrées, en fonction de la masse d'argile pour une durée d'agitation de 30 minutes

Après la filtration à travers l'argile montmorillonite K10, la variation de la conductivité diminue largement. Malgré cette diminution les valeurs obtenues sont au-dessus des recommandations fixées par l'OMS ( $180 < C < 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$  pour la conductivité) ; ce qui se traduit toujours par une minéralisation assez forte [W8]. Le pH qui était initialement alcalin devient acide variant entre 6,76 à 4,59. Donc on peut dire que l'argile montmorillonite K10 provoque la libération des ions  $\text{H}^+$  provenant de l'acide sulfurique entraînant une augmentation de l'acidité dans l'eau filtrée.

### III.2.1.2. Effet du temps de contact

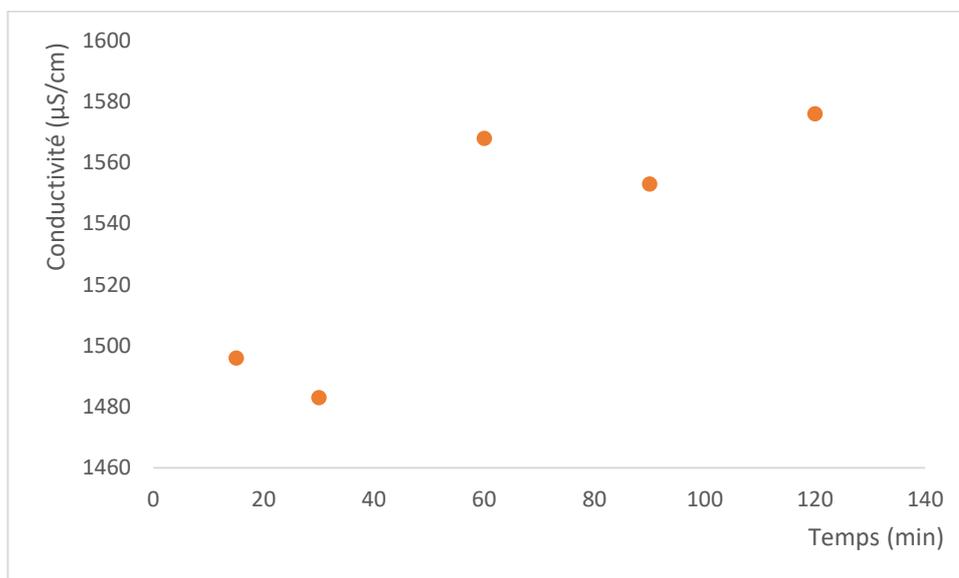
Les résultats obtenus dans la sous-section précédente, nous remarquons que la masse optimale pour le processus d'adsorption est de 2,5 g car elle correspond à la masse où la diminution de la conductivité est maximale.

#### ✓ Conductivité

La variation de la conductivité dans le filtrat en fonction du temps avec la montmorillonite K10 est représentée dans le tableau 7. La masse de montmorillonite introduit est de 2,5 g correspond à la masse optimale.

**Tableau 7 :** Variation de la conductivité dans le filtrat en fonction du temps avec l'argile K10.

Durée (mn)	15	30	60	90	120
Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1496	1483	1568	1553	1576



**Figure 7:** Conductivité en fonction du temps pour une masse de 2,5 g d'argile K10.

Après avoir déterminé la masse optimale de 2,5 g d'argile K10, la conductivité baisse de 1496 à 1483  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lorsqu'on augmente la durée d'agitation de 15 minutes à 30 min. On constate que de 30 min à 1 h de temps la conductivité augmente progressivement jusqu'à 1568  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et atteint la valeur maximale de 1576  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour une durée de 1 h 30 à 2 h. Lorsqu'on augmente la durée d'agitation la conductivité augmente. Au-delà du temps optimal où l'adsorption est maximale.

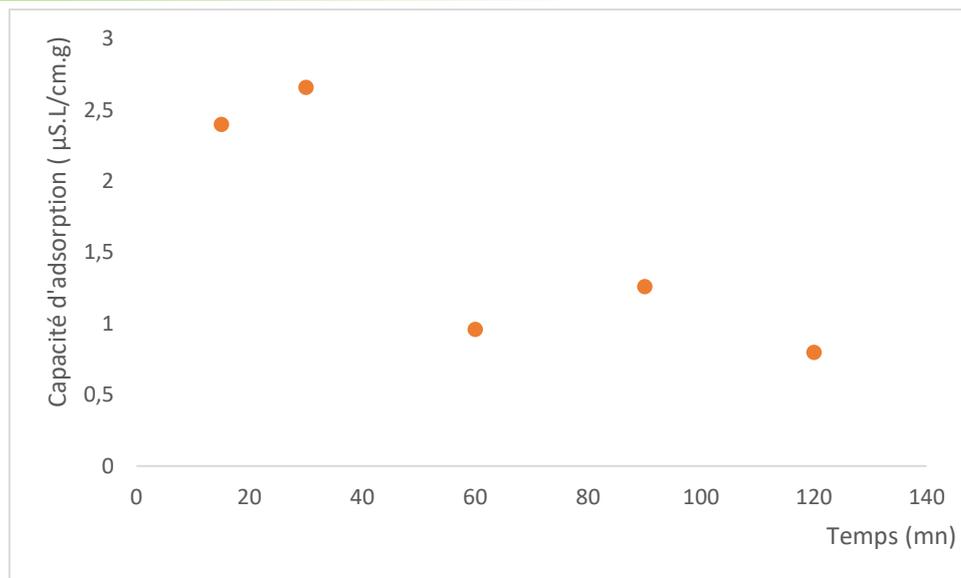
### ✓ Capacité d'adsorption

L'équation de la capacité d'adsorption à l'équilibre **4** est utilisée pour déterminer la capacité d'adsorption de la conductivité après une durée d'agitation donnée.

La capacité de l'adsorbant vis à vis de la conductivité en fonction du temps de l'argile K10 est représentée dans le tableau 8.

**Tableau 8 :** Capacité d'adsorption de l'argile K10

Durée (mn)	15	30	60	90	120
$q_e$ ( $\mu\text{S.L}/\text{cm.g}$ )	2,4	2,66	0,96	1,26	0,8



**Figure 8** : Capacité d'adsorption de l'argile K10 en fonction du temps

La capacité d'adsorption de la conductivité de l'argile K10 en fonction du temps est représentée sur la figure 8. La capacité augmente de 2,4 à 2,66 pour une durée d'agitation de 15 à 30 mn. De 30 mn à 1 h de temps, la capacité diminue progressivement jusqu'à 0,96 et atteint la valeur minimale de 0,8. Cette diminution de la capacité d'adsorption montre qu'au-delà du temps d'équilibre de 15 minutes, les sites adsorbants deviennent saturés, ce qui se traduit par une baisse de la capacité d'adsorption.

