



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :  
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies  
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : Génie Des Procédés

Spécialité : *Génie chimique*

Par : AMIEUR Djillali Abd Essamed  
BENKOUMAR Mohamed Elamine

## Thème

**Les analyses physico-chimique et  
bactériologiques des eaux des puits traités par  
l'utilisation d'un matériau microporeux  
(*Magadiite*)**

Soutenu publiquement le : 15/05/2018

Devant le jury :

M <sup>r</sup> LADJAL Boumediene	maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M <sup>r</sup> AGOUN Mohamed Salah	maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examinateur
M <sup>me</sup> BOUAMER Kheira	maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examinateur
M <sup>me</sup> MOULAY Kerroumia	maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire : 2017/2018

# Remerciement

Nous remercions tout d'abord le Dieu qui nous a donné le courage et la patience dans toute notre vie et pour terminer ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude et reconnaissance à notre encadreur Mme. KERROUMIA Moulay d'avoir accepté de diriger ce travail, pour son attention sur notre travail, pour ses conseils avisés. Pour ces aides afin de corriger ce travail, ainsi pour ces orientations très bénéfiques.

Nous nous traduiront également nos vifs remerciements aux messieurs les membres de jury :

- Monsieur LADJAL Boumadien, Maître assistant A, à l'université de Ghardaia, pour avoir accepté de présider ce jury.
- Monsieur AGOUN Mohamed Salah, Maître assistant A, à l'université de Ghardaia, pour d'avoir accepté d'examiner ce travail
- Madame BOUAMER Kheira, Maître assistant A, à l'université de Ghardaia, pour m'avoir fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail.

Nous s'incréons remerciements vont à tous les enseignants de la faculté des sciences et technologie pour leur contribution à ma formation de graduation et poste graduation, et tous ce qui nous aident.

Nous exprimons-nous haute considération tous les collègues du laboratoire algérien des eaux pour leur aide.

Notre reconnaissance va également à tous qui nous aident de pré et loin pour la réalisation de ce mémoire.

# Dédicace

*Ce travail modeste est dédié :*

*À ma chère mère qui me donne toujours l'espoir de vivre et  
qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*À mon cher père.*

*À*

*tous mes proches de la famille, et plus  
particulièrement, mes sœurs et mes frères tout à son nom,  
et sans oublier.*

*Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie  
scolaire.*

*AMRUR Djilali Abd Essamed*

# Dédicace

*Ce travail modeste est dédié :*

*À ma chère mère.*

*À mon cher père que dieu ait pitié de lui.*

*À*

*tous mes proches de la famille, et plus  
particulièrement, mes sœurs et mes frères tout à son nom,  
et sans oublier.*

*Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie  
scolaire et à Tous ceux que j'aime et je respecte.*

**BENKOUMAR Mohamed Elamine**

# Sommaire



## **TABLEAU DE MATIERE :**

Introduction générale

### **Chapitre I - Généralité Sur Les Phyllosilicates**

I.1. Introduction .....	3
I.2. Définition .....	3
I.3. Structure des phyllosilicates .....	4
I.4. Types structuraux des phyllosilicates .....	8
I.5. Formule chimique des phyllosilicates lamellaires .....	10
I.6. Classification des phyllosilicates lamellaires dans le système de Liebau .....	10
I.7. Classification des phyllosilicates lamellaires selon le type de feuillet .....	11
I.8. Les propriétés des phyllosilicates .....	13
I.9. Application des phyllosilicates lamellaires .....	14
I.10. Magadiite .....	15
I.11. Modèles structuraux de la magadiite .....	16
I.12. Les couches de la coupe terrestre des salines du Kanem dans le tchad .....	18

### **Chapitre II -Eau et Environnement**

II.1. Introduction .....	19
II.2. Ressources en eau .....	19
II.3. Pollution .....	21
II.4. Pollution de l'eau .....	21
II.5. Maladie transmission hydrique (MTH) .....	24
II.6. Les caractéristiques microbiologiques .....	25
II.7. Bactéries .....	26

II.8. Traitement des eaux .....	28
II.9. Description générale d'une chaîne classique de traitement d'eaux de surface .....	29

### **Chapitre III - matériels et Méthodes**

III.1. Introduction .....	31
III.2. Synthèse de Magadiite .....	31
III.3. Echantillonnages et prélèvements .....	35
III.4. Techniques de caractérisation .....	37
III.5. Les analyses physique-chimique des eaux souterraines .....	38
III.6. Analyses bactériologiques de l'eau .....	47
III.7. Conclusion .....	51

### **Chapitre IV – Résultats et Discussions**

IV.1. Introduction .....	52
IV.2. Techniques de caractérisation de magadiite .....	52
IV.3. Les analyses physique-chimique des eaux souterraines .....	54
IV.4. Méthodes d'analyses bactériologiques .....	61
Conclusion général .....	64

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure générale des phyllosilicates .....	4
Figure 2: A : Tétraèdre ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) ; B : couche tétraédrique des phyllosilicates C : vue selon la direction b ou c .....	5
Figure 3: Représentation d'un tétraèdre de silicium (a) et (b) agencement de tétraèdres en couche tétraédrique .....	5
Figure 4 : A : Octaèdre, B : couche octaédrique des phyllosilicates. C : Couche dioctaédrique, D : couche trioctaédrique .....	6
Figure 5 : Représentation d'un octaèdre de silicium (a) et (b) agencement d'octaèdres en couche octaédrique .....	7
Figure 6 : Mode de liaison entre une couche tétraédrique et une couche octaédrique dans les phyllosilicates (d'après Velde & Meunier 2008) .....	7
Figure 7 : Agencement des tétraèdres et des octaèdres en feuillets .....	8
Figure 8 : Feuille de type T.O. ou 1:1 .....	9
Figure 9 : Feuille de type T.O.T. ou 2:1 .....	9
Figure 10 : Carte géographique des salines du kanem .....	18
Figure 11 : Procédure de formation du Magadiite .....	33
Figure 12 : Etapes de synthèse de Magadiite .....	34
Figure 13 : Localisation de deux points Dhayet Bendhahoua et El Atteuf .....	35
Figure 14 - Le point ciblé pour les deux échantillons .....	36
Figure 15: La recherche des coliforms totaux et coliforms fécaux dans les eaux par la méthode des tubes multiples .....	48
Figure 16: La recherche des streptocoques fécaux dans les eaux par la méthode des tubes multiples .....	49
Figure 17 : Recherche des aérobies sulfite-réducteurs .....	50



