

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

N°:

DOMAINE : SCINCES DE LA MATIERE

FILIERE : CHIMIE

OPTION : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

**Mémoire présenté pour l'obtention**

**Du diplôme de Master Académique**

Par : Khetout Faiza

Abdelli Chaima

**Intitulé**

**Qualité physico-chimique de l'eau potable et élimination des  
SPC par adsorption**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. Deghfel Nadir

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Président

Dr. Noufel Kamel

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Pf. Benyahia Azzedine

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examineur

Année universitaire : 2022/2023



## *DEDICACE*

*A ma chère mère :*

*Mon adorable mère Vous avez su porter pour nous les soins et consentir les efforts pour notre éducation.*

*A mon cher père :*

*Ma précieuse offre de dieu, Malgré les grandes responsabilités que vous assumez dans vos travaux autant que père de famille, vous avez toujours été près de nous, pour nous écouter nous soutenir, nous suivre et nous encourager.*

*A mes chers frères et sœurs :*

*Kamel, Yahia, Sadam, Saïd, Karima, Amina ET Hadjer. Nourhane et Roufane, que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A mes chères amies :*

*Rania, Zahra, Halla, Ahlem, Bouchra et Chaïma. qui n'ont jamais cessée de me soutenir.*

*A tous ceux qui ont eu et qui ont confiance en moi*

*Faïza*



*DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents, qui m'en encourager et soutenus tout au  
long du*

*Parcours de mes études. Ces quelques lignes ne suffisent pas,  
mais je tiens à leur exprimer*

*Ma reconnaissance éternelle.*

*Mes sœurs : Nour el Houda, Souad, Salsabil, Melek*

*Mon seul frère : Ibrahim el Khalil*

*Mes très chers grands pères*

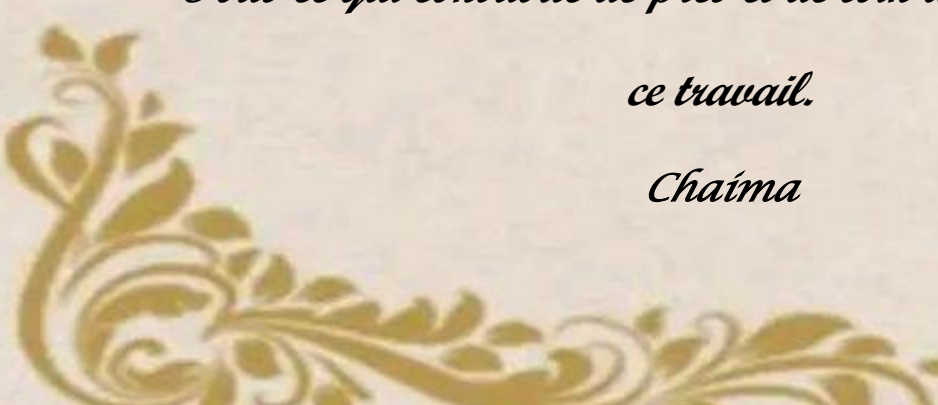
*Tous mes oncles paternels et maternels spécifiquement*

*Oncle Ali.*

*Mes amis : Rahil, Faiza, Arwa, Rania, Hajira, Chaima, Sara,  
Wiam, Assala, Hamama, Ghania.*

*Tous ce qui contribue de près et de loin à l'élaboration de  
ce travail.*

*Chaima*



## *REMERCIEMENTS*

*Avant tout, je dois remercier Dieu tout puissant qui  
m'a donné la force pour mener à  
terme ce travail :*

*Je tiens à remercier très sincèrement le président de  
jury et les membres de jury ayant  
acceptés d'évalué ce travail ;*

*Je tiens à remercier mon encadreur Monsieur Noufel  
Kamel, pour son soutien tout au  
long de mon travail ainsi que son aide documentaire  
et ses encouragements. Ce fut un grand  
plaisir de travailler avec il.*

*A tous les ingénieurs de laboratoire de chimie  
université de M'sila.*

*Je tiens à remercier Madame Hamidi. N le directeur  
de laboratoire de L'ADE.*

*Je ne saurais oublier toutes les personnes qui ont  
contribués à la réussite de ce travail.*

## Sommaire

Résumé .....	i
Liste des abréviations .....	ii
Liste des figures .....	iii
Introduction générale.....	1
I.1. Généralités sur l'eau potable : .....	3
I.1.1. Définition de l'eau potable :.....	3
I.1.2. Les caractéristiques d'une eau potable : .....	3
I.2. Caractéristiques de la qualité des eaux :.....	3
I.2.1. Caractères organoleptiques : .....	3
I.2.2. Caractères physico-chimiques :.....	5
I.3. La norme de l'eau potable :.....	8
I.3.1. Les normes des paramètres physico-chimiques : .....	9
I.4. Pollution des eaux :.....	10
I.4.1. Définition : .....	10
I.4.2. Les polluants de l'eau :.....	10
I.4.3. Conséquences de la pollution :.....	11
I.4.4. Les maladies à transmission hydriques :.....	11
I.5. Traitement de l'eau :.....	12
I.5.1. Prétraitement : .....	12
I.5.2. Clarification :.....	12
I.5.3. Décantation : .....	13
I.5.4. Flottation : .....	13
I.5.5. La filtration :.....	13
II. Généralité sur la désinfection et l'adsorption :.....	14
II.1. La Désinfection : .....	14

II.2. La matière organique (MO) dans l'eau potable.....	18
II.2.1. Définition :.....	18
II.2.2.Matière organique dans l'eau : .....	18
II.3.Les sous-produits de désinfection : .....	19
II.3.1. Définition :.....	19
II.3.2. Les bromates :.....	19
II.3.3. Les chlorites ( $\text{ClO}_2^-$ ) et des chlorates ( $\text{ClO}_3^-$ ) :.....	20
II.4. L'élimination des SPC par adsorption : .....	20
II.4.1. Définition :.....	20
II.4.2. types d'adsorption : .....	21
II.4.3. Les paramètres influençant l'adsorption : .....	21
II.5. L'adsorbant utilisé pour l'élimination des SPC : .....	22
II.5.1. Définition :.....	22
II.5.2.Les argiles.....	22
II.5.3. L'alginate : .....	24
Matériels et méthodes.....	28
III.2. La désinfection par le chlore : .....	28
III.2.1. La méthode de détermination de la demande en chlore (Break point) : .....	28
III.3.Préparation du matériau adsorbant Bentonite-Alginate (B/A) :.....	29
III.4. Spectroscopie UV-Visible :.....	31
III.5. Etude de l'adsorption des sous-produits de chloration (SPC) par B/A :.....	32
III.6.La mesure des résultats d'adsorption : .....	33
III.7. Isotherme d'adsorption.....	34
III.9. Données sur la qualité de l'eau brute de forage d'Ouled SLAMA :.....	37
III.10. La méthode de détermination de la demande en chlore (Break point) : .....	40
III.10.1. Description des essais de chloration : .....	40
III.10.2. La demande en chlore.....	40

III.11. La demande en chlore Break Point de forage Mezrir Est .....	41
III.12. Détermination du point isoélectrique ( $\text{pH}_{\text{pzc}}$ ) : .....	42
III.13. Courbe d'étalonnage : .....	43
III.14. Etude de l'adsorption des sous-produits de chloration (SPC) par B/A : .....	44
III.14.1. Effet de certains paramètres sur l'adsorption : .....	44
III.14.2. Isothermes d'adsorption des SPC par l'adsorbant B/A : .....	48
Conclusion.....	50
Références bibliographiques .....	52

## ملخص

الماء عنصر طبيعي ضروري للحياة, انه ثروة ضرورية لجميع الأنشطة البشرية وتشكل تراث امة. في بحثنا اهتمنا بالدراسة الفيزيوكيميائية لمياه الشرب حيث أخذنا عينة من الماء في منطقة أولاد سلامة, ثم نحلل العينة التي تمت دراستها .

الهدف من هذه الدراسة هو تحضير مواد ماصة بيولوجية تعتمد على البنتونيت الجزائري و ألبينات الصوديوم للقضاء على المنتجات الثانوية للكلورة من وجود المادة العضوية في الماء. وقد تم تقييم خصائص الممتزات للمواد من خلال امتصاص المنتجات الثانوية للكلورة. تم تنفيذ عملية الامتزاز وفقا لمختلف العوامل المؤثرة مثل التركيز الأولي وكتلة الممتزات و تركيز الهيدروجين في المحلول. كما تمت دراسة الممتص والمعالجة مع نماذج رياضية مختلفة. أظهرت النتائج ان عملية الامتصاص يبرر امتزاز احادي الطبقة ومتجانس ونفس الطاقة في كل موقع نشط. Langmuir موضحة جدا من قبل نموذج

## **Abstract**

Water is a natural element essential for life. It is a necessary wealth for all human activity, and constitutes the heritage of a nation. In our research, we relied on the physicochemical study of drinking water, where we took a sample of water in the Ouled Slama area, we analyze the studied sample.

The purpose of this study is to prepare bio-adsorbent balls based on Algerian bentonite and sodium alginate for the elimination of chlorination byproducts from the presence of organic matter in water. The adsorbent properties of the materials were evaluated by the adsorption of chlorination byproducts. The adsorption process was carried out according to various influencing parameters such as the initial concentration and the masse of the adsorbent and the pH of the solution. Adsorption isotherms have also been studied and treated with different mathematical models. The results showed that the isotherms followed the pseudo-second-order model and the isotherms are well described the Langmuir model, justifying monolayer and homogeneous adsorption having the same energy on each act site.

## Résumé

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. Dans nos recherches, nous nous sommes appuyés sur l'étude physico-chimique de l'eau potable, où nous avons prélevé un échantillon d'eau dans la zone d'Ouled Slama, nous analysons l'échantillon étudié.

Cette étude ainsi a pour objectif de préparer des billes de bioadsorbants à partir de la bentonite algérienne et l'alginate de sodium pour l'élimination des sous-produits de chloration (SPC) issus de la présence de la matière organique dans l'eau qui réagit avec le chlore de la désinfection des eaux potables. Les propriétés adsorbants des matériaux ont été évaluées par l'adsorption des sous-produits de chloration. Le processus d'adsorption a été effectué en fonction de différents paramètres influant tels que la concentration initiale et la masse de l'adsorbant, et le pH de la solution. Les isothermes d'adsorption ont également été étudiées et traités avec différents modèles mathématiques. Les résultats ont montré que les isothermes sont bien décrites par le modèle de Langmuir justifiant une adsorption en monocouche, homogène et une même énergie sur chaque site actif.

## Liste des abréviations

$\mu\text{m}$  : micromètre

ADE : Algérien Des Eaux

B/A : les billes de bentonite et d'alginate

EDTA : éthylène-diamine tétra acétique

L'OMS : L'Organisation Mondiale de la Santé

$\text{m}^3/\text{j}$  : mètre cube par jour

MES : Matière en suspension

MO : matière organique

N.A(E.B) : Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219 (Eau Brute)

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

pH : potentiel d'Hydrogène

$\text{pH}_{\text{pzc}}$  : point isoélectrique (pH du point charge zéro)

SOUT : Souterraine

SPC : sous-produits de chloration

SURF : Surface

TA : titre alcalimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

TH : titre hydrotimétrique

THM : trihalométhanes

UV : rayonnement ultra-violet

## Liste des figures

Figure II.1 : Les différentes formes de chlore.....	16
Figure II.2 : Courbe de « break point » d'une eau naturelle.....	17
Figure II.3 : Multiplicité des sources de matière organique.....	19
Figure II.4 : Représentation Schématique de la structure d'une bentonite..	24
Figure II.5 : Représentation de la structure chimique de l'alginate. (a) La conformation de $\beta$ -D mannuronique acide (M) et la conformation de $\alpha$ -L-gulonique acide (G). (b) la composition des blocs de l'alginate avec G-bloque, M-bloque, et MG-bloques.).....	25
Figure III.1: L'agitation pendant 24h à l'obscurité.....	28
Figure III.2: Les étapes de préparation du matériau adsorbant (B/A).....	30
Figure III.3: Détermination du point isoélectrique $pH_{PZC}$ .....	31
Figure III.4 :Situation géographique du forage d'Ouled SLAMA ( <b>Google Maps</b> ).....	37
Figure III.5 :Courbe représente la demande en chlore de réservoir Mezrir Est, t =1 heures.....	42
Figure III.6: Point isoélectrique ( $pH_{PZC}$ ) du matériau alginate/bentonite.....	43
Figure III.7: Courbe d'étalonnage à pH de la solution.....	44
Figure III.8: Effet du pH de la solution dans le test d'adsorption des SPC sur B/A ( $C_0= 4.5$ mg/L, $pH = 7.7$ , $T=24 \pm 1^\circ C$ , temps de contact = 24heures).....	45
Figure III.9: Effet de la masse d'adsorbant dans le test d'adsorption des SPC sur B/A ( $C_0= 4.6$ mg/L, $pH = 7.7$ , $T=24 \pm 1^\circ C$ , temps de contact = 24heures).....	46
Figure III.10: Effet de la concentration initiale et du temps de contact sur l'adsorption des SPC par l'adsorbant B/A ( $pH = 7.7$ et $T=24 \pm 1^\circ C$ ).....	47
Figure III.11: Isotherme d'adsorption des SPC sur l'adsorbant B/A ( $pH = 7.7$ , $m=20$ mg, $V=20$ ml, $t=24$ h et $T=24 \pm 1^\circ C$ ).....	48

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : Liste des principaux groupes d'odeurs types .....	4
Tableau I.2 : Les paramètres physicochimiques selon l'OMS et le journal officiel algérien .....	9
Tableau II.1 : Différentes formes de chlore (états d'oxydation).....	14
Tableau III.1 : Principaux paramètres de qualité physico-chimique et organique de l'eau brute de forage.....	38
Tableau III.2 : l'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. L'eau de réservoir OULED SLAMA, temps= 1 heures.....	42
Tableau III.3 : Les résultats de la modélisation des isothermes d'adsorption des SPC sur l'adsorbant B/A : modèle de Langmuir et de Freundlich.....	49

# **Introduction**

---

**Introduction générale**

L'eau est une ressource vitale pour la vie sur Terre et pour de nombreuses activités humaines. Cependant, la qualité de l'eau doit être rigoureusement contrôlée pour garantir sa sécurité et sa potabilité. La qualité physico-chimique de l'eau est un aspect clé de cette surveillance, car elle concerne les caractéristiques chimiques et physiques de l'eau qui peuvent avoir un impact sur sa santé et son utilisation.

L'un des défis majeurs en matière de qualité de l'eau est la présence de microorganismes pathogènes tels que les bactéries, les virus et les parasites. La désinfection de l'eau est donc essentielle pour éliminer ces microorganismes et prévenir les maladies d'origine hydrique. Le chlore est l'un des désinfectants les plus couramment utilisés dans les systèmes de traitement de l'eau en raison de son efficacité et de son coût relativement faible.

Lorsque le chlore est ajouté à l'eau, il réagit avec les microorganismes présents, les tuant ou les rendant inactifs. Cependant, cette réaction chimique peut également conduire à la formation de sous-produits indésirables, tels que les trihalométhanes (THM). Les THM sont des composés chimiques formés par la réaction du chlore avec des matières organiques présentes dans l'eau, telles que les résidus de plantes et les produits chimiques industriels.