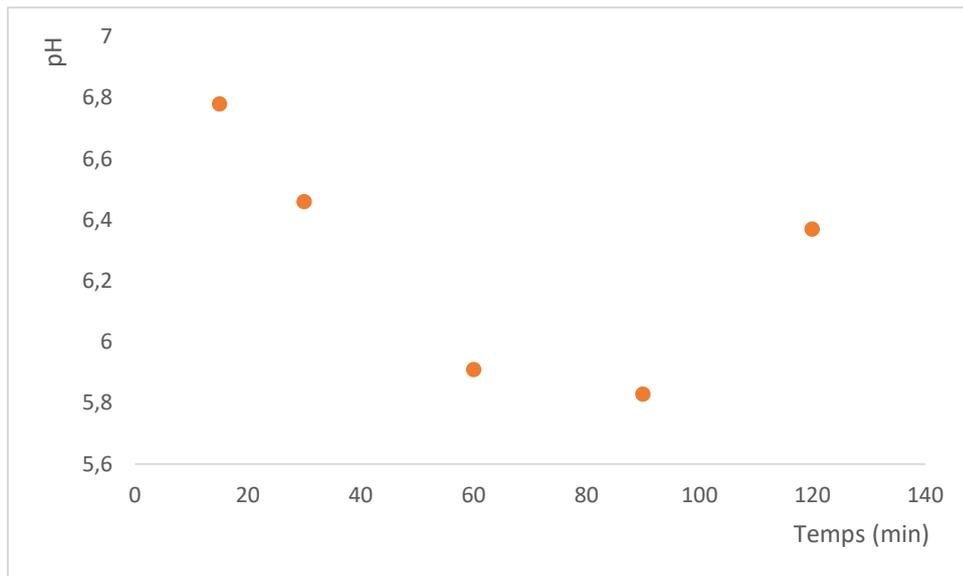
L'augmentation de la concentration d'adsorbant implique une plus grande surface d'argile montmorillonite et par conséquent, un plus grand nombre de sites de liaison possible [17].

### ✓ pH

La variation du pH dans le filtrat en fonction du temps d'agitation avec une masse de montmorillonite K10 égale à 2,5 g est représentée dans le tableau 8

**Tableau 9** : pH de l'eau filtrée en fonction du temps pour 2,5 g d'argile K10.

Durée (mn)	15	30	60	90	120
pH	6,78	6,46	5,91	5,83	6,37



**Figure 9 :** pH en fonction du temps pour une masse de 2,5 g d'argile K10.

La durée d'agitation avec la masse optimale d'argile K10 nous permet d'obtenir la figure 9 qui montre la variation du pH en fonction du temps de l'argile K10. Le pH diminue de 6,78 à 5,83 pour une durée entre 15 à 90 minutes. A 90 minutes la variation du pH augmente à 6,37. L'augmentation de la conductivité et la baisse du pH est probablement due au relargage de certains éléments de l'argile dans la solution, par suite des réactions chimiques qui interviennent [25].

### III.2.2. Montmorillonite K10 plus 50% de latérite

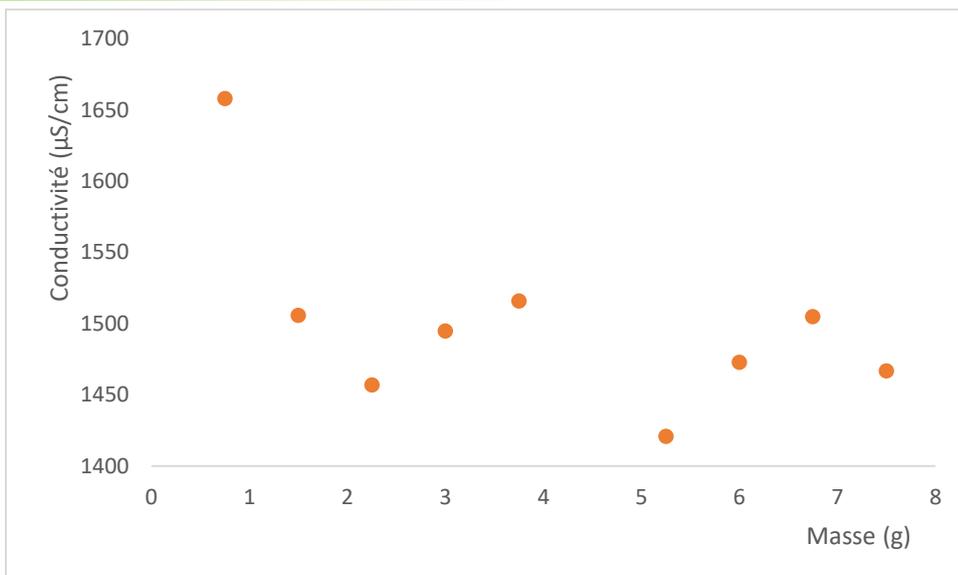
#### III.2.2.1. Effet de la dose d'adsorbant

##### ✓ Conductivité

Les résultats de la filtration avec de l'argile K10 plus 50% de latérite sont représentés dans le tableau 10.

**Tableau 10 :** Variation de la conductivité dans le filtrat avec l'argile K10 plus 50% de latérite.

Masse (g)	0,75	1,5	2,25	3	3,75	5,25	6	6,75	7,5
Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1658	1506	1457	1495	1516	1421	1473	1505	1467



**Figure 10** : Conductivité en fonction de la masse d'argile K10 plus 50% de latérite.

La figure 10 représente la variation de la conductivité de l'eau filtrée après une période d'agitation de 30 minutes en fonction de la masse d'argile de K10 plus 50% de latérite. La conductivité dans le filtrat baisse de 1658 à 1457 µS/cm pour une masse d'argile variant entre 0,75 g (0,5 g d'argile plus 0,25 g de latérite) et 2,25 g (1,5 g d'argile plus 0,75 g de latérite). Entre une masse de 2,25 à 3,75 g, la conductivité augmente de 1457 à 1516 µS/cm. On a une baisse brusque de 1516 à 1421 µS/cm entre 3,75 à 5,25 g. Au-delà de 6 g, la conductivité augmente légèrement avec une valeur de 1505 µS/cm.