Figure 18 : Preparation de la serie des dilutions .....	50
Figure 19 : Recherche et denombrement des germes aérobie à 30°C .....	51
Figure 20 : Diffiractogramme de rayons X de la magadiite .....	52
Figure 21: Microscope électronique à balayage de la magadiite .....	53
Figure 22 : Spectroscopie infrarouge de la magadiite .....	54
Figure 23 : Histogramme de PH .....	54
Figure 24 : Histogramme de Conductivite .....	55
Figure 25 : Histogramme de Salinite .....	56
Figure 26 : Histogramme de Turbidité .....	56
Figure 27 : Histogramme de Nitrites .....	57
Figure 28 : Histogramme de Nitrates .....	57
Figure 29 : Histogramme de Fer .....	58
Figure 30 : Histogramme de TH .....	58
Figure 31 : Histogramme de Calcium .....	59
Figure 32 : Histogramme de Magnésium .....	59
Figure 33 : Histogramme de TAC .....	60
Figure 34: Histogramme de Résidu sec .....	60
Figure 35: Histogramme de sulfates .....	61
Figure 36: Histogramme de Germe aérobie mésophile totaux .....	61
Figure 37: Histogramme de Coliformes totaux .....	62
Figure 38: Histogramme de Enterocoque .....	62

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Donne les formules chimiques de ces matériaux ainsi que leurs espacements basaux (ou périodicité d001) respectifs .....	10
Tableau 2 : Classification des structures cristallines des phyllosilicate lamellaires selon Liebau .....	11
Tableau 3 : Classification des phyllosilicates lamellaires selon le type de feuillet ....	12
Tableau 4 : Modèles de structure proposés pour la magadiite .....	17
Tableau 5 : Classification des polluants suivant leur taille .....	22
Tableau 6 : Classification des composés de l'effluent suivant leur nature chimique ..	23
Tableaux 7: Aérobie sulfite-réducteur .....	63

## Abréviations :

ADE	Algérienne des eaux
CACQE	Centre Algérienne du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage
Å	Angström
ATD	Analyse Thermique Différentielle
°C	Degré Celsius
CE	Conductivité électrique
DBO	Demande biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DRX	Diffraction Rayon X
FTIR	Infra Rouge à Transformée de Fourier
HLS	Helix Layered Silicate
MEB	Microscopie Electronique à Balayage
nm	Nanomètre
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ppm	Partie par million
PTFE	Poly Tétra Fluoro Ethylène
RMN	Résonance Magnétique Nucléaire
TDS	Solides Totaux Dissous
TG	Thermo Gravimétrie
TMOS	Tétra Méthyle Ortho Silicate
T.O	Tétraèdre - Octaèdre
T.O.T	Tétraèdre - Octaèdre - Tétraèdre
TPN	Température et Pression Normales
µS	micro siemens
BCPL	bouillon lactose au pourpre de bromocrésol
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique

# Introduction générale



## Introduction générale

---

L'eau a toujours été un élément indispensable dans l'environnement, ce qui en fait un élément sensible et très attentionné. L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure

L'eau est menacée dans sa qualité et dans sa quantité, .L'un des problèmes majeurs et fondamentaux qui menacent l'humanité et les êtres vivants, la Pollution aquatique, la présence d'éléments chimiques contaminant et de microbes mortels ce qui nécessite un traitement et une purification.

En Algérie, la qualité des eaux superficielles se dégrade dans des bassins d'importance vitale sous l'effet des rejets de déchets urbains et industriels, les barrages réservoirs s'ensavent et perdent de la capacité utile et le rejet de la vase dans les cours d'eau pose d'énormes problèmes écologiques et environnementales.

Ces problèmes et apparences ont amené l'homme à se retourner et à reconsidérer les conséquences de ses activités et actions Ce qui lui a fait sentir la gravité de la situation Il a commencé à agir et à fait des études dans lesquelles il a cherché des solutions à ces problèmes , Cette prise de conscience et cette attention ont conduit à l'émergence de méthodes de traitement de l'eau d'entre eux le traitement physique Ou ce qui est connu par les phénomènes d'adsorption et absorption .

Avec le développement de la science et la découverte d'éléments et de composés chimiques, Les adsorbants étaient connus pour leur capacité à capturer des éléments contaminés et utiliser dans diverses activités de ces adsorbants tell que la Magadiite, Des études et des travaux antérieurs se sont révélés sa efficacité dans le domaine de la physico-chimique (captage des ions et des métaux lourd).

Dans ce travail on utilise ce matériau (Magadiite), que nous synthétisée au niveau du laboratoire et nous voyons son effet sur les microbes et les contaminants biologiques, Ce qui ouvre une nouvelle porte dans le traitement de l'eau dans ce travail, nous entreprenons une petite partie qui est une porte d'entrée pour réaliser de futures études dans l'espoir que cela profitera au développement et à la conservation des ressources en eau et à la préservation de la planète .

## Introduction générale

---

On a divisé ce travail en quatre chapitres :

- **Chapitre I** : généralité sur les phyllosilicates, structure et les formules chimiques et leur application.
- **Chapitre II** : Eaux et environnement, la pollution et les types de pollution, les bactéries, le traitement des eaux.
- **Chapitre III** : Matérielles et méthodes, les appareils et les réactifs aussi les modes opératoires.
- **Chapitre IV** : Résultats et discussion, et les histogrammes des résultats.

# Partie théorique

Chapitre I :  
Les  
phyllosilicates





### **I.1. Introduction :**

Les polysilicates lamellaires naturels forment une famille qui comporte, à ce jour, six membres : kenyaïte, magadiïte, makatite, kanemite, ilerïte (aussi connu sous le nom d'octosilicate) et sihydrite (qui est en réalité la forme naturelle de la magadiïte acidifiée).

Ce sont des composés siliceux pouvant être retrouvés dans la nature. Toutefois, ils sont plutôt rares car leur genèse nécessite des conditions alcalines exceptionnelles. Heureusement, ces minéraux peuvent être préparés en laboratoire [1]. Dans ce chapitre, la définition, application et la structure et la réactivité de ces composés, seront présentées

### **I.2. Définition :**

Les phyllosilicates sont des minéraux extrêmement abondants à la surface de la terre. Constituants principaux des sols, ils sont présents dans toutes les zones climatiques favorisant l'altération des minéraux primaires et le développement de sols. Ces minéraux se rencontrent essentiellement dans des formations superficielles, issues notamment de l'altération des roches ignées par exemple .[2]

Leur nom dérive d'ailleurs du mot grec « phyllos » , qui signifie feuille et « silicates » qui est le Minéral formé à partir d'un motif élémentaire tétraédrique ( $\text{SiO}_4$ ) comportant un atome de silicium au centre et des atomes d'oxygène aux quatre sommets . Cette sous famille comprend certains minéraux importants, comme les micas, les argiles et les serpentines. [3, 4]

Ces minéraux, abondants et très facilement accessibles, ont été de tous temps des matériaux privilégiés. Les argiles en particulier. Se sont abondants et très facilement accessibles, ont été de tous temps des matériaux privilégiés. Les argiles en particulier, ont été utilisées de façon très précoce dans l'histoire de l'homme, par exemple par les céramistes. L'utilisation de ces matériaux a toujours été importante et a évolué au cours du temps jusqu'à aujourd'hui : ils sont engagés dans de multiples applications, soit comme constituants entrant directement dans la composition des matériaux (polymères, liants, céramiques, papiers), soit comme éléments de procédés (supports de catalyse, rupteurs d'émulsions, agents séparatifs).