Les THM, tels que le chloroforme, le bromoforme, le bromodichlorométhane et le dibromochlorométhane, sont considérés comme des composés potentiellement cancérigènes et présentent des risques pour la santé humaine. Par conséquent, il est essentiel de contrôler et de réduire la formation des sous-produits de chloration (SPC) lors de la désinfection de l'eau par le chlore.

Une des approches pour réduire la concentration des THM dans l'eau est l'adsorption. L'adsorption est un processus par lequel les molécules de THM sont piégées et retenues par des surfaces solides, telles que les charbons actifs. Ces matériaux adsorbants peuvent être utilisés dans les systèmes de traitement de l'eau pour éliminer les THM et améliorer ainsi la qualité de l'eau.

Dans cette introduction, nous explorerons donc la qualité physico-chimique de l'eau et son importance pour la santé humaine et l'environnement. Nous discuterons également du rôle essentiel du chlore dans la désinfection de l'eau, tout en mettant en évidence les défis liés à la formation des THM. Enfin, nous aborderons l'adsorption comme une méthode prometteuse pour réduire les THM et améliorer la qualité de l'eau potable.

## **INTRODUCTION**

Ce mémoire est composé de deux parties principales. La première partie est la présentation bibliographique, La deuxième partie présente l'étude expérimentale. Les deux parties Comportent trois chapitres :

- Le premier chapitre traite des généralités sur l'eau potable, dont nous avons citées la définition, les caractéristiques, la norme et aussi les étapes de traitement.
- Le deuxième chapitre présente un rappel théorique sur le phénomène de désinfection et d'adsorption que font intervenir notre traitement sur l'eau potable. Aussi les biosorbants à base d'alginate et bentonite.
- Le troisième chapitre est divisé en deux parties:
  - Dans la partie A, nous présenterons les méthodes et les techniques expérimentales utilisées pour les procédés utilisés pour le traitement de l'eau de forage Mezrir Est de M'Sila qui sont proposés au cours de cette mémoire.
  - Dans la partie B, nous avons notés tous les résultats trouvés ainsi que leurs interprétations (la désinfection et le procédé d'adsorption).

**PARTIE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

# **CHAPITRE I**

## **Généralités Sur L'eau Potable**

## **I.1. Généralités sur l'eau potable :**

### **I.1.1. Définition de l'eau potable :**

C'est l'eau destinée à la consommation humaine, cette eau ne doit pas contenir d'agents pathogènes ou toxiques, ni d'éléments chimiques indésirables, dont la composition et les qualités sont telles qu'elles ne puissent porter atteinte à la santé des consommateurs. De plus, c'est une eau agréable à boire, claire et sans odeur.[1]

### **I.1.2. Les caractéristiques d'une eau potable :**

Elle doit être :

- ✓ Limpide, incolore, inodore, fraîche. Ces qualités sont facilement décelées par nos sens.
- ✓ Pourvue d'une faible proportion des sels minéraux (carbonates, sulfates, chlorure) qui lui donnent une saveur faible mais agréable et une certaine valeur nutritive. L'eau ne doit contenir plus de 0.5 g/l de sels minéraux.
- ✓ Dépourvue de matière organique, dont la présence est un indice de souillure. Ces matières favorables au développement des microbes. Ces matières en se pétrifiant donnent une odeur désagréable et des produits toxiques.
- ✓ Dépourvue de germes, des parasites, et des microbes pathogènes. L'eau potable n'est pas stérile. On tolère de 100 à 1000 bactéries non pathogènes par cm<sup>3</sup>. [2]

## **I.2. Caractéristiques de la qualité des eaux :**

### **I.2.1. Caractères organoleptiques :**

Ces caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.).

#### **I.2.1.1. L'odeur :**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances[3].

Tableau I.1 : Liste des principaux groupes d'odeurs types.

Nature de l'odeur	Description
Aromatique	Epice, camphre, girofle, citron
Balsamique	Fleurs diverses
Chimique	
Chlore	Chlore libre
Hydrocarbure	Pétrole et dérivés
Médicale ou pharmacie.	Iodoforme, phénol, chlorophénol
Sulfureuse	Hydrogène sulfuré
Désagréable	Goût prononcé
Poissons	Uroglenopsis et dinobryon
Terreuse	Terre ou argile humide
Tourbe	Tourbe
Fécaloïde	Fosse d'aisance
Herbe	Herbe écrasée
Moisi	Cave humide, tiroir humide rarement ouvert
Vase	Odeur d'étang, herbe ou feuille en décomposition

#### I.2.1.2. La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0.45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité[3].

#### I.2.1.3. Goût, saveur et flaveur :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

La flaveur est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif, les bourgeons gustatifs et la cavité buccale auxquelles peuvent s'ajouter des sensations thermiques, tactiles, chimiques, kinésiques, douloureuses [3].

## **I.2.2. Caractères physico-chimiques :**

### **I.2.2.1. Les caractères physiques :**

#### **I.2.2.1.1 . La température :**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle important dans la solubilité de sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique [2].

#### **I.2.2.1.2 . Le potentiel hydrogène (pH) :**

Ce paramètre est en relation avec la concentration en ions hydrogène  $H^+$  dans l'eau [4]. Plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elle peut être acides, basiques ou neutres, leur pH est liée à la nature des terrains traversés et varie généralement entre 7,2 - 7.6. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre.

#### **I.2.2.1.3 . La conductivité électrique :**

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution [5].

La conductivité électrique d'une eau ( $\kappa$ ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique[3].

La conductivité est mesurée par conductimètre multiéléments, en plongeant son électrode dans l'eau à environ 6 à 8 cm de la surface, la cellule à conductivité est rincée plusieurs fois à l'eau distillée avant et après utilisation. Les résultats sont donnés directement en  $\mu\text{s/cm}$ .

#### **I.2.2.1.4 . La turbidité :**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle est due à la présence des particules en suspension, y compris de colloïdal : argiles, grains de silice, matière organique, etc. L'évaluation

de l'abondance de ces particules mesure sa turbidité [3]. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU.

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire. Dans le cas de notre étude, la turbidité a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre[3].

### **I.2.2.1. Caractères chimiques :**

#### **I.2.2.1.1 . Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [4]. Une méthode titrimétrique pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau (méthode de Mohr) est applicable pour le dosage des chlorures dans les eaux de distribution, souterraines et de surface. Les ions chlorure réagissent avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

#### **I.2.2.1.2 . Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) :**

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO<sub>4</sub> des terrains gypseux du Trias situés au Sud [4].

#### **I.2.2.1.3 . Calcium (Ca<sup>2+</sup>) :**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières [5].

**I.2.2.2.4. Dureté totale (TH) :**

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  à l'exception des alcalins [3]. Titrage par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu. Cette méthode de dosage est applicable pour les eaux souterraines, les eaux de surfaces, les eaux destinées à la consommation humaine. Elle peut aussi être utilisée pour les eaux résiduaires urbaines et les eaux brutes industrielles, à condition qu'elles ne contiennent pas de métaux lourds en quantités interférentes. La méthode n'est pas applicable aux eaux de mer et eaux du même type à forte teneur en sels.

**I.2.2.2.5. Titre alcalimétrique (TA) :**

La teneur en hydroxyde (OH), est la moitié de la teneur en carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et un tiers environs des phosphates présents. [3]. TA permet de mesurer la teneur totale en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonates, lorsque ces teneurs sont mesurées en méq /l ou °F.

**I.2.2.2.6. Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Il correspond à la teneur en ions OH,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH<sup>-</sup> et  $\text{CO}_3^{2-}$  est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls. TAC permet de mesurer les teneurs totales en hydroxydes, en carbonates et en Hydrogénocarbonates, en méq /l ou °F.

Cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et les eaux minérales dont la température est comprise entre 0 et 60°C. Elle comporte la description d'une méthode volumétrique applicable dans tous les cas où la présence de substances qui tamponnent les ions hydrogène dans les zones de pH 4.3 et 8.3 n'est pas à craindre, elle est mise en œuvre à l'aide d'un pH-mètre.

**I.2.2.2.7. Le phosphore :**

Parmi de nombreuses formes de phosphore dans l'eau, l'ion orthophosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) est la forme la plus abondante, provenant principalement de l'engrais et des produits de lessive. Il est responsable de la respiration, le stockage et le transfert d'énergie dans les cellules vivantes. Il provoque une eutrophisation. La méthode de détermination du phosphore total est basée sur l'oxydation de la matière organique et la transformation de l'un ou l'autre phosphate en orthophosphate soluble par l'action d'acides et d'oxydants. Le phosphore total est mesuré en mg/L.

**I.2.2.2.8.Sodium (Na<sup>+</sup>) :**

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/L. L'OMS recommande une valeur limite de 200 mg/L, fixée d'après des critères gustatifs. Une concentration limite de 2 à 3 mg/L est recommandée pour l'eau d'alimentation des chaudières à haute pression [3].

**I.2.2.2.9.Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :**

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (gout, corrosion), L'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L [3].

**I.2.2.2.10.Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :**

En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active ; les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (de l'ordre de 0.01 mg/L). Pour les eaux potables L'OMS recommande une valeur guide provisoire de 3 mg/L (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

**I.2.2.2.11.Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux ; il peut varier de 1 à 15 mg/L et une concentration de 2 ou 3 mg/L peut considérer comme normale. L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de 50 mg/L (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et précise qu'il doit être tenu compte aussi de la concentration en nitrites de telle façon que la somme des rapports des concentrations (en nitrites et nitrates) par rapport à leurs valeurs guides respectives doit être inférieure à 1 [3].

**I.3. La norme de l'eau potable :**

D'après Alouane (2012), afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme

aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le Journal Officiel de la République Algérienne qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites.[6]

**I.3.1. Les normes des paramètres physico-chimiques :**

**Tableau I.2 :** Les paramètres physicochimiques selon l'OMS et le journal officiel algérien

Paramètre	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien	Unité
Pb	9	6.5-8.5	-
Conductivité	1000	2800	μ/cm
Dureté totaleCaCo <sub>3</sub>	50	100-500	° F
Calcium	100	75-200	mg/L
Magnésium	50	150	mg/L
Sodium	150	200	mg/L
Potassium	12	20	mg/L
Sulfate	250	200-400	mg/L
Chlorures	600	200-500	mg/L
Nitrates	50	50	mg/L
Nitrites	0.1	0.1	mg/L
Ammonium	0.5	0.5	mg/L
Phosphates	5	5	mg/L
Oxydabilité(KMnO <sub>4</sub> )	5	3	mg/L
Oxygène dissout	5	5	mg/L

Aluminium	0.2	0.2	mg/L
Température	25	25	° C

Source : OMS (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12).

#### I.4. Pollution des eaux :

##### I.4.1. Définition :

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants. Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.[7]

##### I.4.2. Les polluants de l'eau :

On regroupe généralement les polluants de l'eau sous trois grandes catégories :

- ✓ **Les polluants biologiques** : regroupent les polluants tels que les microorganismes (bactéries, virus, parasite) et les matières organiques produites par les êtres vivants (excréments, sucres, graisses...). Ils proviennent majoritairement des eaux usées domestiques et industrielles ainsi que des élevages d'animaux (lisier, fumier). Les matières organiques sont généralement faciles à dégrader. Toutefois, lorsqu'elles sont en trop grande quantité, leur dégradation enrichit l'eau en éléments nutritifs, ce qui favorise l'eutrophisation du milieu aquatique. Chez l'humain, l'eau contaminée par des microorganismes peut provoquer des diarrhées, des vomissements et des maladies parasitaires si elle est consommée.[8]
- ✓ **Les polluants chimiques** : sont des substances chimiques normalement absentes, ou présentes naturelles dans l'environnement dans des concentrations très faibles. Quel que soit le type de polluant chimique, la consommation quotidienne d'eau polluée par des traces de ces substances peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine, On distingue selon la nature des polluants :
  - ⇒ **polluants organiques** : les polluants organiques rencontrés dans les milieux aquatiques les plus importants et les plus dangereux sont : les pesticides, les hydrocarbures et les détergents.
  - ⇒ **Polluants inorganiques** : parmi les polluants inorganiques rejetés en grands quantités par l'industrie, on trouve : les résidus de traitements de minerais, traitement

électrolytiques, traitements de surface, beaucoup d'entre eux sont riches en métaux lourds, sodium, nitrate, phosphate...etc. et sont donc très toxiques.[1]

- ✓ **Polluants physiques** : Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer deux types de polluant ayant un caractère physique : les polluants thermiques et les polluants radioactifs.
- ✓ **polluants thermiques** : La pollution thermique est représentée par des rejets d'eaux chaudes, provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaire et électrique ce qui provoque un réchauffement considérable des eaux. Cet échauffement modifie certaines propriétés physiques de l'eau et notamment une diminution de la densité et créent de graves perturbation sur les biocénoses.
- ✓ **polluants radioactifs** : La source majeure réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion d'armes nucléaires et des résidus des usines utilisant l'énergie atomique.[8]

#### **I.4.3. Conséquences de la pollution :**

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en Oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs et causent l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'égaux.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Le phosphore est un élément limitant la croissance des plantes et du phytoplancton.
- Les coliformes fécaux et pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau.[9]

#### **I.4.4. Les maladies à transmission hydriques :**

L'eau constitue un facteur principal contribuant au développement des maladies à transmission hydrique qui désignent une maladie contractée suite à l'exposition d'un sujet à une eau contaminée ou suite à la consommation d'aliments arrosés avec une eau contaminée par des fèces contenant des agents pathogènes (bactérien, virus, ou protozoaire) responsables de maladies infectieuses et constituent la troisième cause de mortalité dans le monde surtout au niveau des enfants.

Cinq catégories de maladies d'origine hydrique sont identifiées par les services de santé :

- ✓ maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie, gastroentérite et hépatite infectieuse).
- ✓ infections de la peau et des yeux (trachome, gale, lèpre, conjonctivite et ulcères).
- ✓ parasitoses (bilharziose et dracunculose).
- ✓ maladies dues à des insectes vecteurs comme les moustiques et les mouches.
- ✓ infections dues au manque d'hygiène.[10]

### **I.5. Traitement de l'eau :**

On applique des traitements pour rendre l'eau potable, ces traitements sont variables selon l'origine et la qualité de l'eau. Le choix d'une filière de traitement dépend des caractéristiques des eaux ainsi que des normes de qualité à atteindre.

#### **I.5.1. Prétraitement :**

L'eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement de deux types :

- ✓ **Le dégrillage** : permet de protéger les ouvrages en aval de l'arrivée de gros objets) susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement.
- ✓ **Le tamisage** : permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il) s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple [9]

#### **I.5.2. Clarification :**

C'est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les substances toxiques présentes dans l'eau et capter un maximum de la matière en suspension, La clarification comprend la coagulation et la floculation.

La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes.

- ✓ **La coagulation** élimine les colloïdes responsables de la turbidité telles que les particules) d'argile, certaines bactéries et d'autres matières organiques. Le coagulant le plus souvent utilisé est le sulfate d'aluminium (ou alun).[9]

✓ **La floculation** est un processus lors duquel les produits de la coagulation sont conçus pour former des “flocs” de taille et de poids suffisant pour permettre leur élimination par sédimentation ou filtration.