Par conséquent, on a obtenu la conductivité la plus faible qui est de 1421 µS/cm avec une masse de 5,25 g (3,5 g d'argile K10 et 1,75 g de latérite) ce qui correspond à la masse optimale d'argile et de latérite.

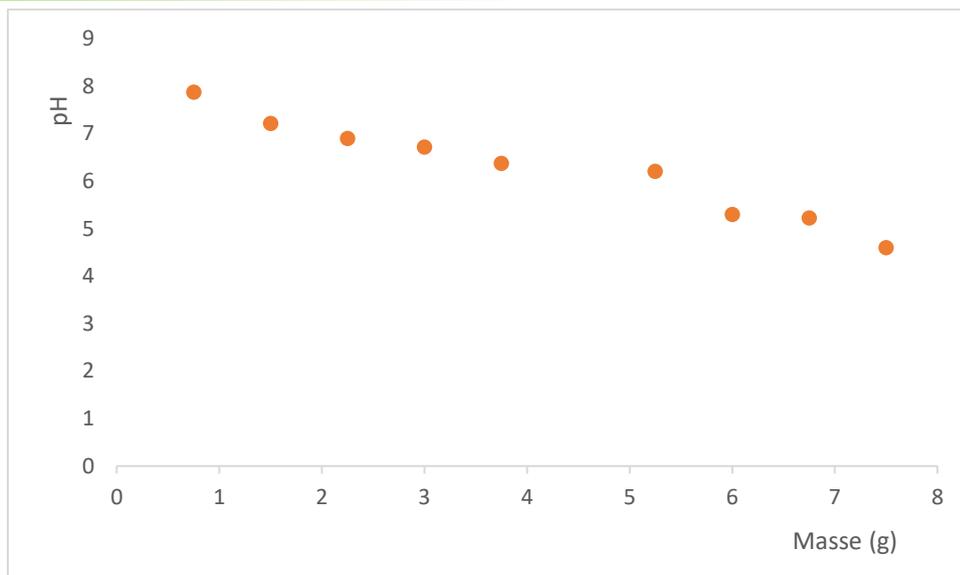
On constate une diminution des valeurs de la conductivité des eaux filtrées en fonction de la masse. Cependant les valeurs obtenues sont supérieures à la limite recommandée par l'OMS.

✓ **pH**

Le pH du filtrat en fonction de la masse d'argile K10 plus 50% de latérite est représenté dans le tableau 11.

**Tableau 11** : Variation du pH dans le filtrat avec de l'argile K10 plus 50% de latérite.

Masse (g)	0,75	1,5	2,25	3	3,75	5,25	6	6,75	7,5
pH	7,88	7,22	6,9	6,72	6,38	6,21	5,3	5,23	4,6



**Figure 11 :** *pH en fonction de la masse d'argile K10 plus 50% de latérite.*

Le pH du filtrat de l'eau brute en fonction de la masse d'argile K10 plus 50% de latérite est indiqué sur la figure 11. Le pH dans le filtrat baisse de 7,88 à 4,6 pour une masse variant entre 0,75 (0,5 g d'argile K10 plus 0,25 g de latérite) et 7,5 g (5 g d'argile de K10 plus 2,5 g de latérite).

Le pH de l'EB est initialement alcalin, après filtration le pH reste acide. On constate que lorsqu'on augmente la dose d'adsorbant le pH des eaux filtrées diminue. Cette baisse du pH est due à un apport d'ions  $H^+$  provenant de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) provenant de la montmorillonite K10.

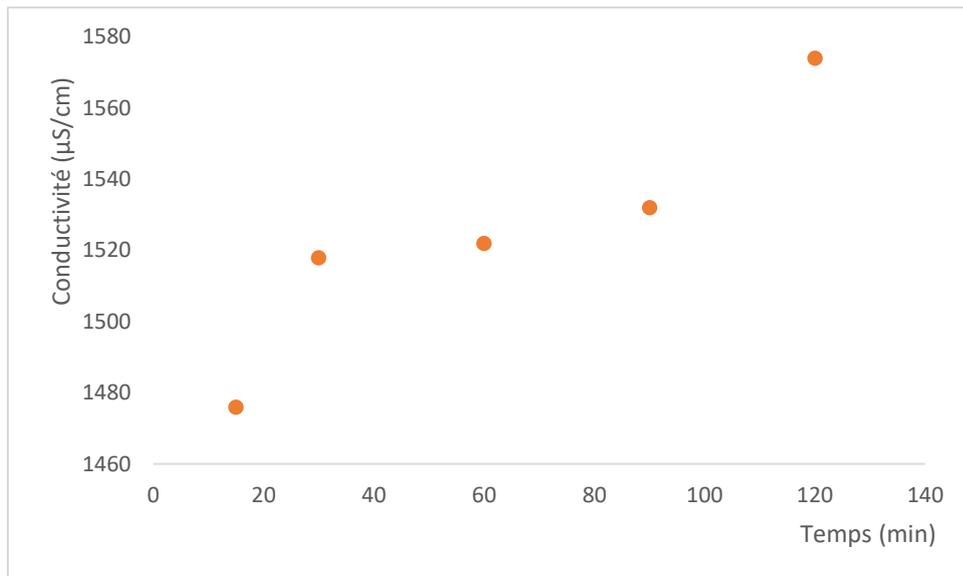
### III.2.2.2. Effet du temps de contact

#### ✓ Conductivité

La variation de la conductivité en fonction du temps de l'argile K10 plus 50% de latérite après la détermination de la masse optimale est représentée dans le tableau 12.

**Tableau 12 :** *Variation de la conductivité dans le filtrat avec l'argile K10 plus 50% de latérite.*

Durée (mn)	15	30	60	90	120
Conductivité ( $\mu S/cm$ )	1476	1518	1522	1532	1574



**Figure 12** : Conductivité en fonction du temps pour une masse de 3,5 g d'argile K10 plus 50% de latérite.

La figure 12 représente la variation de la conductivité en fonction du temps de l'argile K10 plus 50% de latérite avec la masse optimale. La conductivité dans le filtrat augmente de 1476 à 1518 µS/cm pour une durée de 15 à 30 minutes. Entre 30 et 90 minutes, la conductivité est presque constante (1518 à 1532 µS/cm). Elle atteint une valeur maximale de 1574 µS/cm au bout de 120 minutes d'agitation.