Ces phyllosilicates sont actuellement très étudiés dans les domaines de stockage de déchets nucléaires et de la recherche pétrolière. Dans le cas du stockage des déchets nucléaires, l'intérêt se porte sur les argiles capables d'absorber des cations provenant de la solution

aqueuse, et notamment des radionucléides. Cette propriété est extrêmement intéressante pour l'utilisation de ces phases comme constituant d'une barrière naturelle. [2]

### I.3. Structure des phyllosilicates :

Les phyllosilicates sont des silicates en feuillets. Vus de leur face de plus grande taille, on peut les caractériser par la superposition de plans atomiques parallèles à leur face 00 $\ell$ . Les phyllosilicates sont composés de l'association de deux types de couches constituées de polyèdres élémentaires comportant des oxygènes ou des hydroxyles à leur sommet et divers cations en leur centre. Les deux types de couches (tétraédrique et octaédrique) sont déterminés par la géométrie des polyèdres et la coordinance des cations. [5]

Les minéraux argileux sont principalement des phyllosilicates, c'est-à-dire qu'ils sont constitués par un empilement de feuillets. La Figure N°1 explicite la terminologie utilisée pour définir la structure des phyllosilicates. [6]

On distingue quatre niveaux d'organisation :

- les plans sont constitués par les atomes ;
- les feuillets, tétraédriques ou octaédriques, sont formés par une combinaison de plans ;
- les couches correspondent à des combinaisons de feuillets ;
- le cristal résulte de l'empilement de plusieurs couches.

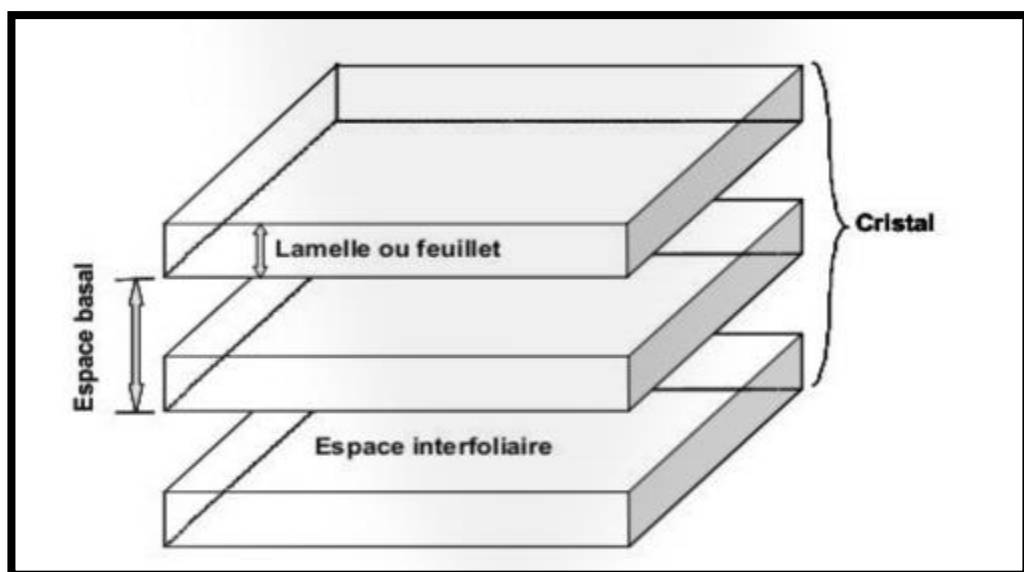
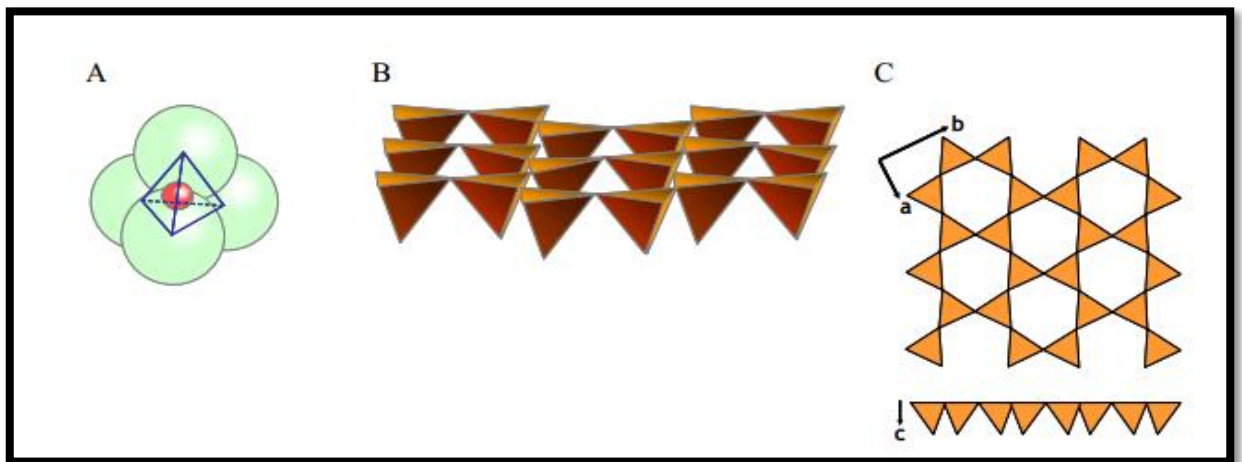