### **I.5.3. Décantation :**

Elle consiste à laisser déposer les particules les plus lourds que l'eau sous l'effet de la gravité. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation. ). [10]

### **I.5.4. Flottation :**

C'est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, des bulles d'air et des réactifs, plus léger que l'eau. Cette technique permet d'éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400  $\mu\text{m}$ . [10]

### **I.5.5. La filtration :**

La filtration est une méthode classique de séparation des particules physiques qui consiste à faire passer un liquide qui contient des matières solides en suspension à travers un milieu poreux, Elle permet d'éliminer divers types de particules et microorganismes.

La filtration est réalisée sur sable, adsorbant (charbons actifs en grains) ou sur membranes (microfiltration, ultrafiltration, nano filtration). Les procédés de filtration sont classés en fonction de leur seuil de coupure, qui correspond au diamètre apparent des pores du filtre. [9]

**CHAPITRE II**

**Généralités Sur Le**

**Phénomène De Désinfection**

**Et D'adsorption**

## **II. Généralité sur la désinfection et l'adsorption :**

### **II.1. La Désinfection :**

La désinfection consiste à ajouter à l'eau des substances chimiques ou la mettre en contact avec une source de radiations capables de la débarrasser totalement ou en partie des germes pathogènes. [11]. Les substances utilisées sont :

- ❖ Le chlore ( $\text{Cl}_2$ )
- ❖ Le bioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ )
- ❖ L'ozone ( $\text{O}_3$ )
- ❖ Les rayonnements ultra-violetts (UV)
- ❖ La filtration sur membrane

#### **II.1.1. Objectif de la désinfection :**

La désinfection a pour objectif d'éliminer les organismes pathogènes et de maintenir un résiduel bactériostatique dans les réseaux de distribution à éviter la dégradation de l'eau en particulier par reviviscence bactérienne.

#### **II.1.2. La désinfection par le chlore et ses dérivés (la chloration) :**

##### **II.1.2.1. Aspect chimique de chloration :**

- ❖ Le chlore est un gaz toxique de couleur jaune verdâtre et plus lourd que l'air.
- ❖ C'est un agent oxydant puissant qui réagit avec la plupart des éléments et composés chimiques.

**Tableau II.1 :** Différentes formes de chlore (états d'oxydation)

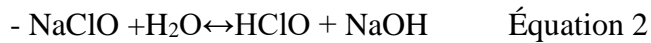
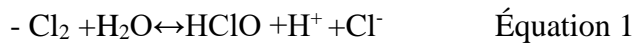
Etat d'oxydation	Formule	Nom	Nom du sel
-1	HCl	Acide chlorhydrique	Chlorure
0	$\text{Cl}_2$	Chlore gazeux	
+1	HClO	Acide hypochloreux	Hypochlorite
+3	$\text{HClO}_2$	Acide chloreux	Chlorite
+5	$\text{HClO}_3$	Acide chlorique	Chlorate
+7	$\text{HClO}_4$	Acide perchlorique	Perchlorate

Ces formes oxydantes du chlore ont généralement un pouvoir bactéricide même à faible concentration.

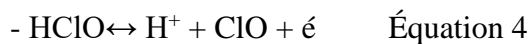
Pour la désinfection de l'eau, on utilise surtout : Le chlore gazeux et hypochlorites de Na et Ca. Qui peuvent produire l'acide hypochloreux qui ce qu'on appelle le chlore actif.

#### **II.1.2.1.1. Les formes de chlore dans l'eau :**

Dissous dans l'eau, le  $\text{Cl}_2$  et  $\text{ClO}^-$  s'hydrolysent rapidement avec formation d'acide hypochloreux  $\text{HClO}$  :



$\text{HClO}$  s'ionise selon l'équilibre suivant :



Cet équilibre montre l'influence du pH sur la désinfection.

#### **II.1.2.1.2. Les facteurs intervenant dans l'action désinfectante du chlore**

- ❖ Le pH
- ❖ Le temps de contact.
- ❖ La température.

#### **II.1.2.1.3. La teneur de l'eau en Matière Organique (MO) et Minérale :**

Le chlore réagit sur de nombreux composés minéraux (Fe, Mn, Br,  $\text{NO}_2$ ) ainsi que la MO de l'eau.

- ❖ Composés azotés ↔ Chloramines.
- ❖ La MO ↔ Composés organochlorés ↔ Trihalométhanes (THM).

Trihalométhanes totaux :  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ,  $\text{CHClBr}_2$ ,  $\text{CHBr}_3$  Composés cancérigènes volatils qui constituent une limite de qualité pour l'eau potable : THM (THM totaux)  $< 100 \mu\text{g/l}$ .

- ❖ Phénols ↔ chlorophénols qui sont l'origine du gout désagréable de l'eau.

#### **II.1.2.1.4. Les différentes formes de chlore :**

• Chlore libre résiduel : c'est celui qui demeure dans l'eau à la fin d'une première période de contact déterminée et qui peut réagir chimiquement et bactériologiquement comme acide hypochlorique et ions hypochlorites.

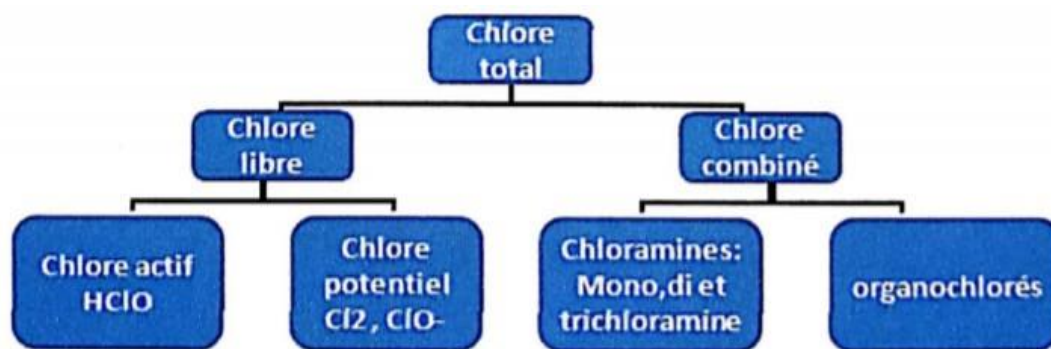
• Chlore combiné résiduel : C'est une partie de chlore résiduel total dans l'eau à la fin de la première période de contact donnée qui réagit chimiquement et bactériologiquement comme Chloramines.

• Chlore résiduel total : c'est la quantité totale de chlore libre et combiné, restant après un temps de réaction normal.

- Chlore actif : Chlore dont l'hydrolyse libère  $\text{HClO}$ .
- Chlore potentiel : Ce type de chlore est susceptible de devenir actif en libérant le chlore actif en fonction du pH et de la température.
- Degré chlorométrique : C'est l'unité de concentration des eaux ou extraits de Javel.

Un degré chlorométrique correspond à 3,17 grammes de chlore libre par litre.

Eau de Javel (titre inférieur à 40 chlorométrique) et extraits de Javel (titre supérieur au égal à 40 chlorométrique) : désignent des solutions plus ou moins concentrées d'hypochlorite de sodium, contenant des quantités variables de chlorure de sodium (sous-produit de fabrication).[11]



**Figure II.1 :** Les différentes formes de chlore.

#### **II.1.2.1.5. Chloration au point critique ou au (Break-point) :**

##### **a) Définition :**

La quantité de chlore ajoutée à une eau destinée à la distribution publique, Doit assurer à la fois : L'oxydation des MO, la désinfection au moment même du traitement et de trouver un surplus : chlore résiduel.

Après ce surplus, le chlore actif libre doit être présent dans le réseau de distribution pour assurer la désinfection.

La quantité de chlore ajoutée varie d'une eau à une autre d'où la nécessité de la détermination de la quantité de chlore résiduel au bout d'un temps donné.[11]

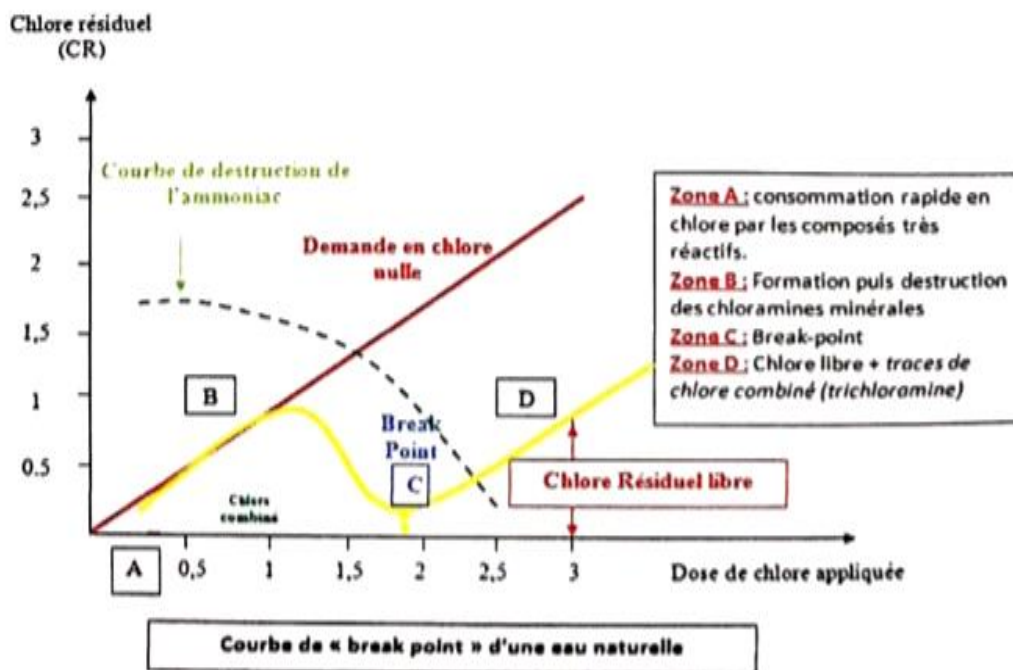


Figure II.2 : Courbe de « break point » d'une eau naturelle.

**b) Détermination de la demande en chlore d'une eau :**

⇒ **But :**

Cette détermination permet d'évaluer le taux de chloration à appliquer à l'eau à traiter pour obtenir une teneur résiduelle en chlore donnée après un temps de contact fixé à une température donnée.

⇒ **Principe :**

Dans une série de flacons contenant un même volume d'eau à analyser, on ajoute des concentrations croissantes de chlore.

La demande en chlore de l'eau est donnée par le premier flacon dans lequel on décèle la présence de chlore libre après un temps de contact déterminé (généralement 1 à 2 heures).

Il existe plusieurs méthodes de dosage du chlore, nous avons intéressées par la méthode iodométrique.

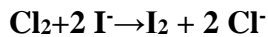
- **Méthode iodométrique :**

Méthode de base pour la détermination du chlore total résiduel (combiné + libre) dans des solutions concentrées (eaux de javel). N'est applicable qu'en absence d'autres oxydants car l'oxydation des ions iodure n'est pas due spécifiquement au chlore.

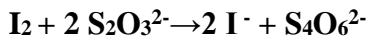
- **Principe :**

Le dosage a lieu en deux étapes :

▪ Addition d'une solution de KI à l'échantillon d'eau en milieu acide (acide acétique), le chlore total (libre + combiné) oxyde les ions iodure en iode :



▪ L'iode libéré est dosé à l'aide d'une solution normalisée de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) N/ 100 ou d'arsénite de sodium ( $\text{NaAsO}_2$ ) :



## **II.2. La matière organique (MO) dans l'eau potable**

### **II.2.1. Définition :**

La matière organique est l'ensemble des molécules contenant du carbone, issues des organismes vivants ou les constituants. A l'opposé se trouve la matière minérale ou matière inerte. La matière organique regroupe :

- Les métabolites produits par les êtres vivants.
- Les cellules vivantes ou mortes, animales ou végétales et toutes les molécules résultant de la décomposition de ces cellules.
- Les molécules de synthèse dont font partie les produits phytosanitaires.[12]

### **II.2.2. Matière organique dans l'eau :**

La matière organique présente dans les eaux de surface (rivières, lacs, étangs,...) peut avoir deux origines :

#### **II.2.2.1. La matière organique allochtone :**

Issue de la végétation, des sols et des roches mères des bassins versants. Les matières organiques provenant de la végétation (litières) sont plus ou moins indépendantes des apports minéraux, tandis que celles issues des sols et des roches mères sont liées à la matrice minérale des particules en suspension. Les transferts au réseau hydrographique se font par des vecteurs hydrologiques (ruissellement, écoulements hypodermiques et de nappe), éoliens ou par chute directe. Ce compartiment comprend également les apports de matière organique anthropique, par exemple ceux provenant des déjections animales (fumier, lisier), des résidus urbains et/ou industriels (eaux usées, boues de stations d'épuration, hydrocarbures).

#### **II.2.2.2. La matière organique autochtone :**

Vivante ou détritique, elle est constituée en majeure partie de phytoplancton, de zooplancton et de bactéries, mais aussi de macrophytes et d'autres algues benthiques. La matière organique autochtone est issue d'une production interne aux masses d'eau et se forme principalement par

voie photosynthétique. Elle est très abondante dans les étendues d'eau stagnantes (lacs, étangs) riches en sels nutritifs et de ce fait soumis au processus d'eutrophisation.

Ces deux types de matière organique peuvent se trouver dans les masses d'eau soit sous forme particulaire, soit sous forme dissoute dépendant de la taille des molécules d'origine ou de l'état de décomposition de leurs précurseurs végétaux ou animaux.[12]

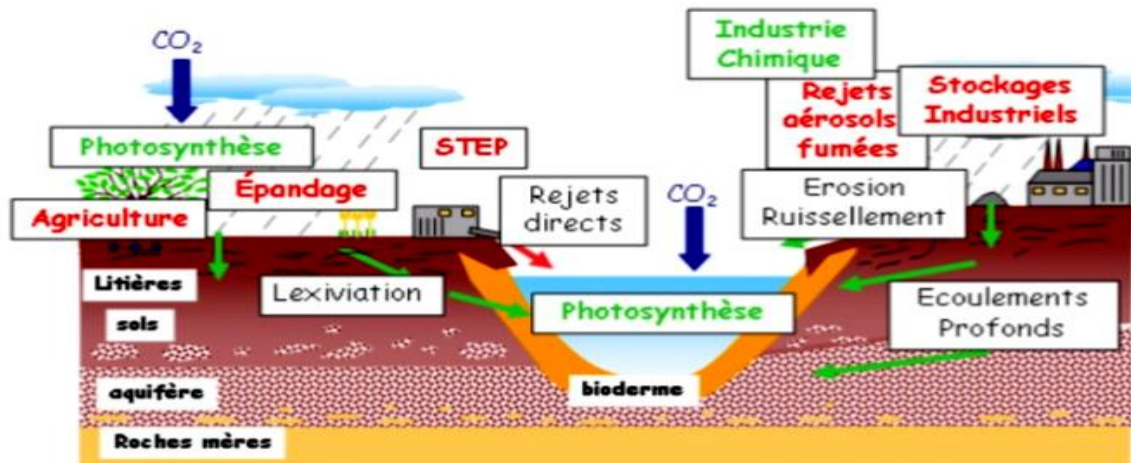


Figure II.3 : Multiplicité des sources de matière organique.