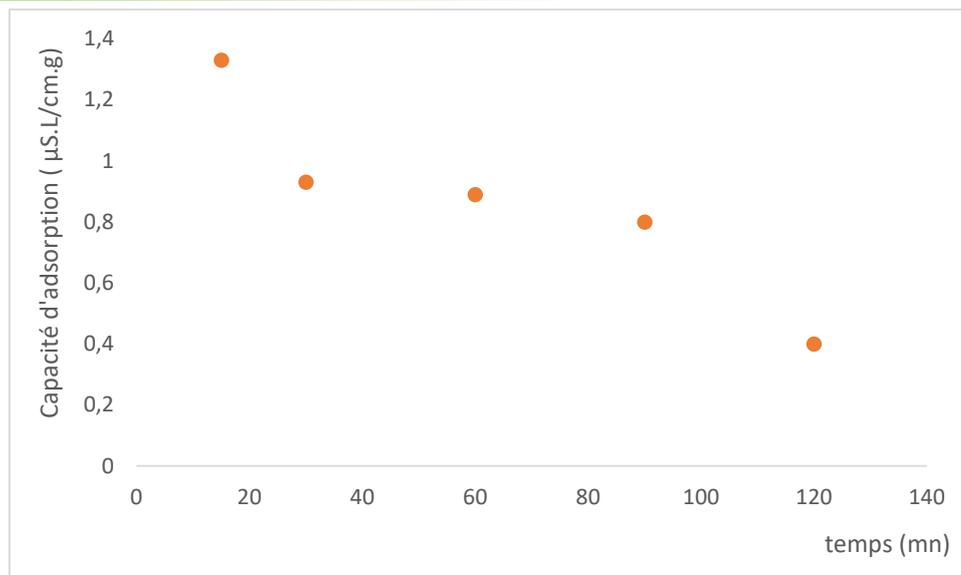
On peut dire lorsqu'on augmente la durée d'agitation, les valeurs des conductivités augmentent. Ce qui veut dire que l'adsorbant est saturé au bout de 15 minutes d'agitation.

✓ **Capacité de l'adsorbant**

Les capacités d'adsorption à l'équilibre, déterminées avec l'équation (E4) nous permet d'obtenir le tableau 13.

**Tableau 13** : Capacité d'adsorption d'argile K10 plus 50% de latérite

Durée (mn)	15	30	60	90	120
$q_e$ (µS.L/cm.g)	1,33	0,93	0,89	0,8	0,4



**Figure 13 :** Capacité d'adsorption de l'argile K10 plus 50% de latérite en fonction du temps.

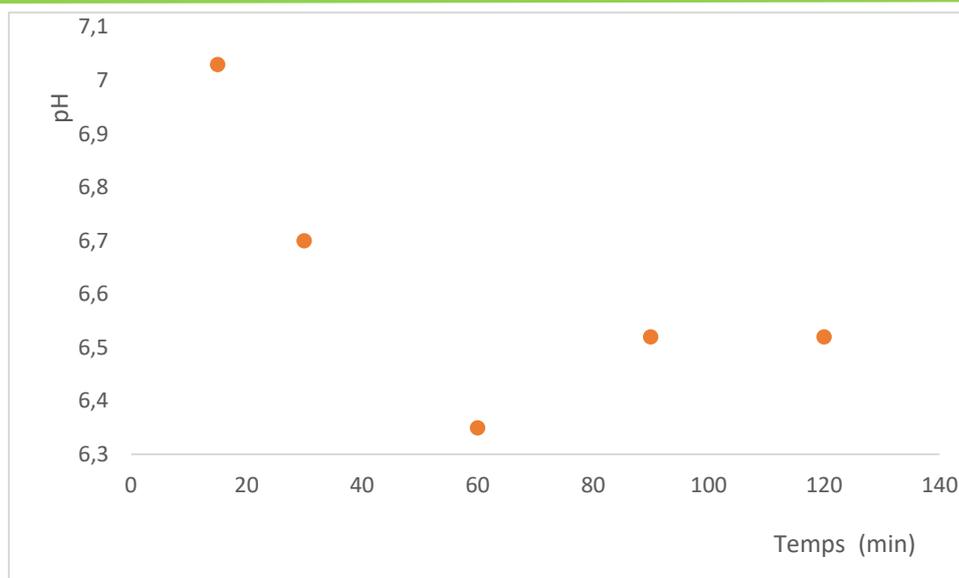
La capacité d'adsorption de l'argile K10 plus 50% de latérite est représentée sur la figure 13 ci-dessus. La capacité de l'adsorbant diminue 1,33 à 0,4 pour une durée de 15 à 120 mn. Ici  $q_e$  diminue, la salinité augmente aussi.

### ✓ pH

La variation du pH en fonction du temps avec une masse de 3,5 g d'argile K10 plus 50% de latérite est représentée dans le tableau 14.

**Tableau 14 :** pH dans le filtrat avec 3,5 g de l'argile K10 plus 50% de latérite.

Durée (mn)	15	30	60	90	120
pH	7,03	6,7	6,35	6,52	6,52



**Figure 14 :** pH en fonction du temps pour une masse de 3,5 g d'argile K10 plus 50% de latérite.

Le pH de l'eau filtrée en fonction de la durée d'agitation est représenté sur la figure 14. Cette figure nous montre que le pH diminue de 7,03 à 6,35 pour une durée de 15 à 60 minutes. Entre 1 à 2 h, on constate que le pH augmente légèrement de 6,35 à 6,52. Ici le pH reste acide avec l'ajout de 50% de latérite. On constate que le pH des eaux filtrées est acide d'où une augmentation de la concentration des ions  $[H_3O]^+$ . Cette augmentation proviendrait des ions  $H^+$  de l'acide sulfurique de la montmorillonite K10.