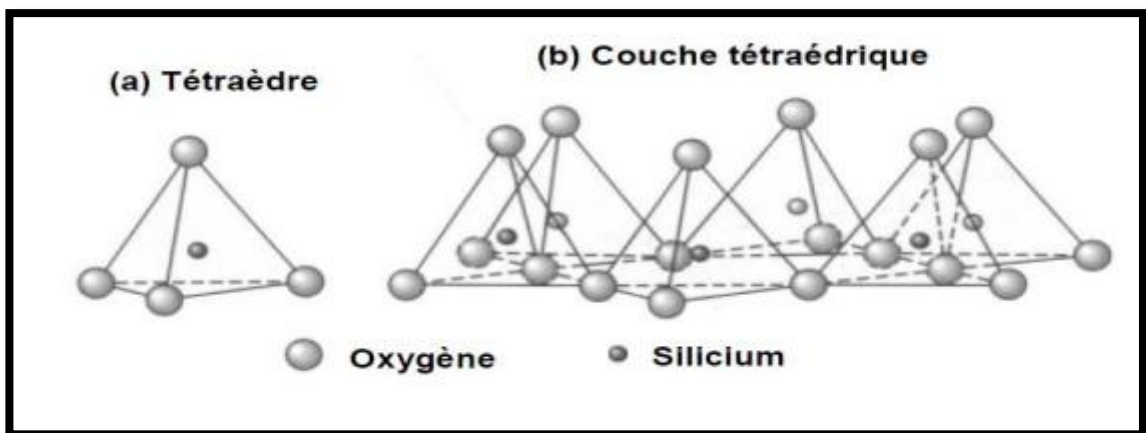
Figure N°1 : Structure générale des phyllosilicates [6]

**I.3.1. La couche tétraédrique**

La couche tétraédrique des phyllosilicates est constituée de tétraèdres comportant quatre oxygènes à leurs sommets et un cation central (Figure N°2-A). Ce cation est principalement  $\text{Si}^{4+}$  ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup>, fréquemment  $\text{Al}^{3+}$  ( $\text{AlO}_4$ )<sup>5-</sup>, et plus rarement  $\text{Fe}^{3+}$  ( $\text{FeO}_4$ )<sup>5-</sup>. Les tétraèdres sont liés entre eux par la mise en commun de trois sommets, les oxygènes basaux, le quatrième restant libre est appelé oxygène apical (Figure N°2-B). Les oxygènes basaux forment un réseau à deux dimensions présentant une symétrie hexagonale et des cavités hexagonales (Figure N°2-C). Les oxygènes apicaux des phyllosilicates pointent généralement du même côté du plan défini par les oxygènes basaux sauf pour de rares espèces (sépiolite, palygorskite). [5]



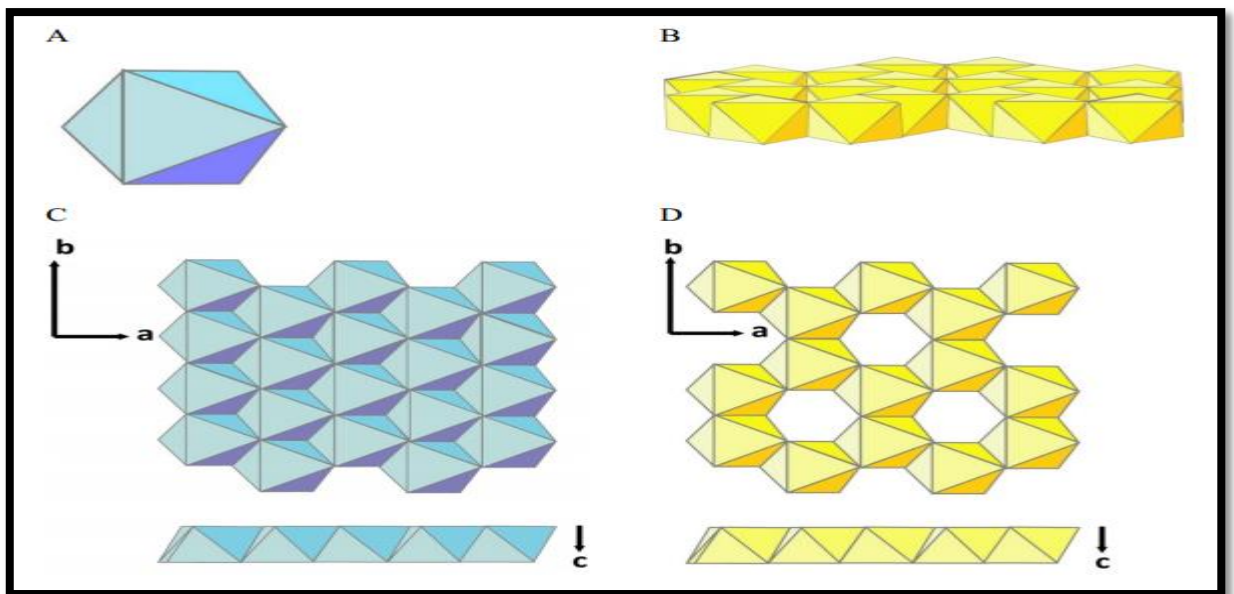
*Figure N°2: A : Tétraèdre ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) ; B : couche tétraédrique des phyllosilicates C : vue selon la direction b ou c [5]*



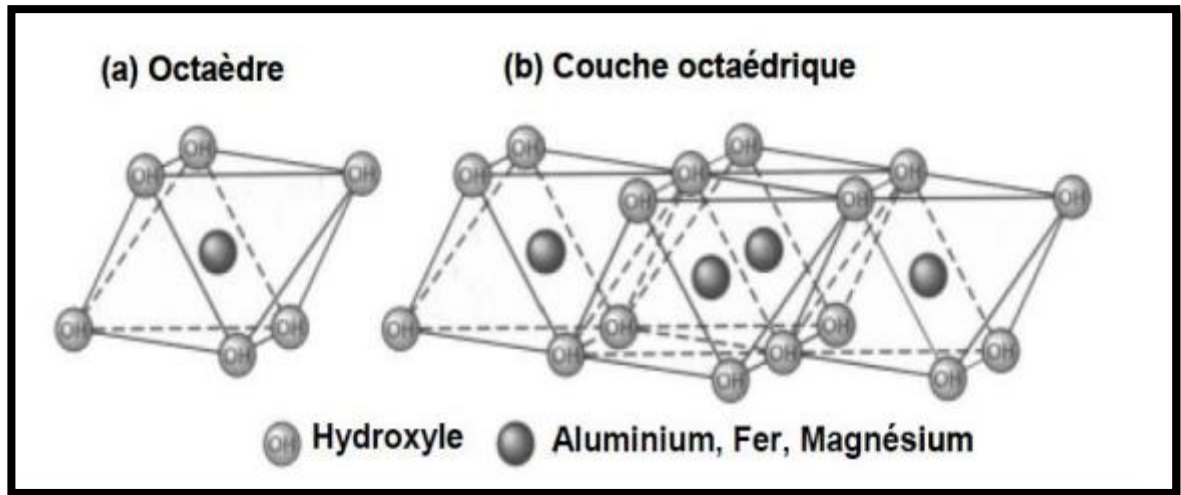
*Figure N°3: Représentation d'un tétraèdre de silicium (a) et (b) agencement de tétraèdres en couche tétraédrique. [7]*