La présence de la matière organique dans l'eau peut causer la formation des THM lors de la désinfection avec le chlore.

### II.3. Les sous-produits de désinfection :

#### II.3.1. Définition :

Les sous-produits de désinfection sont des substances chimiques, organiques et inorganiques qui peuvent être formées lors de la réaction d'un désinfectant avec de la matière organique présente dans l'eau.

#### II.3.2. Les bromates :

- ❖ Les bromates sont peu présents dans les eaux naturelles.
- ❖ Ils se forment à partir des bromures (naturellement présent dans les eaux) par réaction avec l'ozone.
- ❖ Ils peuvent se former lors de la désinfection par l'hypochlorite de sodium (eau de javel). Par contre le dioxyde de chlore n'en produit pas (ClO, n'oxyde théoriquement pas l'ion bromure).
- ❖ Les ions bromates sont considérés comme cancérigènes potentiels pour l'homme.

La réglementation de 2008 limite la concentration à 10 µg/l, le risque de dépasser cette norme est élevé vu l'utilisation importante de l'ozone dans les usines de traitement d'eau et de la présence[11].

### **II.3.3. Les chlorites (ClO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et des chlorates (ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

- ❖ Leur présence est due à l'utilisation du ClO, dans le traitement conduisant à la formation de ces ions.
- ❖ Leur toxicité n'a pas été clairement démontrée.
- ❖ La réglementation fixe une norme de 200 µg/l pour l'ion chlorite et aucune recommandation.
- ❖ N'existe pour l'ion chlorate. D'où l'intérêt de la limitation de l'utilisation du dioxyde de chlore en traitement qui ne doit pas se faire au détriment de la désinfection.

### **II. 3.4 Les Trihalométhanes THM :**

Les THM sans des sous-produits de la désinfection de l'eau, c'est-à-dire des composés chimiques formés après la désinfection de l'eau potable, généralement au chlore. Ils peuvent être inhalés et absorbés par la peau, de la baignade en piscine ou de la vaisselle. L'exposition à long terme aux THM a été associée à un risque accru de cancer, mais les preuves de la relation entre les THM et d'autres types de cancer sont, à ce jour, très limitées.

- ❖ Ce sont des sous-produits résultant de l'action du chlore sur les matières organiques et les ions bromures lors de la désinfection des eaux potables.
- ❖ Ils sont à l'origine de l'apparition de goûts et d'odeurs et sont soupçonnés d'avoir un effet cancérigène.
- ❖ La réglementation limite à 100 µg/l la concentration des THM dans l'eau potable.
- ❖ Ce sont des traceurs de la présence de composés organohalogénés totaux dans les eaux de distribution.[11]

### **II.4. L'élimination des SPC par adsorption :**

Différentes techniques de traitement et d'élimination des polluants organiques et les sous-produits de désinfection contenus dans les effluents ont été développées. L'adsorption s'avère comme étant l'une des techniques à mettre en œuvre pour la dépollution des eaux chargées en SPC tel que les THM. La présente partie a pour but de présenter : les bases théoriques de l'adsorption, les adsorbants, les argiles et l'alginate.

#### **II.4.1. Définition :**

L'adsorption est un phénomène de surface dans lequel des atomes ou des molécules d'un fluide (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) selon divers

processus plus ou moins intenses dus à des interactions physiques et/ou chimiques. Le phénomène inverse, par lequel des molécules adsorbées sur une surface se détachent, notamment sous l'effet d'une augmentation de la température, ou d'une diminution de pression est appelé désorption.

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par KAYSER, en 1881, pour différencier entre une condensation de gaz à la surface et une absorption de gaz.

#### **II.4.2. types d'adsorption :**

Sur la base des interactions existantes entre l'adsorbat et l'adsorbant, on distingue deux types d'adsorption : la chimisorption et la physisorption.

##### **1. Adsorption chimique (ou chimisorption) :**

Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbât et l'adsorbant. La chimisorption est généralement irréversible, produisant une modification d'une monocouche. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide. La chaleur d'adsorption, relativement élevée, est comprise entre 20 et 200 Kcal / mol. La distance entre la surface et la molécule adsorbée est plus courte que dans le cas de la physisorption.

##### **2. Adsorption physique (ou physisorption) :**

Contrairement à la chimisorption, l'adsorption physique se produit à des températures plus basses. Les molécules s'adsorbent sur plusieurs couches (multicouches) avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieures à 20 Kcal / mole. Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbât) et la surface du solide (adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques type dipôles, liaison hydrogène ou Van der Waals. La physisorption est rapide, réversible et n'entraînant pas de modification des molécules adsorbées. La distinction entre les deux types d'adsorption n'est pas toujours facile. En effet, les énergies mises en jeu dans les physisorptions fortes rejoignent celles qui interviennent dans les chimisorption faibles.

#### **II.4.3. Les paramètres influençant l'adsorption :**

L'adsorption va dépendre de plusieurs facteurs tels que la masse de l'adsorbat, le pH de la solution, la concentration initiale de l'adsorbant, le temps et la vitesse d'agitation et la température du milieu. Certains de ces plus importants paramètres vont être étudiés de façon à situer l'efficacité des billes préparés et d'optimiser le processus.

## **II.5. L'adsorbant utilisé pour l'élimination des SPC :**

### **II.5.1. Définition :**

Les adsorbants sont des matériaux optimisés pour un certain type d'adsorption. Ainsi, il n'y a pas une seule liste de caractéristiques pour définir un adsorbant, mais plutôt un grand nombre de types de matériaux qui peuvent avoir des propriétés très différentes. Les propriétés que l'on peut définir sont :

- la capacité d'adsorption qui peut être liée à la surface spécifique ou au volume poreux ;
- l'énergie d'interaction qui conditionne le caractère plus ou moins réversible de l'adsorption, une énergie trop importante peut défavoriser une régénération de l'adsorbant par désorption ;
- la cinétique d'adsorption peut être un paramètre essentiel dans certains procédés tels que la séparation de gaz par inversion de pression ;
- la tenue à la pression, à la température, la résistance à l'attrition peuvent être des facteurs essentiels pour la durée de vie de l'adsorbant ;
- la morphologie de l'adsorbant est un point essentiel si on utilise un lit d'adsorbant solide traversé par un fluide ;
- le coût financier et environnemental, la disponibilité locale de l'adsorbant doivent être pris en compte.

À l'heure actuelle, on trouve deux grandes classes de matériaux à grande surface utilisés comme adsorbant à grande échelle : les carbones activés (aussi nommés charbons actifs) et les oxydes tels que les zéolithes. Il existe de nombreux autres adsorbants basés sur des matériaux carbonés, sur des oxydes ou sur des polymères.

Les adsorbants sont généralement utilisés sous forme de granulés sphériques ou de tiges. Ils doivent avoir une bonne résistance à l'abrasion et à la température et avoir des pores de faibles diamètres, ce qui résulte en une surface spécifique élevée.

### **II.5.2. Les argiles**

Les argiles naturelles sont utilisées souvent comme des matériaux adsorbants en raison de leur coût faible et leur abondance dans la nature. Le terme "argiles" désigne non seulement une formation rocheuse et la matière première qui en résulte, mais il définit aussi un domaine granulométrique comprenant des particules minérales dont le diamètre des grains est inférieur à deux micromètres ( $< 2 \mu\text{m}$ ). Sa formation est liée aux altérations et aux transformations hydrothermales de cendres des tufs volcaniques riches en verre. La composition chimique des roches argileuses formées est très semblable à la composition moyenne de la surface terrestre.

Celle-ci est composée d'au moins de 50% de silicates d'alumine plus ou moins hydratés, avec la présence de quelques minéraux associés comme des oxydes et hydroxydes de fer, de carbonates, de quartz, etc. Les argiles sont aussi souvent associées avec la matière organique sous forme de complexes argilo-humiques. En Algérie, les gisements des minéraux argileux les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (ouest algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hamam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'Zila) avec des réserves de deux millions de tonnes.

#### **II.5.2.1. propriétés des argiles :**

Le rôle des argiles dans le biotope est considéré en raison de leurs propriétés particulières suivantes :

- ✓ Les argiles ont une grande capacité d'échange cationique (et anionique).
- ✓ aider beaucoup dans le processus d'adsorption de plusieurs composés organiques et minéraux.
- ✓ gonflement parfois très important.
- ✓ capacité de dispersion/floculation et de formation de colloïdes,

Ainsi, dans la nature, les argiles jouent-elles un rôle fondamental dans divers domaines de l'environnement que ce soit en géologie, pédologie, et encore en dépollution de l'eau.

#### **II.5.2.2. La bentonite :**

La bentonite est une matière première constituée principalement de minéraux de montmorillonite et d'argile liée du groupe smectite, qui présente une grande surface par unité de poids et une capacité d'échange cationique élevée.

La bentonite commerciale contient plus de 75 % de montmorillonite, cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France). Ainsi, il existe des bentonites qui sont riches en sodium, d'autres en calcium, potassium ou magnésium.

A l'état naturel, elle présente des particules très fines, sa teinte dépend des composés minéraux et impuretés qui lui sont associées. Elle est souvent blanche, grise ou légèrement jaune. L'une des propriétés physiques les plus remarquables de la bentonite est le gonflement à l'eau. En effet, son volume peut être multiplié par 10 à 15 fois par rapport à son volume original.

La bentonite se caractérise par une capacité d'échange cationique élevée de 80 à 150 milliéquivalent /100g. Les bentonites comme l'argile ont la propriété d'adsorber certains cations

et anions à leurs surfaces et de la maintenir à un état échangeable, la réaction d'échange étant stœchiométrique.

Les principaux pays producteurs sont les Etats-Unis (environ 4 millions de tonnes par an) la Grèce et l'Allemagne.

**II.5.2.3. La structure de la bentonite :**

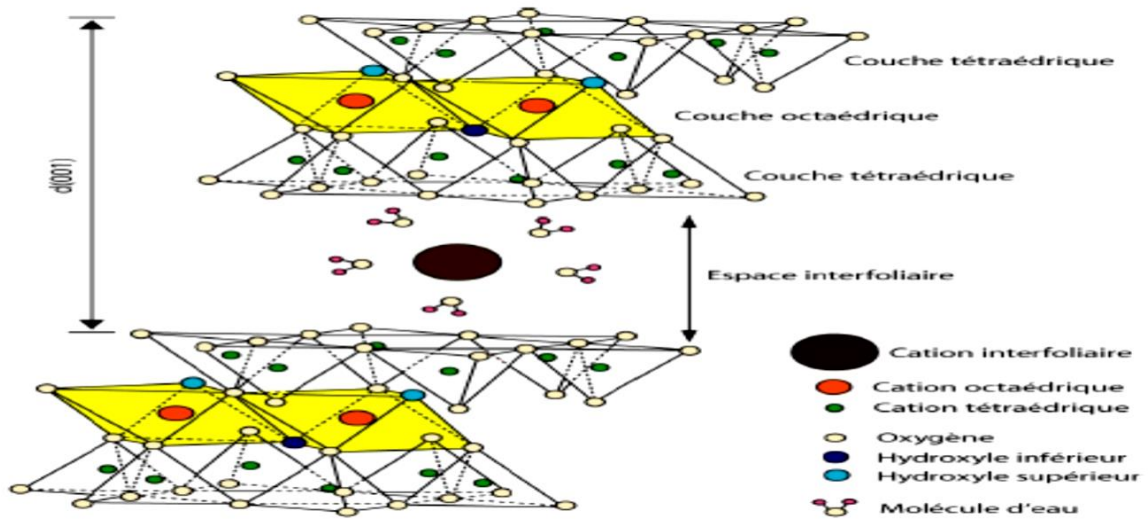


Figure II.4 : Représentation Schématique de la structure d'une bentonite

**II.5.3. L'alginate :**

Les premières expériences sur l'extraction des alginates à partir d'algues brunes, ont été réalisées par le chimiste anglais E. C. Stanford à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. En 1883, il découvrit une substance aux nombreuses et intéressantes propriétés, qu'il appela «algine». Leur production industrielle s'est développée ensuite aux USA dans les années 1930. L'alginate est un des biopolymères les plus polyvalents. Il est utilisé dans le secteur agro- alimentaire et l'industrie pharmaceutique [15] car il possède de nombreuses propriétés : épaississant, stabilisant, gélifiant.

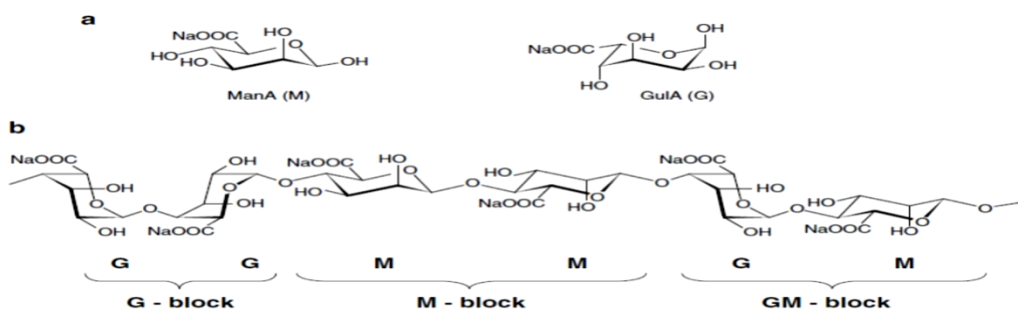


Figure II.5 : Représentation de la structure chimique de l'alginate, (a) La conformation de  $\beta$ -D mannuronique acide (M) et la conformation de  $\alpha$ -L-gulonique acide (G). (b) la composition des blocs de l'alginate avec G-bloque, M-bloque, et MG-bloques

#### **II.5.4. Matériaux composite bille (B/A) comme adsorbant des SPC :**

Les billes d'alginate et de bentonite peuvent être utilisées comme adsorbants dans diverses applications. L'alginate est un polysaccharide extrait des algues brunes, tandis que la bentonite est une argile composée principalement de montmorillonite.

Lorsqu'ils sont utilisés comme adsorbants, les billes d'alginate et de bentonite présentent plusieurs avantages. Ils ont une grande capacité d'adsorption en raison de leur structure poreuse, ce qui leur permet de piéger efficacement les contaminants et les substances indésirables. Souvent considérés comme des matériaux naturels.

Ces billes peuvent être utilisées dans le traitement de l'eau pour éliminer les métaux lourds, les ions indésirables et d'autres polluants. Elles peuvent également être utilisées dans l'industrie alimentaire pour la purification, des vins et des bières, ainsi que pour l'élimination des substances indésirables telles que les colorants et les agents de clarification.

L'alginate et la bentonite peuvent être combinés pour former des billes d'adsorbant hybrides, ce qui peut améliorer leurs propriétés d'adsorption. Ces billes hybrides peuvent être utilisées dans diverses applications environnementales et industrielles.

Il est important de noter que l'efficacité de l'adsorption dépendra de nombreux facteurs, tels que la taille des billes, la concentration du contaminant, le pH de la solution, le temps de contact, etc. Il est donc nécessaire de réaliser des études spécifiques pour déterminer les conditions optimales d'utilisation de ces adsorbants dans l'élimination des sous-produits de chloration SPC dans l'eau de consommation.