### III.2.3. Montmorillonite K10 plus 100% de latérite

#### III.2.3.1. Effet de la dose d'adsorbant

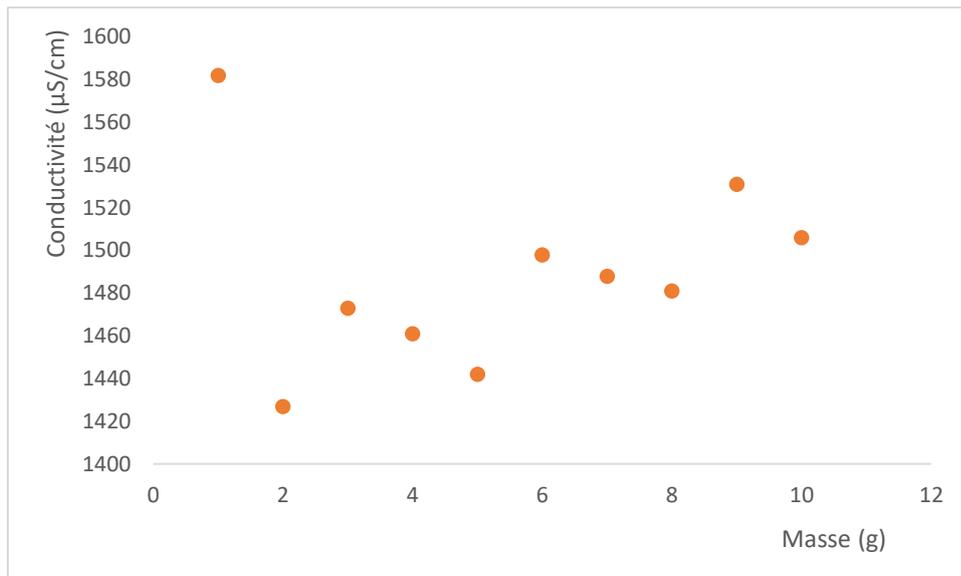
##### ✓ Conductivité

La variation de la conductivité en fonction de la masse d'argile K10 plus 100% de latérite est représentée dans le tableau 15.

**Tableau 15 :** Variation de la conductivité dans le filtrat avec l'argile K10 plus 100% de latérite.

Masse (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Conductivité ( $\mu S/cm$ )	1582	1427	1473	1461	1442	1498	1488	1481	1531	1506

### CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS



**Figure 15 :** Conductivité en fonction de la masse de l'argile K10 plus 100% de latérite.

La variation de la conductivité de l'eau filtrée après une durée d'agitation de 30 minutes en fonction de la masse d'argile K10 plus 100% de latérite est représentée sur la figure 15. La conductivité dans le filtrat baisse de 1582 à 1427  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour une masse variant entre 1 g (0,5 g d'argile plus 0,5 g de latérite) et 2 g (1 g d'argile plus 1 g de latérite). Au-delà, la conductivité a une variation en dents de scie et atteint une valeur maximale de 1531  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La masse optimale d'argile permettant d'avoir la plus faible conductivité est de 2 g c'est-à-dire 1 g d'argile K10 et 1 g de latérite. Nous avons donc considéré cette dernière pour chercher la durée optimale en faisant varier le temps de 15 à 120 minutes.

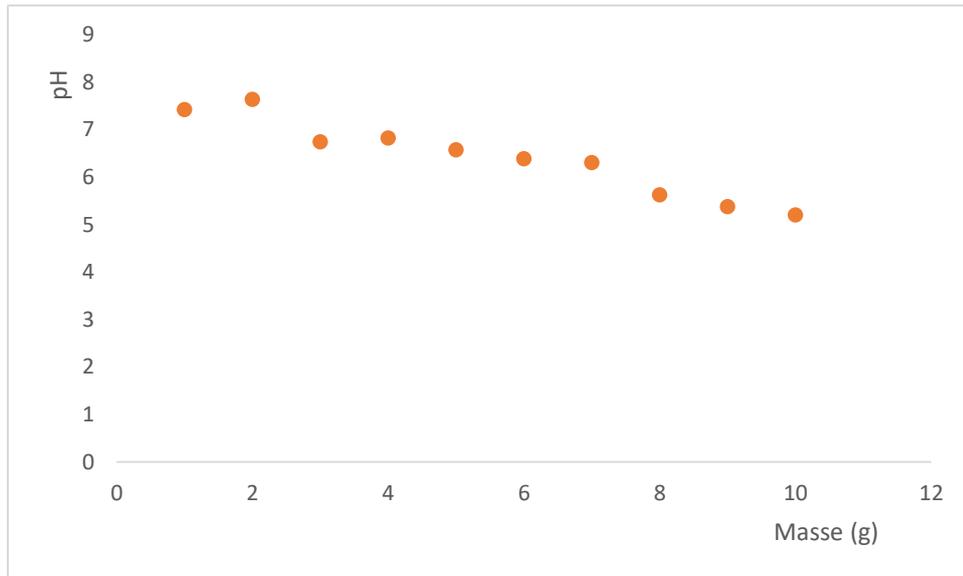
On obtient une diminution des valeurs de la conductivité qui est inférieure à celle dans l'EB, mais toujours au-delà de la valeur recommandée par l'OMS.

#### ✓ pH

Le pH en fonction de la masse de l'argile K10 plus 100% de latérite est représenté dans le tableau 16.

**Tableau 16 :** pH dans le filtrat avec l'argile K10 plus 100% de latérite.

Masse (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	7,43	7,64	6,75	6,83	6,58	6,39	6,31	5,63	5,38	5,21



**Figure 16 :** pH en fonction de la masse de l'argile K10 plus 100% de latérite.

Le pH de l'eau filtrée après une durée d'agitation de 30 minutes en fonction de la masse d'argile K10 plus 100% de latérite est représenté sur la figure 16 ci-dessus. Le pH diminue légèrement de 7,43 à 5,21 pour des masses de 1 g (0,5 g d'argile K10 plus 0,5 g de latérite) et 10 g (5 g d'argile K10 plus 5 g de latérite). Lorsqu'on augmente la dose d'adsorbant le pH qui était initialement alcalin devient acide. Une diminution du pH s'explique par une augmentation de la concentration des ions  $H^+$  provenant de l'acide sulfurique de la montmorillonite K10.

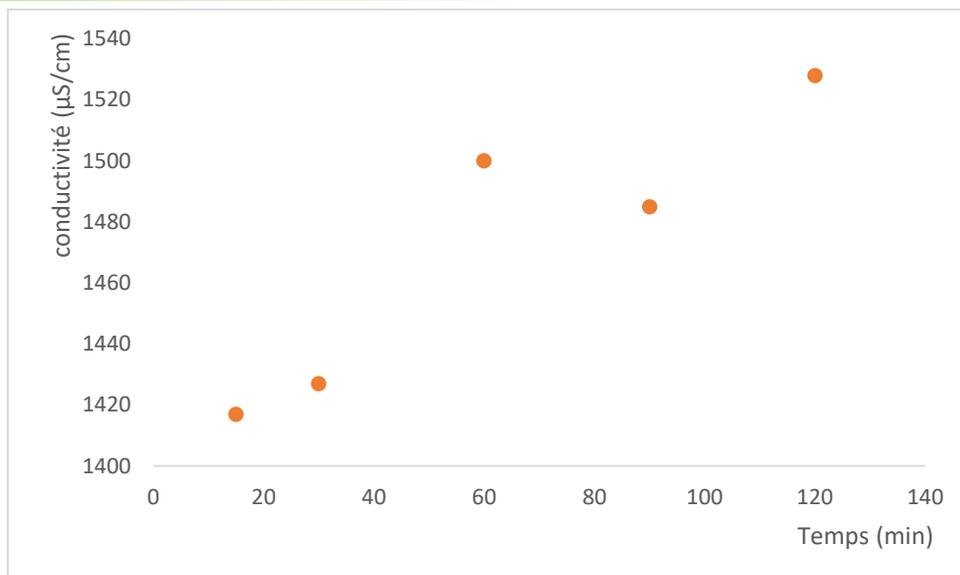
### III.2.3.2. Effet du temps de contact