**I.3.2. La couche octaédrique**

La couche octaédrique est formée par des octaèdres jointifs dont les sommets sont soit des oxygènes soit des hydroxyles. Ces anions sont liés à un cation central trivalent ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) ou bivalent ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) en coordinance 6 (Figure N°4-A). Les octaèdres sont liés entre eux par les arêtes (2 sommets) (Figure N°4-B). Lorsque les sites sont occupés par des cations bivalents (ex.  $\text{Mg}^{2+}$ ) chaque anion est lié à trois cations (3 octaèdres voisins) ; la couche est dite trioctaédrique (Figure N°4-C). Si les cations sont trivalents (ex.  $\text{Al}^{3+}$ ), deux octaèdres sur trois sont occupés et le troisième site est vacant. Chaque anion est partagé entre deux octaèdres voisins ; la couche est dite dioctaédrique (Figure N°4-D). La couche octaédrique possède une symétrie hexagonale. Les dimensions de la maille dépendent du cation. Les dimensions d'une couche dioctaédrique alumineuse sont  $a = 1,50 \text{ nm}$ ,  $b = 0,864 \text{ nm}$  et l'épaisseur  $c$  est de  $0,274 \text{ nm}$ . Celles d'une couche trioctaédrique magnésienne sont  $a = 1,411 \text{ nm}$ ,  $b = 0,943 \text{ nm}$  et  $c = 0,245 \text{ nm}$ . La mesure de la dimension  $b$  est réalisée sur des diffractogrammes de poudres désorientées ( $d_{060}$ ) ; elle permet de différencier les phyllosilicates di ou trioctaédriques. [5]



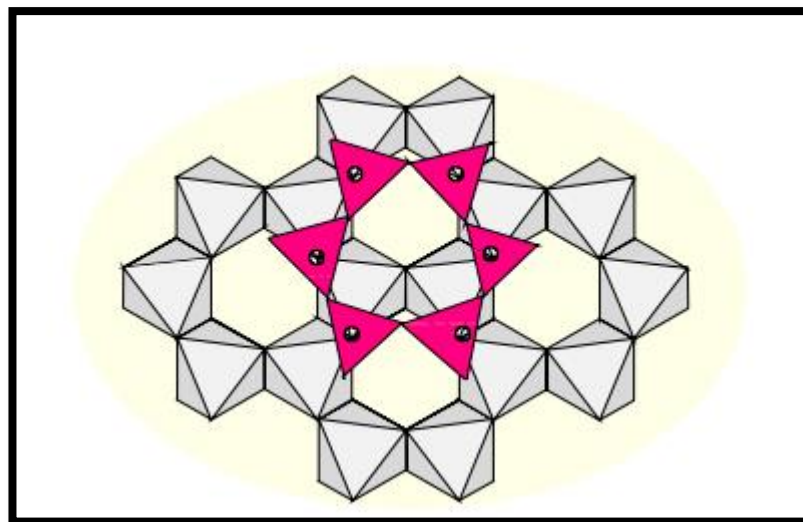
*Figure N°4 : A : Octaèdre, B : couche octaédrique des phyllosilicates. C : Couche dioctaédrique, D : couche trioctaédrique [5]*



*Figure N°5 : Représentation d'un octaèdre de silicium (a) et (b) agencement d'octaèdres en couche octaédrique. [7]*

### I.3.3. Liaison entre les couches tétraédriques et octaédriques

La liaison entre couches octaédrique et tétraédrique pour former les feuilletts se fait par le partage des oxygènes apicaux des tétraèdres qui remplacent autant d'hydroxyles formant les sommets des octaèdres. Les dimensions des couches tétraédriques et octaédriques ne sont pas tout-à-fait identiques ce qui induit des déformations des deux couches lors de leur liaison (Figure N°6). [5]



*Figure N°6 : Mode de liaison entre une couche tétraédrique et une couche octaédrique dans les phyllosilicates (d'après Velde & Meunier 2008) [5]*

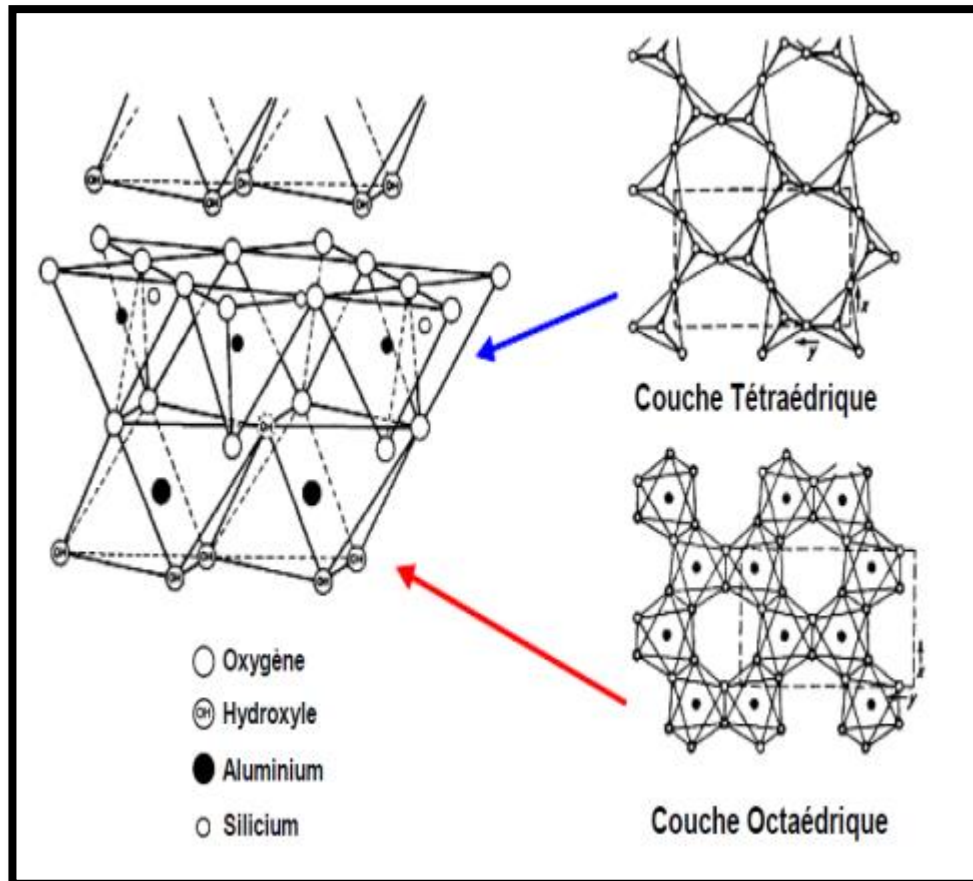


Figure N°7 : Agencement des tétraèdres et des octaèdres en feuillets. [8]

#### I.4. Types structuraux des phyllosilicates

Il existe plusieurs types de phyllosilicate, les plus utilisés ont soit une structure de type T.O. (tétraèdre - octaèdre), soit une structure de type T.O.T. (tétraèdre - octaèdre - tétraèdre). L'empilement de deux plans compacts délimite une couche octaédrique. L'empilement d'un plan hexagonal et d'un plan compact délimite une couche tétraédrique [8].