# **CHAPITRE III**

## **Partie**

### **Expérimentale**

Ce chapitre est divisé en deux parties :

Dans la partie A, nous présenterons les méthodes et les techniques expérimentales utilisées pour les procédés utilisés pour le traitement de l'eau de forage Mezrir Est de M'Sila qui sont proposés au cours de cette mémoire.

Dans la partie B, nous avons notés tous les résultats trouvés ainsi que leurs interprétations (la désinfection et le procédé d'adsorption).

# **PARTIE A**

## **Matériels et Méthodes**

**Matériels et méthodes****III.1. Réactifs utilisés :**

L'argile algérienne provenant de gisement de Maghnia (Ouest Algérien), cette dernière se trouve sous sa forme extraite en petits blocs de diamètre moyen 1 à 10 cm et contient de sa formation, des impuretés telles que la silice libre, le quartz, la cristobalite et une certaine quantité d'oxydes dont du fer. Donc cette argile est purifiée en premier lieu par plusieurs lavages à l'eau distillée.

L'alginate de sodium, le chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ), hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ), l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) ont été fournis par Sigma Aldrich Chemicals.

**III.2. La désinfection par le chlore :****III.2.1. La méthode de détermination de la demande en chlore (Break point) :**

Pour déterminer la demande en chlore des eaux, nous avons dans un premier temps déterminé les temps de contact nécessaires entre l'eau et le chlore ; puis nous avons déterminé la demande en chlore par la méthode de break point.

Dans le cas de notre étude nous avons déterminé la demande en chlore de notre échantillon (l'eau de réservoir Mezrir Est) selon les étapes suivantes :

**III.2.1.1. Préparation des échantillons :**

Dans des séries des erlenmeyers de 100 ml nous avons préparé des solutions (eau + eau de javel) à différents concentrations en prélevant des différents volumes de l'eau de javel 13° à l'aide d'une micropipette et compléter avec l'eau jusqu'à 100 ml. On laisse les sous agitation pendant 24h à l'obscurité.



**Figure III.1 :** L'agitation pendant 24h à l'obscurité

**III.2.1.2. Préparation de la solution à traiter :**

Dans un erlenmeyer de 100 ml on ajoute l'ordre suivant :

- ⇒ 10 ml de l'échantillon à traiter.
- ⇒ 20 ml de solution de iodure de potassium (KI) 10 g/100 ml.
- ⇒ 20 ml de solution d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 2M.

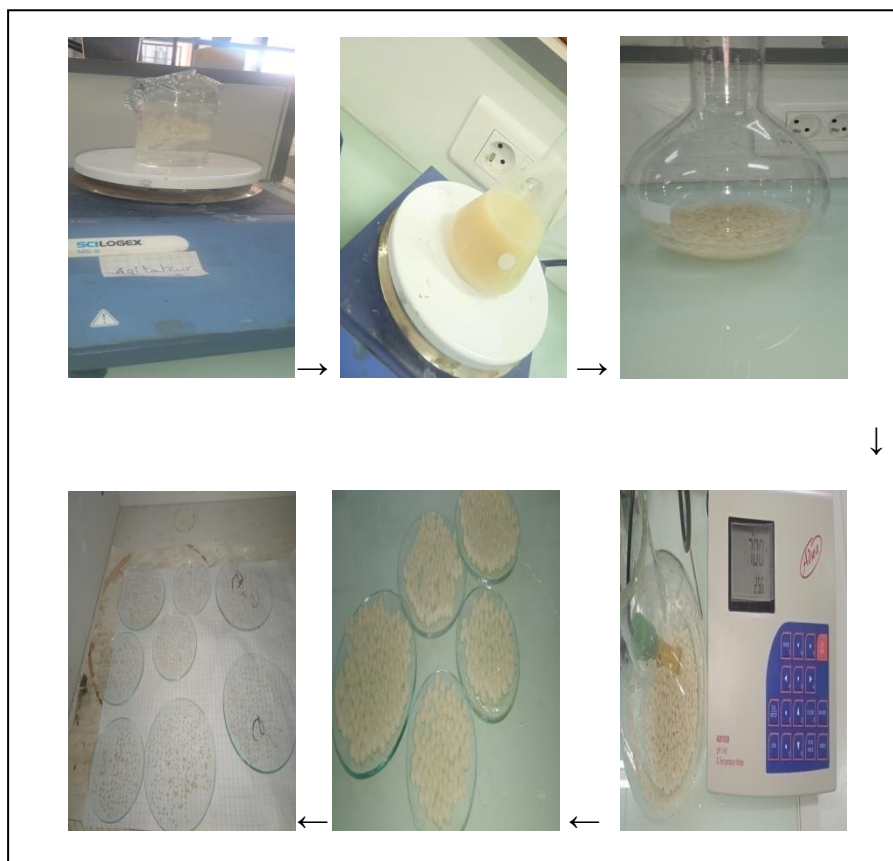
**III.2.1.3. Titrage :**

Après quelques minutes, on a fait le dosage par la solution Thiosulfate (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) M/10 jusqu'à la transformation de la coloration brune en coloration jaune pâle jusqu'à décoloration complète.

**III.3. Préparation du matériau adsorbant Bentonite-Alginate (B/A) :**

Le matériau utilisé dans cette étude est synthétisé au niveau du laboratoire à base d'alginate commercial et de la bentonite algérienne selon les étapes suivant :

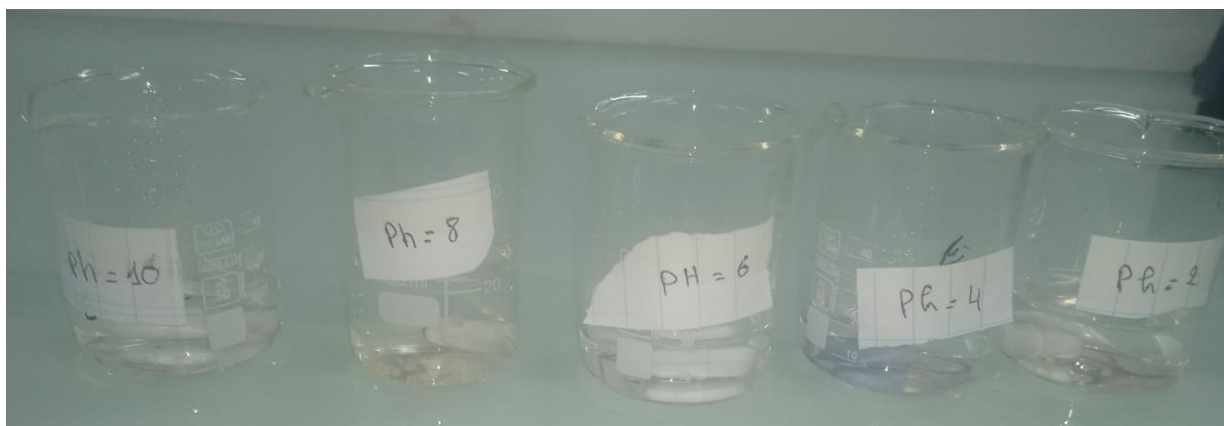
- ✓ Préparation d'une solution d'alginate de sodium, 2g d'alginate de sodium est dissous dans 100 ml d'eau distillée, ensuite le mélange est agité jusqu'à dissolution complète du solide.
- ✓ Après on ajoute 2g de la bentonite B pour une agitation pendant une nuit. le mélange alginate/bentonite est introduit dans une seringue sans aiguille de diamètre interne 1mm. Pour la formation des billes, la solution d'alginate /bentonite est introduite goutte à goutte dans 200 ml de chlorure de calcium CaCl<sub>2</sub> (4%) sous l'effet de l'agitation.
- ✓ Les billes obtenues sont laissées dans le bain de CaCl<sub>2</sub> pendant 24h.
- ✓ Les billes sont lavées plusieurs fois avec l'eau distillée sous agitation jusqu'à pH= (6-7).
- ✓ Les billes sont séchées à l'air et conservées.



**Figure III.2 :** Les étapes de préparation du matériau adsorbant (B/A)

### III.3.1. Détermination du point isoélectrique (pH<sub>pzc</sub>) :

Le pH<sub>pzc</sub> ou pH du point de charge zéro, correspond à la valeur du pH pour laquelle la charge nette de la surface des adsorbants est nulle. Ce paramètre est très important dans les phénomènes d'adsorption, pour l'interprétation du mécanisme quand des forces électrostatiques y sont impliquées [16]. Une façon simple et rapide pour déterminer le pH<sub>pzc</sub> : 20 ml d'eau distillée est versée dans des erlenmeyers avec 20 mg de l'adsorbant à caractériser. Le pH est ajusté pour chaque suspension (pH varie entre 2 et 12) par l'addition de solution de NaOH ou HCl (0.1M). Les suspensions doivent être maintenues en agitation, à température ambiante, pendant 24 heures et le pH final est alors déterminé. Le point isoélectrique est déterminé en traçant  $\text{pH}_f - \text{pH}_i$  en fonction de  $\text{pH}_i$ . Donc la valeur du pH<sub>pzc</sub>, c'est la valeur du point d'intersection de la courbe avec l'axe qui passe par zéro ( $\Delta\text{pH} = 0$ ).



**Figure III.3 :** Détermination du point isoélectrique  $pH_{pzc}$

#### III.4. Spectroscopie UV-Visible :

C'est une technique de spectroscopie optique qui mesure l'absorption de la lumière dans des régions du spectre correspondant aux rayonnements visible et ultraviolet. Les différentes concentrations des solutions de notre échantillon ont été déterminées par analyse à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible (Shimadzu Spectrophotomètre UV-Vis 2401 PC) à la longueur d'onde maximum ( $\lambda_{max}$ ), dans notre cas la longueur d'onde est de 254 nm à pH de la solution. Celle-ci permet de mesurer directement les densités optiques de chaque solution permettant l'accès aux différentes concentrations grâce à la loi de Beer-Lambert qui montre une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration de la solution à analyser.

La loi de Beer-Lambert n'est vérifiée que lorsque la lumière utilisée est monochromatique, les concentrations sont faibles, la solution doit être homogène et le soluté ne doit pas donner lieu à des transformations photochimiques [18,19]. Elle s'exprime par l'équation suivante :

$$A = \log I / I_0 = \epsilon l C \text{ Equation (III.1)}$$

A : désigne l'absorbance (sans unité),

$I_0$ : intensité de la lumière incidente,

I: intensité de la lumière transmise (I toujours inférieur de  $I_0$ ),

T: transmittance, souvent exprimée en %.

l: l'épaisseur de la solution traversée (cm),

C : la concentration molaire du composé i (mol/L),

$\epsilon$ : coefficient d'absorption ou d'extinction molaire ( $\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

$\lambda$ : la longueur d'onde du rayon lumineux traversant la solution (nm).

La linéarité de la loi de Beer-Lambert ne peut être appliquée que dans un certain domaine de concentrations appelé domaine de validité de la méthode déterminé par étalonnage. Donc, il est nécessaire de connaître le domaine de la linéarité de la courbe d'étalonnage  $A = f(C)$ .

#### **III.4.1. Courbe d'étalonnage :**

Donc pour cela nous avons préparés une solution mère (eau+ eau de javel) à 10 mg/L, à partir de laquelle nous préparons par dilutions successives, une série des solutions avec des concentrations bien déterminées à pH de la solution (pH=7.7). Ces dernières seront, par la suite, analysées par spectrophotométrie UV-visible. Nous établissons ainsi la droite d'étalonnage représentant la densité optique (ou absorbance) relative au maximum d'absorption en fonction de la concentration des solutions aqueuses d'échantillon obéissant ainsi à la loi de Beer- Lambert et serviront à déterminer les concentrations inconnues des solutions après chaque expérience d'adsorption. Cette courbe est représentée sur la Figure III.6 dans la partie suivante.

### **III.5. Etude de l'adsorption des sous-produits de chloration (SPC) par B/A :**

#### **III.5.1. Effet de certains paramètres sur l'adsorption :**

L'adsorption d'hypochlorite et les sous-produits de chloration vont dépendre de plusieurs facteurs tels que le pH de la solution, la masse de l'adsorbant, la concentration initiale de l'adsorbat, la force ionique, l'agitation et la température du milieu. Certains de ces paramètres (les plus importants) vont être étudiés de façon à situer l'efficacité de l'adsorbant préparé et d'optimiser le processus.

##### **III.5.1.1. Effet du pH :**

Le pH joue un rôle capital dans le processus d'adsorption. Il impose directement la charge superficielle des solides et celle du soluté. L'étude de l'influence du pH de la solution a été réalisée pour un intervalle de pH allant de 2 à 12 pour le polluant par l'addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique (HCl) ou de soude (NaOH) suivant le pH désiré pour une concentration initiale égale à 4.5 mg. L<sup>-1</sup>. Dans une série des erlenmeyers nous introduisons une masse de 20 mg d'adsorbant, nous ajoutons le même volume de 20 ml de solution d'adsorbat. Ces erlenmeyers sont placés sous agitation à une température ambiante de  $24 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant un temps d'équilibre de 24 heures en suite le surnageant est analysé par UV-visible.

##### **III.5.1.2. Effet de la masse de l'adsorbant**

Dans cette partie nous avons adopté le même protocole expérimental sans ajustement du pH. L'agitation des suspensions (adsorbant + adsorbat) a été faite à une température ambiante de  $24 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 24 heures avec une concentration d'hypochlorite dans l'eau brute de 4.6

mg/L. Donc une série des erlenmeyers contenant 20 ml de solution d'échantillon avec une masse d'adsorbant allant de 5 à 100 mg, après 24 heures d'agitation les suspensions sont analysées par UV-Vis.

### III.5.1.3. Effet de la concentration initiale et du temps de contact sur l'adsorption des sous-produits de chloration (SPC) sur l'B/A:

La cinétique d'adsorption consiste à suivre la diminution de la concentration de l'adsorbat dans la solution en fonction du temps de contact. L'adsorption des molécules du soluté initialement présentes en solution sur des adsorbants solides poreux en fonction du temps comprend les quatre étapes suivantes :

- Le transport des molécules du soluté de la solution jusqu'à la couche limite ou film superficiel qui entoure la particule de l'adsorbant.
- Le transport des molécules du soluté à travers la couche limite jusqu'à l'extérieur de la particule de l'adsorbant.
- La diffusion des molécules du soluté à l'intérieur des pores.
- La réaction (physique ou chimique) des molécules du soluté à la surface interne de l'adsorbant.

Pour faire cette partie, nous avons étudié l'influence de la concentration de l'adsorbat et du temps contact sur notre échantillon d'adsorbant. Pour cela nous avons choisi les trois concentrations d'hypochlorite de 3.5, 4.5 et 5.5 mg/L dans l'étude de l'effet de la concentration pour un intervalle du temps de 5min à 28heures.