#### ✓ Conductivité

La variation de la conductivité en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% de latérite avec la masse optimale de 2 g est représentée dans le tableau 17

**Tableau 17:** Conductivité dans le filtrat avec de l'argile K10 plus 100% de latérite.

Durée (mn)	15	30	60	90	120
Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1417	1427	1500	1485	1528



**Figure 17 :** Conductivité en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% latérite.

La détermination de la masse optimale sur la figure 15 est de 2 g. La figure 17 détermine la variation en fonction du temps de la conductivité de l'argile K10 plus 100% de latérite. On constate qu'entre 15 et 30 minutes la conductivité augmente légèrement de 1417 à 1427  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Au-delà de 30 minutes la conductivité évolue en dents de scie et atteint la valeur maximale de 1528  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Une augmentation de la conductivité des eaux filtrées par rapport à l'EB, montre que les sites actifs sont saturés au bout de 15 minutes de filtration.

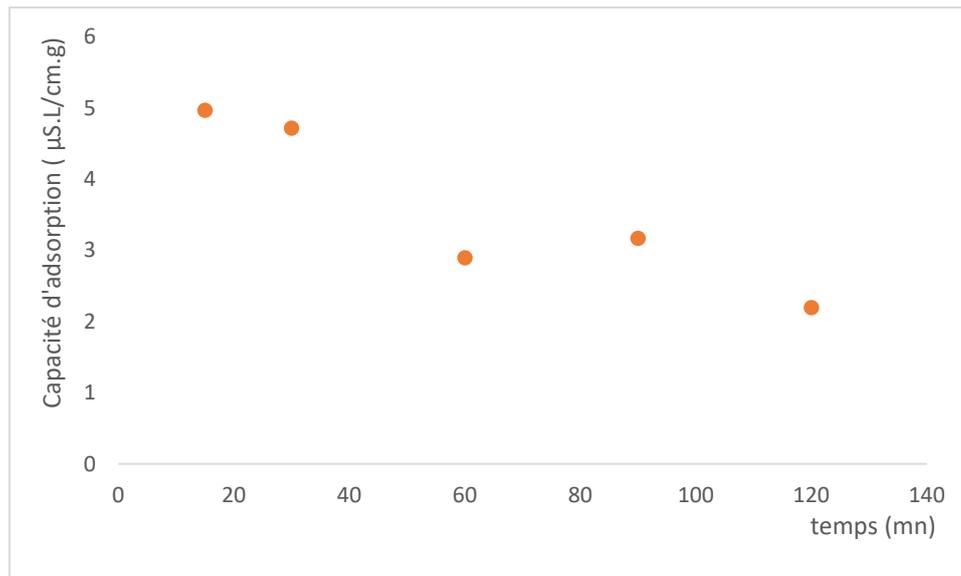
### ✓ Capacité de l'adsorbant

La capacité de l'adsorbant vis-à-vis de la conductivité en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% latérite est représentée dans le tableau 18

**Tableau 18 :** Capacité d'adsorption de l'argile K10 plus 100% latérite.

Durée (mn)	15	30	60	90	120
$q_e$ ( $\mu\text{S.L}/\text{cm.g}$ )	4,97	4,72	2,9	3,17	2,2

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS



**Figure 18 :** Capacité de l'adsorbant en fonction du temps avec l'argile K10 plus 100% de latérite.

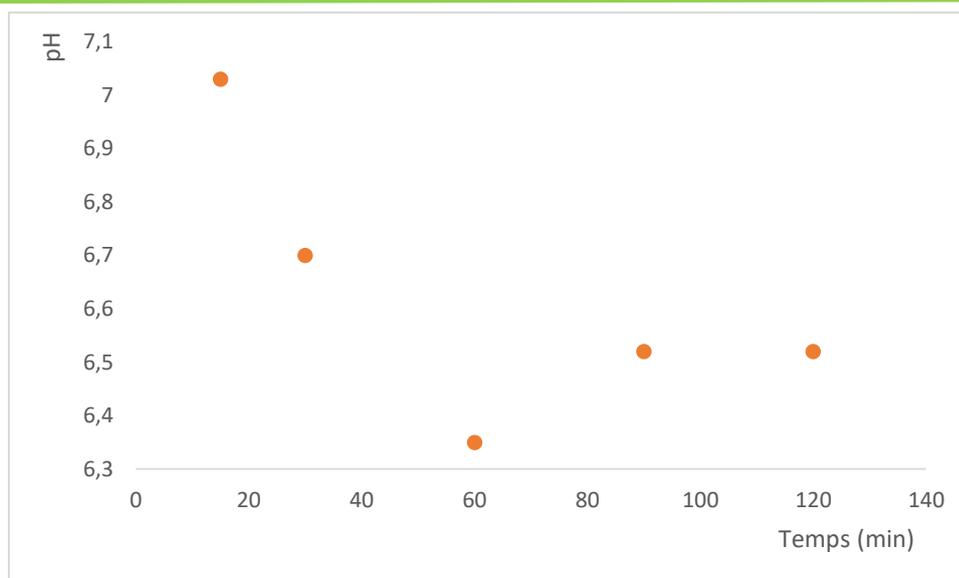
La figure 18 montre la capacité de l'adsorbant en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% de latérite. La variation de la capacité d'adsorption diminue de 4,97 à 2,9 pour une durée de 15 à 60 mn. A 60 mn la capacité augmente légèrement de 2,9 à 3,17 et baisse de 3,17 à 2,2 de 90 à 120 mn. La diminution de la capacité d'adsorption en fonction du temps s'explique par la saturation des sites adsorbants de l'argile et de la latérite.

### ✓ pH

La variation du pH en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% de latérite avec la masse optimale de 2 g est représentée dans le tableau 19.