##### I.4.1. Phyllosilicate de type T.O. ou 1:1

Le feuillet est constitué par l'empilement d'une couche octaédrique et d'une couche tétraédrique. Celles-ci mettent en commun un plan compact d'ions  $O^{2-}$  et  $OH^-$ . (Figure N°8). L'épaisseur de ce type de feuillet est de l'ordre de 7 Å. [8]



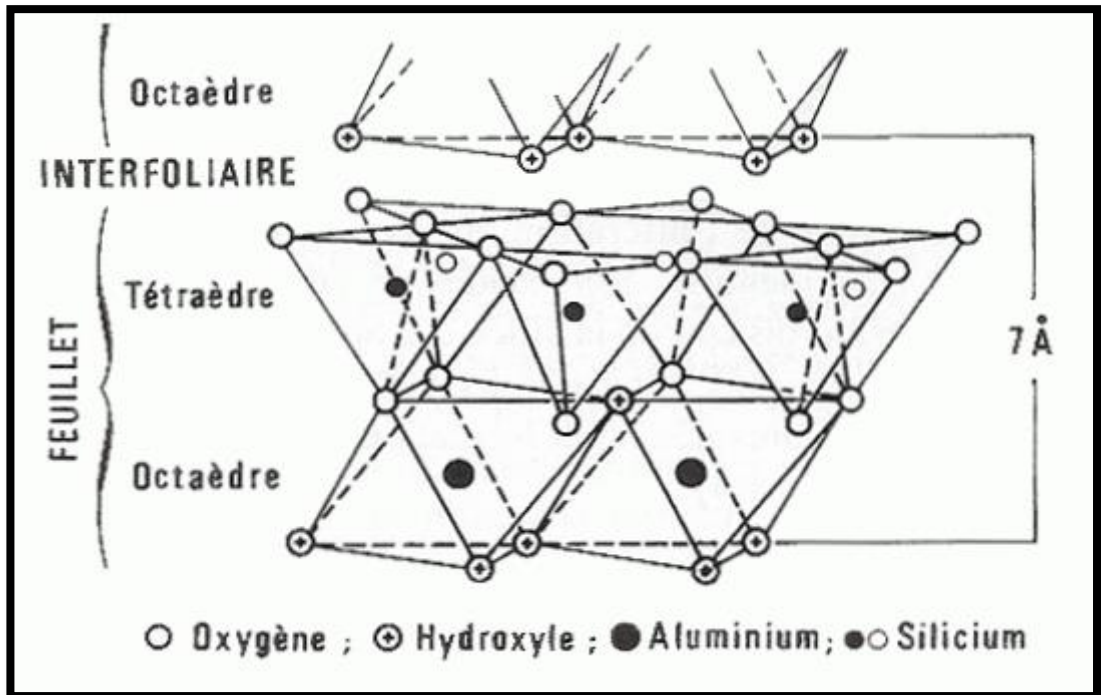


Figure N°8 : Feuille de type T.O. ou 1: 1. [9]

#### I.4.2. Phyllosilicate de type T.O.T. ou 2:1

Le feuillet est formé par l'intercalation d'une couche octaédrique intercalée entre deux couches tétraédriques. Cet empilement est réalisé par la mise en commun de deux plans compacts d'ions  $O^{2-}$  et  $OH^-$  (Figure N°9). L'épaisseur de ce type de feuillet est de l'ordre de 9,5 Å. [8]

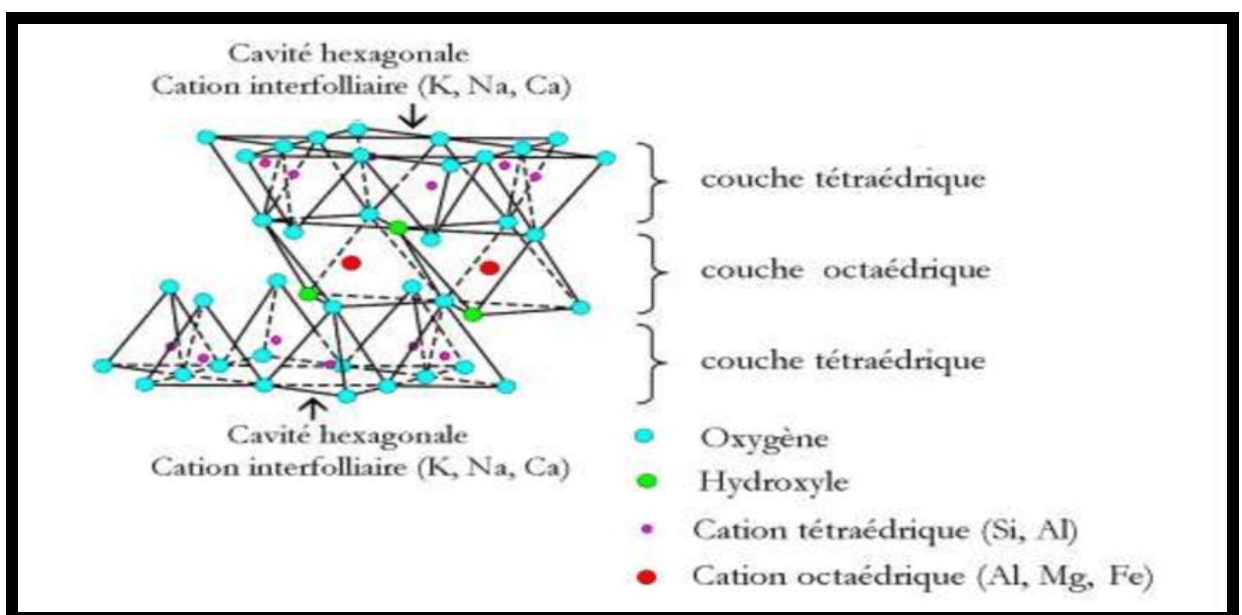


Figure N°9 : Feuille de type T.O.T. ou 2:1. [10]

## I.5. Formule chimique des phyllosilicates lamellaires

La série des phyllosilicates lamellaires d'hydrates de sodium, appelés communément silicates en feuillets, ont pour formule générale :  $\text{Na}_2\text{O} (4-22) \text{SiO}_2 (5-10) \text{H}_2\text{O}$ . [11] [12] [13] [14]