### III.6. La mesure des résultats d'adsorption :

La quantité de polluant adsorbée à l'instant t (temps de contact) par l'adsorbant (B/A), notée  $q_t$  (en mg/g), est obtenue par un bilan matière en utilisant l'équation (III.2) où  $C_0$  et  $C_t$  sont les concentrations initiales et finales en polluant dans la phase liquide (souvent exprimée en mg/L), V le volume de la solution (en L) et m la masse d'adsorbant utilisée dans le batch (en g). Lorsque le temps de contact est égal au temps d'équilibre (c'est à dire pour  $C_t = C_e$ , on a  $q_t = q_e$ ), la quantité de polluant adsorbée à l'équilibre (notée  $q_e$  en mg/g) est calculée en utilisant l'équation (III.3) où  $C_e$  (en mg/L) est la concentration du polluant dans la phase liquide à l'équilibre. La quantité de polluant adsorbée peut aussi s'exprimer en % de décontamination (R en %) en utilisant l'équation (III.4).

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{W} \quad \text{Equation (III.2)}$$

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W} \quad \text{Equation (III.3)}$$

$$R\% = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad \text{Equation (III.4)}$$

### III.7. Isotherme d'adsorption

Les phénomènes d'adsorption étudiés sur des solutions synthétiques constituées d'un ou de deux polluants peuvent être décrits par des représentations graphiques, appelées courbes d'isothermes. Ces courbes décrivent la relation existante, à l'équilibre d'adsorption entre la quantité de polluant retenue par gramme d'adsorbant ( $q_e$ ) et la concentration du même polluant en solution à l'équilibre ( $C_e$ ) à une température donnée constante. Dans cette étude, l'effet de la concentration initiale de notre échantillon sur la quantité adsorbée (mg/g) par l'adsorbant B/A, a été étudié dans une gamme de concentrations initiales (2.5–20mg/L) pour l'hypochlorite à pH de solution (pH = 7.7) pour une température de  $24 \pm 1$  °C.

#### III.7.1. Modélisation des isothermes :

Toute isotherme d'adsorption est caractérisée par son allure générale et sa pente à l'origine [20]. Les données expérimentales peuvent être alors modélisées en utilisant des équations mathématiques, elles-aussi empiriques dont les plus connues et les plus utilisées sont les équations de Langmuir et de Freundlich. Bien qu'ils soient suffisants pour décrire les données expérimentales, ces deux modèles théoriques sont basés sur des hypothèses concernant l'adsorbant et son interaction avec le matériau solide.

##### a) Model de LANGMUIR :

Le modèle de Langmuir [21] repose sur les hypothèses suivantes :

- (1) le solide adsorbant présente une capacité d'adsorption limitée ( $q_{\max}$ ),
- (2) tous les sites actifs sont identiques (même énergie), ils ne peuvent complexer qu'une seule molécule de soluté (adsorption en monocouche),

(3) il n'y a pas d'interactions entre les molécules adsorbées. Ce modèle est représenté par la relation suivante :

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad \text{Equation (III.5)}$$

Avec  $K_L$  est une constante dépendant de la température qui décrit l'énergie d'adsorption. Cette constante de Langmuir donne une indication sur l'affinité de l'adsorbant pour l'adsorbant : plus

$K_L$  est élevée plus l'affinité est forte.  $q_m$  est la quantité maximale pouvant être adsorbée en monocouche par unité de masse de solide et correspond donc à une occupation totale des sites d'adsorption.

**b) Modèle de FREUNDLICH :**

Le modèle de Freundlich est le plus ancien. Il est appliqué à de nombreux cas notamment dans l'adsorption en multicouches avec possibilité d'interactions entre les molécules adsorbées. L'équation de Freundlich est bien adaptée pour décrire les systèmes hétérogènes caractérisés par le facteur  $n$ . La formule empirique du modèle est :[22].

$$q_e = k_F \cdot C_e^n \quad \text{Equation (III.6)}$$

La constante  $n$  (adimensionnelle) donne une indication sur l'intensité de l'adsorption. Il est généralement admis que des faibles valeurs de  $n$  ( $0,1 < n < 0,5$ ) sont caractéristiques d'une bonne adsorption, alors que des valeurs plus élevées révèlent une adsorption modérée ( $0,5 < n < 1$ ) ou faible ( $n > 1$ ). La constante «  $n$  » est très souvent remplacé par «  $1/n$  » ou facteur d'hétérogénéité. Il faut noter que si  $n$  (ou  $1/n$ ) tend vers 1, l'isotherme devient linéaire donc de type C.

**PARTIE B**

**Résultats Et Discussions**

## **Introduction**

Afin d'assurer la qualité de l'eau potable, des traitements spécifiques doivent être appliqués pour effectuer des modifications physico-chimiques ou biologiques sur l'eau. Cette procédure est réalisée à travers une série de traitements standardisés selon une méthode appropriée. L'étude porte sur l'eau provenant de réservoir. Mezrir Est, situé dans la wilaya de M'Sila. Ce forage est équipé pour traiter une capacité nominale de 2500 mètre cube ( $M^3$ ).

L'objet de ce chapitre, nous présentons également quelques données sur la qualité de l'eau de ce réservoir. Qui alimente la zone Nord-Ouest de la commune (Chef-lieu) d'une population de 80000 habitants par l'eau potable qui fait l'objet de notre étude.

La présente étude est divisée en deux parties :

Dans la première partie Nous détesterons à l'analyse physico chimique de cette eau, puis l'étude de l'influence de la chloration sur l'eau de forage étudiée en tenant compte de différents paramètres réactionnels tels que la dose d'hypochlorite de sodium (eau de Javel) et le temps de contact au cours de l'essai. Pour déterminer la demande en chlore (break point).

La deuxième partie Il s'agira donc de tester l'élimination des SPC présent dans l'eau brute (réservoir. Mezrir Est) par la méthode d'adsorption, en utilisant d'une part le chlore seul. Puis conjointement à un matériau adsorbant (B/A).

### III.8.Situation géographique du forage d'Ouled Slama :

La commune de M'sila est alimentée à partir des eaux souterraines des champs captage : Khebab- Mezrir Est- Mezrir Ouest- Guerfalla- Tarmounte et Lougmane. Le champ de captage de Mezrir Est est composé de neuf forages pour une production moyenne de 7800 m<sup>3</sup>/j.



**Figure III.4 :** Situation géographique du forage d'Ouled SLAMA (Google Maps).

### III.9. Données sur la qualité de l'eau brute de forage d'Ouled SLAMA :

La qualité de l'eau brute qui détermine le traitement nécessaire, qui dépend à son tour de son origine et peut varier au fil du temps. Il est donc essentiel d'analyser régulièrement l'eau à traiter afin d'ajuster le traitement en fonction de sa composition et, si nécessaire, de le modifier pour prendre en compte les variations observées de ses différents composants.

Les résultats obtenus sur l'eau brute de forage de Mezrir Est arrivant à la station de traitement de M'Sila représentés dans Le tableau (III.1) qui présentent les principaux paramètres physico-chimiques et organiques de l'eau brutes qui fait l'objet de notre étude.

**Tableau III.1** : Principaux paramètres de qualité physico-chimique et organique de l'eau brute de forage.

Paramètres Organoleptiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Couleur	mg/l Echelle Pt	<b>Clair</b>	200	20	Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	<b>128</b>	--	--
Odeur à 25 °C	-	<b>bonne</b>	20	3	Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	<b>73</b>	--	--
Paramètres physico-chimiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Dureté totale (TH)	mg/l CaC O <sub>3</sub>	<b>620</b>	--	--
			SURF	SOUT					
Concentration en ion hydrogène	Unité pH	<b>7.7</b>	≥6.5 et ≤9		Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	<b>115</b>	--	--
Conductivité à 25 °C	µS/cm	<b>1539</b>	2800		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	<b>3.2</b>	--	--
température	°C	<b>21.1</b>	25		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	<b>163</b>	<b>600</b>	<b>500</b>
Turbidité	NTU	<b>3</b>	--		Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	<b>500</b>	<b>400</b>	<b>400</b>
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	<b>15</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	<b>366</b>	--	--
Taux de salinité (TDS)	mg/l	<b>769</b>	--		Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaC O <sub>3</sub>	<b>300</b>	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	< 0.02	4	0.5	Fer	mg/l			

Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	<0.02	--		Manganèse	mg/l			
Phosphore (P)	mg/l	<0.02	10	5	<b>Paramètres ioniques</b>	<b>Unité</b>	<b>Résultat</b>	<b>N.A (E.B)</b>	
Matières organiques	mg/l	/	--					<b>SURF</b>	<b>SOUT</b>
Demande biochimique en Oxygène (DBO)	mg/l O <sub>2</sub>	/	7	<3	<b>Fluorures (F<sup>-</sup>)</b>	mg/l	/	2	1.5
Demande chimique en Oxygène (DCO)	mg/l O <sub>2</sub>	/	30	--	<b>Cyanures (CN<sup>-</sup>)</b>	µg/l	/	100	50
Azote Total Kjeldhal (NTK)	mg/l	/	3	1	<b>Bromures (Br<sup>-</sup>)</b>	mg/l	/	--	--
					<b>Iodures (I<sup>-</sup>)</b>	mg/l	/	--	--

Le pH de l'eau est voisin de la neutralité, par ailleurs, la conductivité enregistrée correspond à une minéralisation moyenne. La valeur de la turbidité est plus ou moins faible. Concernant les éléments minéraux, l'alcalinité est bicarbonatée puisque le pH est inférieur à 8,3.

La dureté est résultée probablement de la nature géologique des terrains traversés. Les teneurs en chlorures et sulfates pourraient s'expliquer par la géologie des terrains de la région ou par une contamination directe de l'eau de forage par des rejets domestiques.

Les valeurs des nitrates apparaissent comme négligeables. L'azote ammoniacal est présent à des teneurs inférieures à 0,5 mg/l et ne présente aucune pollution d'origine anthropique.

**III.10. La méthode de détermination de la demande en chlore (Break point) :**

Détermination de la demande en chlore pour l'eau de forage par la méthode iodométrique :

Le choix des points de prélèvement est primordial pour l'évaluation de la chloration des eaux de boisson de la ville M'Sila. L'échantillon d'eau de forage ont été prélevés manuellement dans des bouteilles en plastiques, la bouteille est rincée au préalable avec l'eau à prélever. Puis acheminés au laboratoire « Chimie de l'environnement » du Pôle Universitaire de M'Sila. L'échantillon d'eau de forage est une eau brute ont pour but de déterminer la demande en chlore.

Les prélèvements se sont déroulés au cours de la période 11 à 16 avril 2023.

**III.10.1. Description des essais de chloration :**

Nos essais ont été réalisés dans des fioles de 100 ml. L'oxydation par le chlore est réalisée à une température ambiante (18 à 20 ° C), par ajout de micro volumes d'eau de javel dilué au 1/10. Après agitation les fioles sont maintenues à l'obscurité. Ce mode opératoire a été suivi afin de déterminer les consommations en chlore par nos échantillons. Le chlore consommé est déduit de la différence entre le chlore introduit et le chlore résiduel mesuré.

**III.10.2. La demande en chlore**

La détermination de la demande en chlore Selon Rodier (2009) est comme suit :

**III.10.2.1. Objectif de la méthode**

Déterminer la demande en chlore d'une eau permet d'évaluer le taux de chloration à appliquer à l'eau à traiter pour obtenir une teneur résiduelle en chlore donnée, après un temps de contact fixé et à une température donnée. Cette demande en chlore doit être effectuée en fonction des objectifs de la détermination et dans les conditions pratiques de l'installation : température de l'eau, temps de stockage de l'eau chlorée dans le réservoir (en général 1 à 2 heures) ou temps de séjour de l'eau dans le réseau (quelques heures à quelques dizaines d'heures).

**III.10.2.2. Principe**

Dans une série des flacons contenant un même volume d'eau à analyser, on ajoute des concentrations croissantes de chlore. La demande en chlore de l'eau est donnée par le premier flacon dans lequel on décèle la présence de chlore libre après un temps de contact déterminé (généralement 1 à 2 heures).

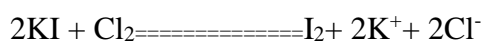
**III.10.2.3. Méthodes de dosage****III.10.2.3.1 Dosage du chlore résiduel**

Le chlore résiduel est déterminé par la méthode iodométrique, selon Tardat – Henry et Beaudry, (1984) :

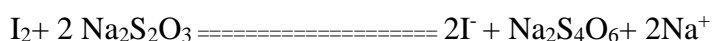
**1. Principe de la méthode iodométrique :**

Est une méthode d'oxydoréduction, ce dosage comporte deux étapes :

- On ajoute un excès d'iodure de potassium (KI) qui par oxydation libère une quantité équivalente d'iode. Cette réaction se fait en milieu acide à un pH de 3 à 4. L'acide acétique est préféré à un acide fort pour ce dosage.



- L'iode ainsi libéré est dosé par une solution normalisée de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) selon la réaction suivante :

**2. Expression des résultats**

$$[\text{Cl}_2\text{résiduel}] \text{ (mg/l)} = N_1 \times V_1 \times 35.5 \times 10^3 / V_2$$

**N<sub>1</sub>** : Normalité de thiosulfate de sodium 0,1 N.

**V<sub>1</sub>** : Volume de thiosulfate de sodium versé (chute de burette) en ml.

**V<sub>2</sub>** : Volume de prise d'essais 10 ml.

**35.5** : la masse molaire de chlore (en g/l).

**III.11. La demande en chlore Break Point de forage Mezrir Est**

Dans le but d'examiner l'effet de la chloration sur notre échantillon par rapport au chlore .pour déterminer la demande en chlore (Break Point) de réservoir Mezrir Est, nous avons ajouté des quantités croissantes de chlore allant de 0 à 6 mg/l de  $\text{Cl}_2$  à une série de fioles contenant l'eau de forage étudiés. Après agitation et une période d'attente d'une heure, nous avons mesuré la quantité de chlore restant en utilisant la méthode iodométrique cité précisément. Les résultats ont été regroupés dans le tableau III.2 et ont permis d'obtenir la courbe de la demande en chlore.

Tableau III.2 : l'évolution de la concentration du chlore résiduel total en fonction de la dose de chlore introduite. L'eau de réservoir Mezrir Est, temps= 1 heures.

<b>Cl<sub>2</sub>intr</b> (mg/l)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
<b>Cl<sub>2</sub>résid<sub>d<sub>1h</sub></sub></b> (mg/l)	0,248	0,496	0,744	0,992	1,488	1,736	2,232	1,488	1,86	1,984	2,17

Les résultats présentés dans la figure(III.5) montrent l'évolution de la concentration totale de chlore résiduel en fonction de la quantité de chlore ajoutée.