**Tableau 19 :** pH dans le filtrat avec de l'argile K10 plus 100% de latérite.

Durée (mn)	15	30	60	90	120
pH	7,03	6,7	6,35	6,52	6,52



**Figure 19** : pH en fonction du temps de l'argile K10 plus 100% latérite.

La figure 19 représente la variation du pH en fonction du temps avec l'argile K10 plus 100% de latérite. Le pH diminue linéairement de 7,03 à 6,35 pour une durée d'agitation de 15 à 60 minutes. Entre 60 et 120 minutes la variation du pH passe de 6,35 à 6,52. Le pH est acide, ce qui s'explique par la libération d'ions  $H^+$  provenant de  $H_2SO_4$  de la montmorillonite K10.

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de latérite n'a pas d'influence majeure sur la réduction des paramètres physico-chimiques étudiés.

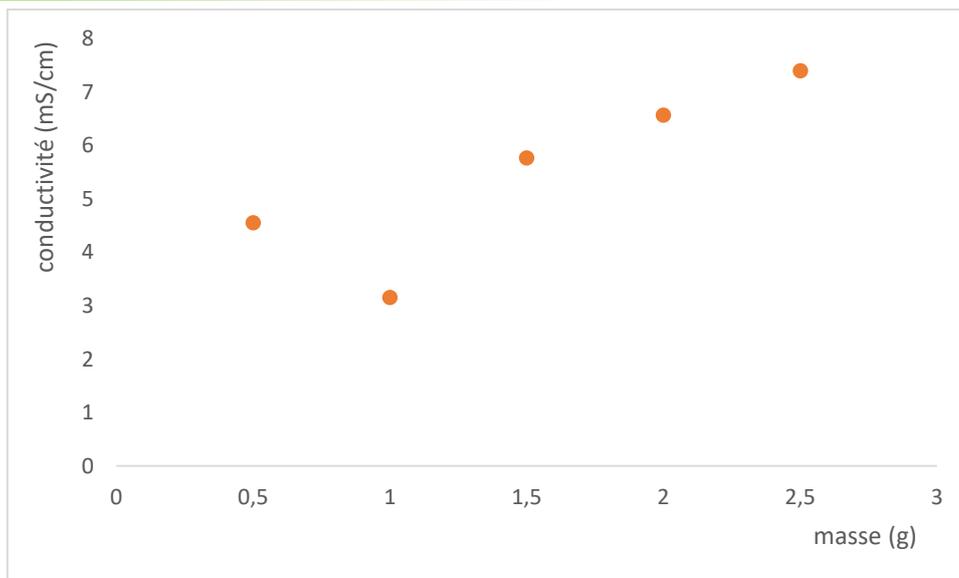
### III.2.4. Montmorillonite KSF

#### III.2.4.1. Effet de la dose d'adsorbant

La variation de la conductivité en fonction de la masse d'argile KSF est représentée dans le tableau 20.

**Tableau 20** : Variation de la conductivité du filtrat avec l'argile KSF.

Masse (g)	0,5	1	1,5	2	2,5
Conductivité (mS/cm)	4,56	3,16	5,77	6,57	7,4



**Figure 20 :** Conductivité en fonction de la masse d'argile KSF.

La figure 20 illustre la variation de la conductivité du filtrat en fonction de la masse d'argile KSF. La conductivité augmente de 4,56 à 7,5 mS/cm entre 0,5 à 2,5 g, et on obtient la plus faible conductivité à 1 g. Les valeurs obtenues sont supérieures à celles de la conductivité de l'eau brute.

Dans cette étape on n'a pas pu avoir de bons résultats à cause de l'appareil de conductivité utilisée, ces valeurs étaient très grandes par rapport à celles attendues. Pour cette raison nous avons jugé important de continuer les expériences avec l'argile KSF.

### CONCLUSION

Le développement d'un pays passe par la mise en place d'une bonne politique de gestion de ses ressources naturelles. L'eau est une ressource vitale, elle présente l'une des ressources naturelles les plus sensibles et les plus fragiles. Elle est un facteur de développement économique et social qui n'a pas de substitut.

Dans cette étude, qui consiste à évaluer l'efficacité de matériaux filtrants pour le traitement des eaux. Nous avons pu mieux cerner les avantages et les limites de cette technique de traitement de l'eau. Les analyses physico-chimiques de l'eau brute montrent que la conductivité et les ions chlorures, qui ont des concentrations respectives de 1616  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 273,3 mg/L, sont au-dessus des valeurs maximales recommandées par l'OMS (1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 250 mg/L, respectivement). Par contre, les paramètres tels que le pH, les ions nitrates, sulfates et fluor ont des teneurs qui respectent les recommandations de l'OMS. L'objectif de cette étude a été d'essayer différentes compositions des montmorillonites KSF et K10 afin de connaître le ratio qui permettrait d'obtenir un filtre performant en termes de traitement physico-chimique des eaux.

Des résultats obtenus, nous pouvons dire que l'utilisation des argiles peut être sérieusement envisagée pour réduire la salinité de l'eau sans avoir recours à des techniques très coûteuses et qui nécessitent des moyens de gestion et de maintenance très importantes.

Les filtrats obtenus avec l'argile K10 ont des effets sur la conductivité de l'eau brute et du pH mais ces valeurs de conductivité restent toujours au-dessus des recommandations de l'OMS.

On obtient une diminution du pH qui s'explique par une augmentation de la concentration des ions  $\text{H}^+$  dans ces eaux qui est due à la présence de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dans la composition minéralogique de la montmorillonite K10.

L'utilisation de la latérite que nous avons mélangé avec l'argile montmorillonite K10 n'a pas d'effets significatifs sur la conductivité et le pH. Une meilleure connaissance du dosage de ce matériau avec l'argile pourrait donner de meilleurs résultats.