**Tableau N°1 : Donne les formules chimiques de ces matériaux ainsi que leurs espacements basaux (ou périodicité  $d_{001}$ ) respectifs. [15]**

Phyllosilicates lamellaire	Formule chimique	Espacements basal ( $\text{Å}^\circ$ )
Kanemite	$\text{NaHSi}_2\text{O}_5-3\text{H}_2\text{O}$	10.2
Makatite	$\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}-5\text{H}_2\text{O}$	9.0
Octosilicate	$\text{Na}_2\text{Si}_8\text{O}_{17}-11\text{H}_2\text{O}$	11
Magadiite	$\text{Na}_2\text{Si}_{14}\text{O}_{29}-11\text{H}_2\text{O}$	15.6
Silhydrite	$3\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$	14.5
Kenyaite	$\text{Na}_2\text{Si}_{22}\text{O}_{45}-10\text{H}_2\text{O}$	19.7

## I.6. Classification des phyllosilicates lamellaires dans le système de Liebau :

Liebau [16] a donné la structure et la classification des silicates en feuillets par rapport aux autres matériaux siliciques et alumino-siliciques. Une telle classification est donnée dans le Tableau N°2. Les silicates en feuillets appartiennent au groupe des phyllosilicates (dimensionnalité = 2) et diffèrent entre eux par la structure du complexe anionique (l'unité qui se répète dans l'espace pour former le cristal ou périodicité) et par le nombre d'atomes d'oxygène pontants. [15]



**Tableau N°2: Classification des structures cristallines des phyllosilicates lamellaires selon Liebau. [15]**

Dimension de la structure	Structure de silicates	Rapporte O/Si	Complexe anionique	Nombre oxygène pontant
<b>0</b>	Nésosilicate	4.0	$[\text{SiO}_4]^{4-}$	0
	Double tétrasilicates	3.5	$[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$	1
	Cycle à 3 tétraèdres (S3R)	3.0	$[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$	2
<b>1</b>	Mono chaîne silicate	3.0	$[\text{SiO}_3]^{2-}$	2
	Double chaînes silicates	2.75	$[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$	2
<b>2</b>	Kanemite	2.5	$[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$	3
	Octosilicate	2.25	$[\text{Si}_8\text{O}_{18}]^{4-}$	3.5
	Magadiite	2.17	$[\text{Si}_{12}\text{O}_{26}]^{4-}$	3.67
	Kenyaite	2.1	$[\text{Si}_{20}\text{O}_{42}]^{4-}$	3.8
<b>3</b>	Structures silicique	2.0	$[\text{SiO}_2]$	4

### I.7. Classification des phyllosilicates lamellaires selon le type de feuillet

Les silicates lamellaires sont classés en deux catégories. Les silicates lamellaires simples et les silicates lamellaires à couches multiples. Ces derniers diffèrent des premiers par

## Chapitre I - Généralité sur les phyllosilicates

l'épaisseur du feuillet silicate [11] [17] [18] [19] [20] [21], la classification est donnée dans le tableau N°3.

**Tableau N°3 : Classification des phyllosilicates lamellaires selon le type de feuillet. [15]**

Type de silicates en feuillet	Nom	Composition	Structure
Simple	Kanemite	$\text{NaHSi}_2\text{O}_5, 3\text{H}_2\text{O}$	6-MR
	Makatite	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}, 4\text{H}_2\text{O}$	6-MR
	Salinait	$\text{NaLiSi}_2\text{O}_5, 2\text{H}_2\text{O}$	6-MR
	KHSi <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\text{KHSi}_2\text{O}_5$	6-MR
	Li <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	6-MR
	Rb <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\text{Rb}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	4-, 6-, 12-
	$\text{K}_{1.33}\text{Na}_{0.67}\text{Si}_2\text{O}_5$	$\text{K}_{1.33}\text{Na}_{0.67}\text{Si}_2\text{O}_5$	4-, 6-, 8-MR
	CsHSi <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	$\text{CsHSi}_3\text{O}_7$	4-, 6-MR
Multiple	Octosilicate	$\text{Na}_8\text{Si}_{32}\text{O}_{68}, 36\text{H}_2\text{O}$	4-, 5-, 8-MR
	Magadiite	$\text{Na}_2\text{Si}_{14}\text{O}_{29}, 11\text{H}_2\text{O}$	5-, 6-MR
	Kenyaite	$\text{Na}_2\text{Si}_{22}\text{O}_{45}, 10\text{H}_2\text{O}$	5-, 6-MR
	HLS	$(\text{NMe}_4)_2\text{Na}_2[\text{Si}_{10}\text{O}_{20}(\text{OH})_4],$	4-MR
	AMH-3	$5.53\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_8\text{Sr}_8\text{Si}_{32}\text{O}_{76}, 16\text{H}_2\text{O}$	4-, 8-MR

Celui-ci montre que la magadiite est constituée de feuillets silicate à couches multiples [11]. Ces derniers sont formés par l'agencement dans l'espace de cycles à 5 (5-MR) et à 6 (6-MR) tétraèdres. [15]

### **I.8. Les propriétés des phyllosilicates:**

#### **I.8.1. Adsorption**

Les phyllosilicates ont la propriété de former facilement des complexes lamellaires par l'insertion de molécule d'eau ou organique dans l'espace interfoliaire. Ce phénomène appelé gonflement, s'accompagne d'une augmentation du paramètre  $c$  de la maille et dépend de la charge du feuillet, de la localisation de celle-ci et de la nature des cations de compensation [22].

Les cations divalents comme  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  ..., facilitent l'adsorption d'eau dans l'espace interfoliaire en formant des macro-cations. Le paramètre  $c$  augmente jusqu'à une valeur de l'ordre de  $16 \text{ \AA}$ . L'adsorption de molécules organiques peut apporter en caractère hydrophobe au phyllosilicates et entraîner une importante augmentation du paramètre jusqu'à  $19 \text{ \AA}$ . Les phyllosilicates possédant de telles propriétés de gonflement sont classés dans la famille smectites. [23]

#### **I.8.2. Echange ionique :**

Ce type de réaction concerne l'échange des cations interlamellaires des polysilicates en feuillets tels que la magadiite avec d'autres cations comme les protons, les cations organiques de type alkylammonium et d'autres types de cations tels que les alcalins et alcalino-terreux (magnésium, calcium, et potassium) et les métaux (platine, cobalt, europium, argent). L'échange ionique des ions sodium de la magadiite avec les protons pour former l'acide silicique correspondant ont été parmi les premières réactions de ce genre effectués sur les polysilicates lamellaires. D'autre part, différents types de cations de type alkylammonium, triméthylalkylammonium, diméthylalkylammonium et dérivés d'alkylpyridinium ont été insérés dans l'espace interlamellaire de la magadiite par échange cationique [11]

#### **I.8.3. Acidité :**

L'acidité d'un phyllosilicates est liée à la substitution des ions silicium de la couche tétraédrique par des ions aluminium. Deux types d'acidité existent dans les phyllosilicates.