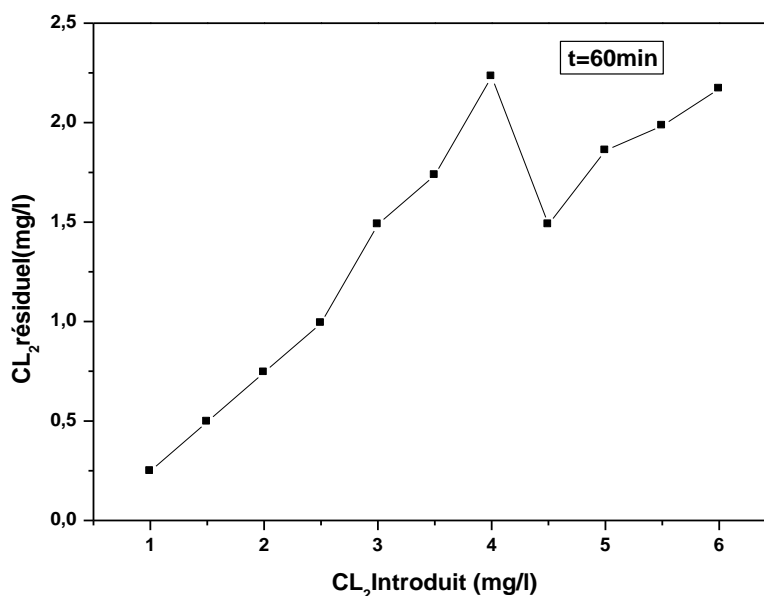
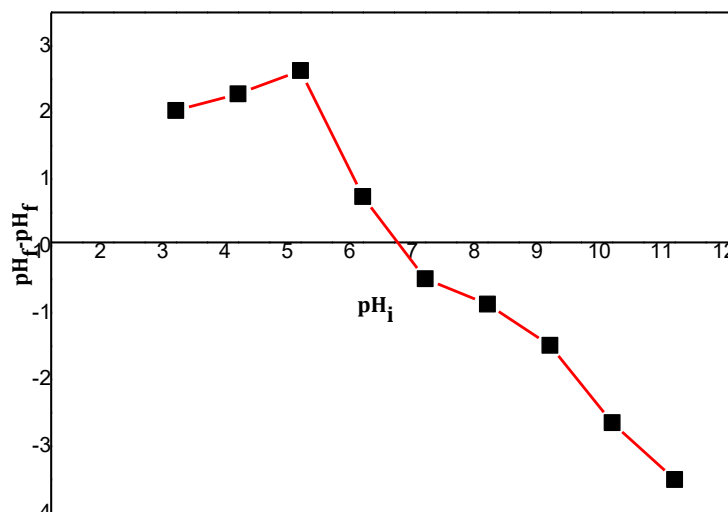


Figure III.5 : Courbe représente la demande en chlore de réservoir Mezrir Est, t =1 heures.

### III.12. Détermination du point isoélectrique (pH<sub>pzc</sub>) :

Le pH<sub>pzc</sub> a été déterminé par la méthode décrite dans la partie A, chapitre III, Les résultats obtenus du ΔpH (pH<sub>final</sub>– pH<sub>initial</sub>) en fonction de pH<sub>initial</sub> de l'adsorbant B/A sont représentés sur la figure III.5. Ce paramètre est très important dans les phénomènes d'adsorption.



**Figure III.6** : Point isoélectrique ( $\text{pH}_{\text{pzc}}$ ) du matériau alginate/bentonite.

Selon le pH de la solution, ce matériau sera échangeur cationique ou anionique :

- Si le pH de la solution est inférieur au  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  de l'adsorbant ( $\text{pH} < 6.8$ ), les groupes fonctionnels de surface d'adsorbant seront protonés par un excès de protons  $\text{H}^+$  et l'adsorbant devient un échangeur anionique.

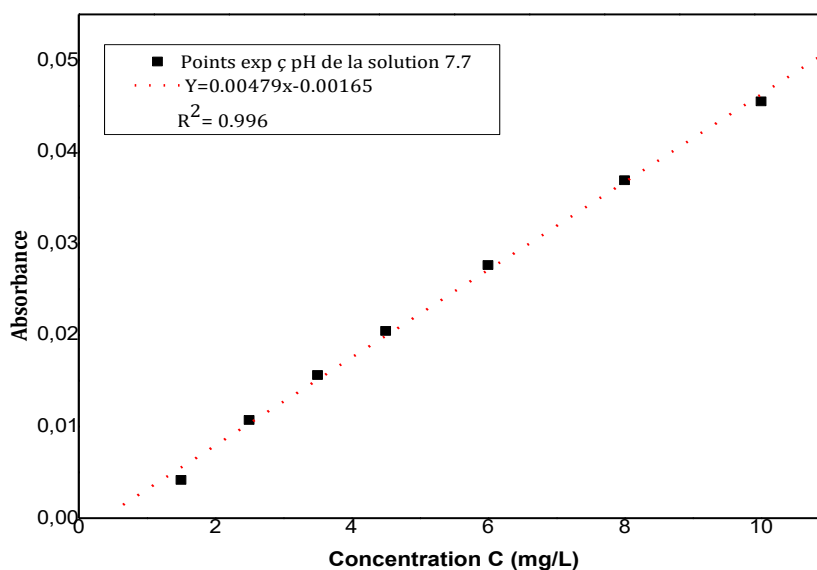
- Si le pH de la solution est supérieur au  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  ( $\text{pH} > 6.8$ ) les groupes fonctionnels de surface seront déprotonés par la présence des ions  $\text{OH}^-$  de la solution et l'adsorbant devient alors échangeur cationique.

- Si le pH de la solution est égal au  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  de l'adsorbant B/A, on peut dire que la surface de l'adsorbant est neutre ( $\text{pH}_{\text{pzc}} = 6.8$ ), c'est-à-dire les charges positives de la surface de l'adsorbant sont égales aux charges négatives.

Dans ce cas on peut dire que la surface de notre adsorbant préparé pour cet étude est neutre ( $\text{pH}_{\text{pzc}} = 6.8$ ), c'est-à-dire les charges positives de la surface de l'adsorbant sont égales aux charges négatives, un résultat proche de celui trouvé par [15].

### III.13. Courbe d'étalonnage :

La courbe d'étalonnage étudiée à pH de la solution, sont présentées sur la figure III.7.



**Figure III.7 :** Courbe d'étalonnage à pH de la solution.

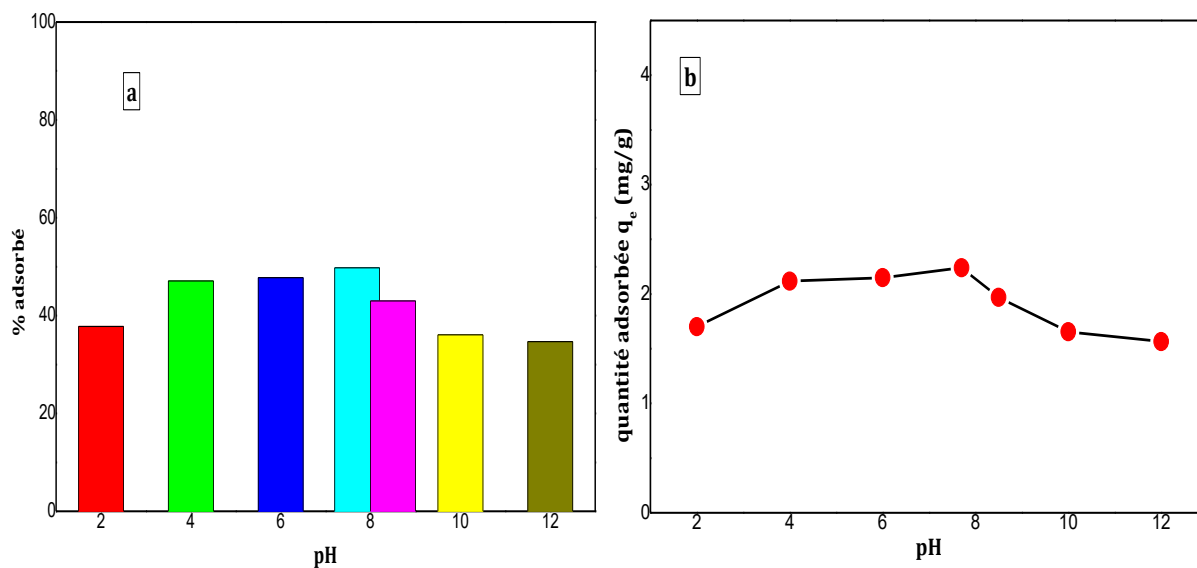
### III.14. Etude de l'adsorption des sous-produits de chloration (SPC) par B/A :

#### III.14.1. Effet de certains paramètres sur l'adsorption :

##### III.14.1.1. Effet du pH :

L'étude de l'influence du pH de la solution a été réalisée pour un intervalle de pH de 2 à 12 pour une concentration initiale égale à 4.5 mg. L<sup>-1</sup> et les résultats représentés dans la Figure III.8 sous forme de pourcentage de SPC adsorbé en fonction du pH.

Le pH de la solution affecte généralement l'adsorption dans une large mesure, car il influence sur les propriétés de l'adsorbant et de l'adsorbé. L'adsorbé en solution est principalement sous forme protonée (espèces anioniques) à pH > pKa et sous forme moléculaire à pH < pKa et la charge de surface de l'adsorbant dépend du pH de la solution et de son point isoélectrique pH<sub>pzc</sub> : la surface est chargée positivement à pH < pH<sub>pzc</sub> et chargée négativement à pH > pH<sub>pzc</sub>. Notre adsorbant a un pH<sub>pzc</sub> = 6.8. Lorsque pH<sub>sol</sub> < 6.8, le matériau a une charge de surface positive et attire plus les anions et lorsque pH<sub>sol</sub> > 6.8, le matériau a une charge de surface négative et attire fortement les charges positives.



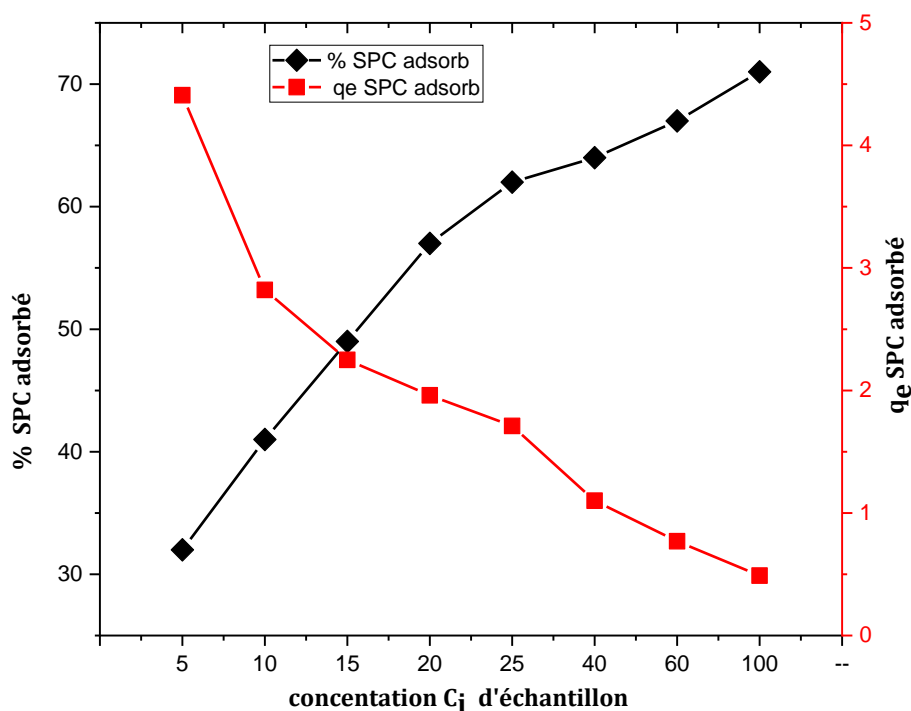
**Figure III.8 :** Effet du pH de la solution dans le test d'adsorption des SPC sur B/A ( $C_0 = 4.5$  mg/L, pH = 7.7,  $T = 24 \pm 1^\circ\text{C}$ , temps de contact = 24heures).

Comme le montre la figure III.8, la quantité d'adsorbat SPC adsorbée sur le matériau B/A est passée de 1.7 à 2.24 mg/g (37.7 à 49%) lorsque le pH est passé de 2 à 7.7, puis a diminué lentement avec une augmentation du pH de 7.5 à 9 et de manière significative avec des augmentations supplémentaires du pH de 9 à 12 (1.565 mg/g qui correspond 34.7% à pH 12). La variation de l'adsorption des SPC par rapport au pH initial de la solution peut être expliquée sur la base des points isoélectriques ( $\text{pH}_{\text{pzc}}$ ) de l'adsorbant B/A et de la structure des molécules SPC comme exemple d'hypochlorite. La quantité d'hypochlorite adsorbée est liée à sa constante de dissociation  $\text{pK}_a$  qui est de 7.5. Lorsque le pH est  $< 7.5$ , la majeure partie du polluant existe sous forme moléculaire (acide hypochloreux HOCl), qui est plus hydrophobe que la forme ionique et s'adsorbe bien sur le matériau adsorbant. Cependant, lorsque le pH est supérieur au  $\text{pK}_a$ , la forme dissociée d'hypochlorite (existe principalement sous forme d'anion hypochlorite OCl<sup>-</sup>) augmente et devient dominante avec l'augmentation du pH de la solution et l'adsorbant acquiert une surface négative entraînant une diminution de l'adsorption de ces molécules par répulsion électrostatique entre les anions d'hypochlorite et la surface négative de l'adsorbant. En effet, l'adsorbant conserve une charge négative avec l'augmentation du pH due à la fois aux fonctions carboxylate de l'alginate et à la charge superficielle négative de l'argile située aux bords des feuillets. Par conséquent, le pH peut influencer l'adsorption de l'hypochlorite en modifiant l'équilibre entre les deux formes et en affectant leur affinité pour les sites d'adsorption sur le biomatériau [15].

Donc on a choisi un pH de 7.7 de la solution (pH naturel de la solution sans modification) pour la suite d'étude.

## III.14.1.2. Effet de la masse de l'adsorbant B/A :

La Figure III.9 présente l'effet de la masse sur le taux d'adsorption et sur la quantité adsorbée des SPC par l'adsorbant B/A. Il apparaît à travers les résultats de la Figure III.9 qu'il y a un effet important de la masse de l'adsorbant sur la capacité et sur le pourcentage d'élimination des SPC.



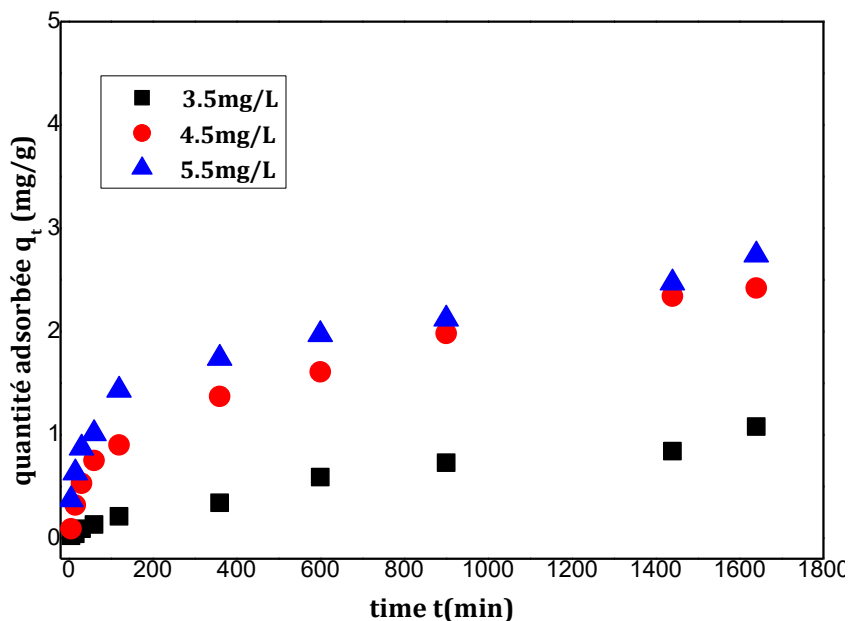
**Figure III.9 :** Effet de la masse d'adsorbant dans le test d'adsorption des SPC sur B/A ( $C_0 = 4.6$  mg/L, pH = 7.7,  $T = 24 \pm 1^\circ\text{C}$ , temps de contact = 24heures).