En faisant plusieurs cycles de filtration avec les filtrats, on devrait pouvoir obtenir une conductivité respectant les recommandations de l'OMS. Il serait également utile d'envisager d'autres types de mélanges, notamment les charbons actifs issus de la biomasse agricole locale, pour étudier leur efficacité pour le traitement de ces eaux fortement minéralisées.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Maurel A. Dessalement de l'eau de mer et les eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. Technique et Documentation. 2<sup>ème</sup> édition, **2006**, 286.
- [2]. Meenakshi R. C. Maheshwari. Fluoride in drinking water and its removal. Journal of Hazardous Materials B137, **2006**, 456–463.
- [3]. Diop S. N. Elimination partiel du fluor et de la salinité des eaux souterraines du bassin arachidier par nanofiltration et par adsorption sur argile. Thèse de Doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, **2010**, 205.
- [4]. Coulibaly K. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de Doctorat Université de Bamako, **2005**, 69.
- [5]. World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. **2009**, 349.
- [6]. Dr. Saïdou Nourou Diop. Eau et titre de l'eau. Manuel de cours Master II UASZ, 2-10.
- [7]. Zohra Dali-Youcef, Hassiba Bouabdasselem, Nouredine Bettahar. Élimination des composés organiques par des argiles locales. C. R. Chimie 9, **2006**, 1295–1300.
- [8]. Ferandon O., Mas G., M.T. Waais, Tribune de l'Eau 51, **1998**, 25.
- [9]. Peker S, Yapar S, Besun N. Adsorption behavior of a cationic surfactant on montmorillonite. Colloid. Surf. A 104, **1995**, 249.
- [10]. Jonas, A. Y.Y. Argile et Environnement. Cours master 1. Chimie du solide et des matériaux. Université Assane Seck de Ziguinchor **2018**, 56.
- [11]. Cailleres, Herin S., Rautureau M., Minéralogie des argiles : Structure et propriétés physico-chimiques (Tome 1), éd. E.M. Paris **1982**, 180-184.
- [12]. Elodie B Bleu. Concept et évolution de l'efficacité des filtres en céramique. Le 28 janvier **2014**. Mémoire d'ingénierie de l'eau et de l'environnement.
- [13]. Pontié M, Schrotter J. C, Lhassani A, Diawara C. K. «Traitement des eaux destinées à la consommation humaine. Elimination domestique et industrielle du fluor en excès. Fluor et Environnement», L'actualité chimique – n<sup>o</sup> 301-302 Octobre-Novembre **2006**, 2-7.
- [14]. Fan X, Parker D.J, Smith M.D. Adsorption kinetics of fluoride on low cost materials. Water Research 37, **2003**, 4929–4937.
- [15]. Seki Y, Yurdakoç K, Adsorption of Promethazine hydrochloride with KSF Montmorillonite. Published: January, **2006**, 89. (C. A. P Almeida)

- [16]. Tembhurkar A. R. and S. Dongre. «Studies on Fluoride Removal Using Adsorption Process», *J Environ Scie Eng.* 48 (3), **2006**, 6-151.
- [17]. Almeida C. A. P, Debacher N. A, Downs A. J, L. Cottet, et Mello C. A. D. « Removal of methylene blue from colored effluents by adsorption on montmorillonite clay », *J. Colloid Interface Sci.*, 332, n<sup>o</sup> 1. 46-53, avr.**2009**, doi : 10.1016/j.jcis.2008.12.012.
- [18]. Vinati A, Mahanty B, Behera S. K. Clay and Clay minerals for fluoride removal from water: A state-of-the-art review. *Applied Clay Science* 114, **2015**, 340–348.
- [19]. Dogan M, Alkan M, Demirbas Ö, Özdemir Y, Özmetin C. Adsorption kinetics of maxilon blue GRL onto sepiolite from aqueous solutions, *Chem. Eng. J.* 124, **2006**, 89.
- [20]. Langmuir I. « The constitution and fundamental properties of solids and liquids» *Journal Americain Chemical Society*, 40, **1918**, 1361.
- [21]. Habibi D, Marvi O. «Montmorillonite KSF clays an efficient catalyst for the synthesis of 1, 4-dioxo-3 ,4-dihydrophthalazine-2(1H) carboxamides and carbothioamides under solvent-free conditions using microware irradiation» *Catalysis Communications* 8, **2007**, 127-130.
- [22]. Fen-Fen Wang, Jie Liu, Hao Li, Chun-Ling Liu, Rong-Zhen Yang and Wen-Sheng Dong. Conversion of cellulose to lactic acid catalyzed by erbium-exchanged montmorillonite K10.
- [23]. Diop S. N. Fluor, Eau et Santé : quel procédé pour l'eau de boisson au Sénégal ; mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'études approfondies en chimie moléculaire ; Spécialité : Traitement des eaux, UCAD, **2007**, 16-17.

## WEBOGRAPHIE

[W1] : [fr.wikipedia.org/wiki/Eau](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau). [Consulté le 12/06/2019].

[W2] : Technique de filtration du fluor et du sel. Disponible sur  
« [http://ipsinternational.org/fr/\\_note.asp?idnews=6417](http://ipsinternational.org/fr/_note.asp?idnews=6417) ». [Consulté le 17/06/2019].

[W3] : [fr.wikipedia.org/wiki/Eau](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau). [Consulté le 17/06/2019].

[W4] : <https://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/sante-environnementale/bruit-environnemental/valeurs-guides-de-l-organisation-mondiale-de-la-sante/>. [Consulté le 02/07/2019].

[W5] : Diarrhée. Disponible sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/>. [Consulté le 06/07/2019].

[W6] : [http://www.gfa.asso/Groupe Français des argiles](http://www.gfa.asso/Groupe_Français_des_argiles). [Consulté le 10/07/2019].

[W7] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Latérite>. [Consulté le 12/07/2019].

[W8] Syndicat Intercommunal d’Alimentation en Eau Potable de la Faye, Siaep.  
[faye@free.fr](mailto:faye@free.fr).2013. [Consulté le 12/07/2019].

## RESUME

L'eau est une substance fondamentale utilisée dans le domaine de l'industrie, de l'agriculture et de la consommation humaine. En réalité les eaux souterraines constituent les principales ressources pour les besoins de la consommation humaine dans beaucoup de pays, notamment dans les pays en développement. Cette étude a essentiellement consisté et à évaluer l'efficacité de l'argile montmorillonite K10 et KSF pour le traitement de l'eau. L'objectif de ce travail est d'étudier la possibilité de l'utilisation de l'argile comme adsorbant pour améliorer l'efficacité en termes de traitement de la minéralisation de l'eau de consommation. Afin de traiter l'eau de boisson du quartier DIABIR, deux types d'argiles dénommées montmorillonite KSF et montmorillonite K10 ont été utilisées comme matériaux adsorbants. L'argile montmorillonite K10, l'argile K10 plus 50% de latérite, l'argile K10 plus 100% de latérite et l'argile montmorillonite KSF ont été testées avec l'EB de robinet de DIABIR dont la qualité a été définie par des paramètres physico-chimiques tels que la conductivité et le pH. Les résultats obtenus à travers les expériences de filtration montrent que la montmorillonite K10 peut permettre de baisser la conductivité de l'eau mais les conductivités obtenues dans le filtrat ont une valeur toujours supérieure à celle recommandée par l'OMS.

**Mots clés :** minéralisation, montmorillonite KSF, montmorillonite K10, adsorption.