Une augmentation de la masse de 5 à 100 g entraîne une diminution de la quantité adsorbée exprimée en mg par gramme d'adsorbant (de 4.41 jusqu'au 0.489mg/g) et une augmentation de rendement d'élimination (de 32% jusqu'au 71%). L'augmentation du rendement d'élimination peut être expliqué par le fait que lorsque on augmente la masse du l'adsorbant B/A, on augmente la surface spécifique et le nombre de sites d'adsorption. D'une autre façon, la quantité adsorbée par unité de masse (mg/g) diminue pourrait s'expliquer par la non-saturation des sites d'adsorption [23].

## III.14.1.3. Effet de la concentration initiale et du temps de contact sur l'adsorption des SPC sur l'adsorbant B/A :

L'étude de la cinétique d'adsorption a été menée de manière à déterminer les quantités fixées d'adsorbant depuis la mise en contact adsorbant-adsorbant jusqu'à l'équilibre. Des

échantillons de solutions ont été prélevés à intervalles de temps bien définis jusqu'à l'obtention de l'équilibre. Les différents résultats obtenus sont tracés sous forme de courbe  $q_t = f(t)$ .



**Figure III.10 :** Effet de la concentration initiale et du temps de contact sur l'adsorption des SPC par l'adsorbant B/A (pH = 7.7 et T = 24 ± 1°C).

Pour cela, nous avons suivi les cinétiques d'adsorption d'hypochlorite, pour les concentrations initiales suivantes 3.5, 4.5 et 5.5 mg/L du pH 7.7, à une température ambiante de 24 ± 1°C. Donc l'effet de la concentration initiale d'échantillon sur le taux d'adsorption sur l'adsorbant B/A a été étudié et les résultats sont présentés sur la Figure III.10. La quantité des SPC adsorbée augmente avec l'augmentation du temps pour les trois concentrations initiales et elle a augmenté de 0.02, 0.09 et 0.37 mg/g à 1.08, 2.42 et 2.74 mg/g avec l'augmentation de la concentration initiale d'hypochlorite de 3.5, 4.5 et 5.5 mg/L. Pour les trois concentrations et d'après les courbes de la figure nous pouvons dire que l'expérience n'a pas encore atteint l'équilibre dans le domaine étudié reste encore plus de temps. A faible concentration initiale et dans ce domaine, l'allure de la courbe est rapidement changée pour aller à l'équilibre qu'à concentration initiale élevée. Cette observation peut s'expliquer par l'existence de nombreux sites vacants disponibles sur la surface externe pour une faible quantité de molécules de polluant. Une capacité d'adsorption élevée pour une concentration initiale élevée est due à la génération de forces motrices importantes provoquées par le gradient de concentration [15].

III.14.2. Isothermes d’adsorption des SPC par l’adsorbant B/A :

Les isothermes d’adsorption mesurées à température ambiante de  $24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  sont représentées sur la Figure III.11, nous avons également modélisés les résultats expérimentaux par les deux modèles (Langmuir et Freundlich) et les courbes résultantes sont représentées sur la même figure, ainsi que les paramètres caractéristiques de l’isotherme d’adsorption sont présentés dans le Tableau III.3.

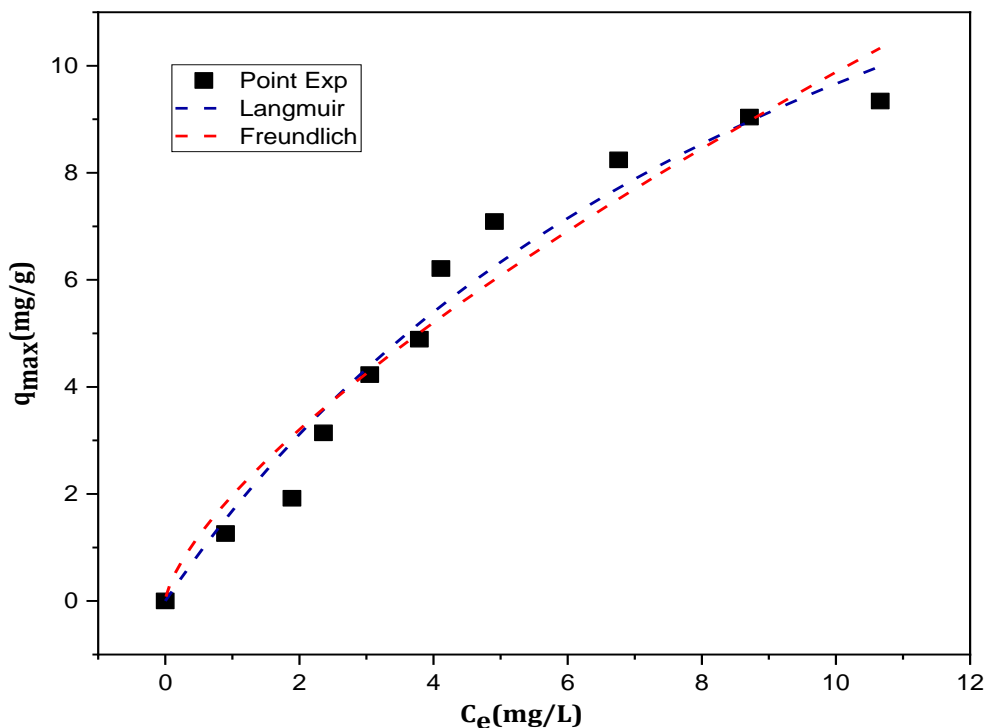


Figure III.11 : Isotherme d’adsorption des SPC sur l’adsorbant B/A ( $\text{pH} = 7.7$ ,  $m=15\text{mg}$ ,  $V=20\text{ml}$ ,  $t=24\text{h}$  et  $T=24 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

L’isotherme d’adsorption de l’adsorbant B/A montrent une forme-L selon la classification de Giles, indiquant une affinité relativement élevée entre l’adsorbant et l’adsorbant. La valeur maximale de la capacité d’adsorption à l’équilibre est  $88.3\text{mg/g}$  dans l’intervalle de la concentration étudiée.

Tableau III.3 : Les résultats de la modélisation des isothermes d'adsorption des SPC sur l'adsorbant B/A : modèle de Langmuir et de Freundlich

Modèle	SPC
<b>Langmuir</b> $q_m(\text{mg g}^{-1})$	88.3
$K_L(\text{L mg}^{-1})$	0.006
$R^2$	<b>0.977</b>
<b>Freundlich</b> $K_F(\text{mg g}^{-1}) (\text{L g}^{-1})^{1/n}$	0.981
n	1.612
$R^2$	<b>0.927</b>

Nous constatons que le modèle de Langmuir est le modèle le plus crédible qui décrit mieux nos résultats expérimentaux, avec  $q_{\text{max}} = 88.3\text{mg/g}$  et  $R^2 = 0.977$ . Ce modèle montre que la surface de notre échantillon B/A est homogène sur le plan énergétique et une adsorption monomoléculaire [15] des SPC sur l'adsorbant B/A, d'une autre façon ces résultats indiquent qu'il y a adsorption des SPC avec formation d'une monocouche à la surface du l'adsorbant B/A. Il s'agit d'une adsorption localisée sur des sites bien définis d'adsorbant, susceptibles de ne fixer qu'une seule molécule.

Le modèle de Langmuir reliant le paramètre  $K_L$  à l'affinité de l'adsorbat pour les sites de fixation de l'adsorbant, la valeur de  $K_L$  (Tableau III.3) est inférieure à 1 indique que l'affinité de chaque molécule est relativement homogène sur la surface d'adsorbant B/A [18][23].

# **CONCLUSION**

### **Conclusion**

Pour conclure ce travail, il convient de dire que la désinfection de l'eau potable par le chlore suivi de l'adsorption sur l'argile constitue un procédé efficace pour garantir la sécurité hydrique. Le chlore élimine les micro-organismes pathogènes, tandis que l'adsorption sur l'argile élimine les contaminants organiques et réduit les sous-produits de désinfection. Donc l'utilisation de ces deux méthodes en combinaison permet d'améliorer la qualité de l'eau potable tout en minimisant les risques sanitaires et en préservant l'environnement.

Il est donc essentiel de promouvoir et d'adopter ce procédé dans les systèmes de traitement de l'eau pour assurer l'accès à une eau potable sûre pour tous.

Nos résultats ont permis de conclure que l'eau de forage qui alimente la ville de M'SILA qui est caractériser par des analyse physico chimique au niveau ADE M'SILA, en particulier par des matières en suspension (MES), turbidité, et le dosage des cations et les anions présent dans l'eau, est conforme aux normes de la qualité de l'eau potable .Cette eau présente un pH proche de la neutralité, tandis que la conductivité enregistrée correspond à une minéralisation modérée. La turbidité est relativement faible. En ce qui concerne les composés minéraux, l'alcalinité est principalement bicarbonatée, ce qui est cohérent avec un pH inférieur à 8,3. La dureté de l'eau est probablement due à la composition géologique des sols traversés. Les concentrations en chlorures et sulfates peuvent être expliqués par la géologie de la région ou par une possible contamination directe de l'eau de forage par des rejets domestiques. Les niveaux de nitrates sont négligeables, et les teneurs en azote ammoniacal sont inférieures à 0,5 mg/l, ce qui indique l'absence de pollution d'origine humaine.

Où nous avons pu déterminer la demande en chlore de forage étudié sont obtenues expérimentalement sur la base de la courbe de break point qui correspond à 4,5 mg/l.

Les résultats de Point isoélectrique ( $pH_{pzc}$ ) obtenus du  $\Delta pH$  ( $pH_{final} - pH_{initial}$ ) en fonction de  $pH_{initial}$  de l'adsorbant B/A sont déterminés à une valeur de 6,8

Les principaux résultats d'adsorption par les billes B/A, dans le (break point), Afin de réduire les SPC sont représenté par Le modèle de Langmuir qui était parfaitement adapté pour décrire tous nos résultats expérimentaux, ce qui a permis de donner les quantités maximums d'adsorption  $q_m$  ( $mg\ g^{-1}$ ) = 88,3 à  $pH = 7,7$

## **CONCLUSION**

D'après les résultats obtenus dans la présente étude, nous pouvons conclure que les billes préparés à partir d'alginate et la bentonite étaient un adsorbant efficace et prometteur pour l'élimination du (SPC) à partir des solutions aqueuses.

Pour cela nous proposons les perspectives suivantes :

L'objectif est de développer des méthodes et des techniques de désinfection de l'eau potable en combinant deux processus, à savoir la désinfection et l'adsorption, en utilisant des biopolymères autres que l'alginate qui possèdent des propriétés spécifiques.

Des études seront réalisées en utilisant ces matériaux composites dans des systèmes binaires ou ternaires, afin d'évaluer leur efficacité dans l'élimination d'autres polluants organiques tels que les produits pharmaceutiques, ainsi que des polluants inorganiques tels que les métaux lourds.

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

## Références bibliographiques

- [1] G. et C. Grosclaude, *L'eau usage et polluants. Tome II. Paris. 1999.*
- [2] “(suivi de procédés coagulation floculation au niveau de station de traitement AIN TINN.).”
- [3] J. Rodier and N. M. et coll Bernard Legube, *analyse eau -rodier-.pdf*, 9e édition. .
- [4] Rejsek, F. (2002) *Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques.* Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. Sciences et techniques de l'environnement. 360p.
- [5] Hawa SAMAKE 2002 *Analyse physico-chimique et bacteriologique au l.n.s. des eaux de consommation de la ville de bamako durant la periode 2000 et 2001, these de doctorat, Université de Bamako*
- [6] Journal Officiel de la République Algérienne (JORA)., “qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, pp. 7-25,” *Qual. l'eau Consomm. Hum. Impr. Off. Les Vergers Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, pp. 7-25, 2011.*
- [7] HoldingB-V, “l'entch purification et traitement de l'eau.”
- [8] L. S. Mazzuoli, “La gestion durable de l'eau Ressource.,” pp. 60, 61,70.
- [9] S. B. et I. MESSAOUDI, “« La contamination des eaux par les métaux cas de chott Ain Beida de la région de Ouargla »,” 2007.
- [10] “Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Thèse de doctorat en Sciences. Université Mohamed Khider. Biskra. Pp 07.”
- [11] M. Boni, J. Demoncheaux, C. Girardet, and G. Bornert, “Maîtrise de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine en situation dégradée: expérience du service de santé des armées français,” pp. 13–20, 2022.
- [12] S. Appliqu, “Thèse,” 2006.
- [13] “traitement des eaux de consommation-Hydrologie-Bromatologie.pdf.” .
- [14] F. Techniques, “Rôle, formes et transferts d'éléments intervenant dans la qualité des eaux MATIERE ORGANIQUE.”
- [15] Derafa, Garmia., Zaghouane-Boudiaf, H., Viseras, Ibbora. César., 2018. Preparation and characterization of new low cost adsorbent beads based on activated bentonite

- encapsulated with calcium alginate for removal of 2,4- dichlorophenol from aqueous medium. *Int. J. Biol. Macromol.* 115, 257-265.
- [15]. Derafa, Garmia., Zaghouane-Boudiaf, H., Viseras, Ibhora. César., 2018. Preparation and characterization of new low cost adsorbent beads based on activated bentonite encapsulated with calcium alginate for removal of 2,4- dichlorophenol from aqueous medium. *Int. J. Biol. Macromol.* 115, 257-265.
- [16] Luo, P., Zhao, Y., Zhang, B., Liu, J., Yang, Y., Liu, J., 2010. Study on the adsorption of Neutral Red from aqueous solution onto halloysite nanotubes. *Water Res.* 44, 1489-1497.
- [18] Zhou, Q., Xi, Y., He, H., Frost, R. L., 2007. Application of near infrared spectroscopy for the determination of adsorbed p-nitrophenol on HDTMA organoclay-implications for the removal of organic pollutants from water, *Spectrochimica Acta Part A.* 69, 835-841.
- [19] Madejova, J., Bujdak, J., Janek, M., Komadel, P., 1998. Comparative FT-IR study of structural modifications during acid treatment of dioctahedral smectites and hectorite. *Spectrochimica Acta Part A* 54, 1397-1406.
- [20] Crini, G., Badot, P.M., 2007. *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique*, Presses universitaires de Franche-Comté.
- [21] Langmuir, 1918. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J. Amer. Chem. Soc.* 40, 1361-1403.
- [22] Freundlich, H.M.F. 1906, Over the adsorption in solution. *Journal of Physical Chemistry.* 57, 385-470. Freundlich, H.M.F., 1926. *Colloid and Capillary Chemistry.* Methuen. London. uk.
- [23] Belhouchat, N., Zaghouane-Boudiaf, H., Viseras, C., 2017. Removal of anionic and cationic dyes from aqueous solution with activated organo-bentonite/sodium alginate encapsulated beads. *Appl Clay. Sci.* 135, 9-15.