La première acidité, dite de Bronsted, provient soit de la présence de protons dans l'espace interfoliaire pour compenser la charge du feuillet, soit de la dissociation des molécules d'eau entourant les cations de compensation. L'acidité est d'autant plus forte que les molécules d'eau sont plus proches des cations et par conséquent plus polarisées, c'est-à-dire que les cations de compensation sont plus petits et plus chargés. [24]

La seconde acidité, dite de Lewis, est moins répandue dans les phyllosilicates. Celle-ci

provient d'un aluminium en coordination trigonale, dont l'existence est due à des défauts des lignes de rupture de la structure du feuillet. Un tel ion aluminium est un accepteur doublet électronique. [25]

### **I.8.4. Catalyse :**

La catalyse hétérogène est utilisée dans de nombreux domaines d'applications de l'industrie chimique. Les catalyseurs solides les plus largement utilisés sont de type aluminosilicates et des oxydes métalliques. Les phyllosilicates lamellaires constituent une classe de solides poreux moins importants dans le domaine de la catalyse hétérogène. Par contre, les phyllosilicates acidifiés tels que la magadiite-H et la kenyaite-H sont utilisés dans la transformation d'hydrocarbure. La grande utilisation des phyllosilicates dans la catalyse est sous forme pontée. Ces composés ont des propriétés acides remarquables et une sélectivité intéressante que donne leur structure poreuse ainsi que leur surface spécifique [26].

### **I.9. Application des phyllosilicates lamellaires :**

La synthèse des phyllosilicates lamellaires donne lieu à la formation de nombreux matériaux utiles, utilisables dans les domaines de l'environnement (adsorbant des polluants), de la catalyse (craquage dans l'industrie du pétrole : transformations des hydrocarbures dans le processus de raffinage du pétrole et d'autres procédés caractéristiques de la pétrochimie), de l'adsorption et dans d'autres domaines tels que : pharmacie, céramique, peinture, polymères, support de catalyseurs et processus de séparation des gaz [27].

#### **I.9.1. Application environnementale :**

Durant les dernières décennies, l'environnement a subi de nombreuses pollutions dues à des tests ou des accidents nucléaires, (accident de Chernobyl), à des guerres et à des rejets de déchets industriels. La pollution se retrouve dans les eaux, l'air, les sols et les sédiments. Une des causes principales de la dégradation de l'environnement est la présence des métaux lourds et des déchets nucléaires. Ainsi durant les dernières décennies de nombreux nouveaux composés organique-inorganiques à base de matériaux en feuillets argileux et silicates ont été mis au point pour la réduction des polluants tels que les métaux lourds [28], les dioxines et les composés aromatiques. [29]

### I.10. Magadiïte :

#### I.10.1. Historique de la magadiïte :

La magadiïte et la kenyaïte ont été les deux premiers phyllosilicates lamellaires à être découverts. C'est Eugster qui a fait leur découverte en 1967, dans le Lac Magadi au Kenya. [12]

Cette région de l'Afrique contient un nombre considérable de lacs alcalins riches en carbonate de sodium. Le Lac Magadi est le plus salin de ces lacs. Ensuite la makatite fut caractérisé par Sheppard et al, en 1970 dans une carotte du lac Magadi. [30] Enfin la kanemite ( $\text{NaHSi}_2\text{O}_4(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) fut défini par Johan et Maglione en 1972 dans les échantillons provenant des salines à Trona du Kanem en bordure nord du lac Tchad. [31]

Un peu plus tard, d'autres chercheurs ont également pu retrouver la magadiïte et la kenyaïte en Oregon, au Wyoming ainsi qu'en Californie différents sites au Kenya, le site en Californie n'est pas associé à un lac alcalin mais plutôt à des roches volcaniques altérées. [32]

La magadiïte est un silicate naturel rare de la famille des phyllosilicates, est généralement formée de feuillets silicates séparés par des cations de sodium. Ce matériau présente des propriétés telle que l'adsorption inter lamelles, l'échange cationique des molécules organiques ces propriétés ont pu favoriser son application en tant adsorbant et échangeur cationique..etc. [33]

Parmi les membres de la famille des phyllosilicates, seule la structure de la makatite est connue avec précision, elle a été résolue par les méthodes de diffraction de rayons X conventionnelles en 1980 par Annehed et al. [34.35]. Depuis, l'utilisation des techniques d'analyse de plus en plus performantes telles que la résonance magnétique nucléaire (RMN), des modèles de structures ont alors été proposés. [36]

Les phyllosilicates lamellaires peuvent être synthétisés au laboratoire en utilisant un procédé hydrothermal. Lagaly a procédé la synthèse de la magadiïte en 1975 pour la première fois. Ainsi, il a préparé un mélange de 9 moles de gel de silice, 2 moles d'hydroxyde de sodium et 75 moles d'eau, le mélange a été chauffé à 100 °C pendant quatre semaines.

Muraishi a étudié la cristallisation de la magadiïte dans une solution alcaline de gel de silice, aux températures de 100 à 180 °C, avec les rapports molaires de :  $\text{SiO}_2 / \text{H}_2\text{O} / \text{Na}^+ / \text{OH}^- = 1/100/2/0.5$ . En 1987, Fletcher et Bibby ont étudiés la cristallisation de la magadiïte en présence de différents anions.

En 1992 Kosuge a préparé des magadiïtes bien cristallisées en chauffant à 150°C pendant 45

heures des mélanges d'hydroxyde de sodium et de silice avec des rapports moléculaires  $\text{SiO}_2 / \text{NaOH} / \text{H}_2\text{O} = 9/3/162$ . Récemment Schwieger et Lagaly en 2004, ont étudiés la structure, la classification, la synthèse et les applications de la magadiite et d'autres silicates. [37]

Ce procédé hydrothermal est toujours très connu de nos jours pour la synthèse des phyllosilicates. Par contre les conditions expérimentales ont été modifiées de façon à réduire le temps de réaction. Ainsi, la magadiite a été obtenue après seulement une journée de cristallisation. [38]

### **I.11. Modèles structuraux de la magadiite :**

Le modèle de schwieger est basé sur les résultats de l'analyse par résonance magnétique nucléaire RMN  $^{29}\text{Si}$  du solide et sur la structure de la makatite [38].

Il suggère que le feuillet silicate de la magadiite est un feuillet multiple composé de trois feuillets makatite reliés entre eux. L'espacement interfoliaire calculé pour la magadiite sur la base de ce modèle a une valeur de 19.14 Å. Celle-ci est supérieure à la valeur expérimentale de 15.6 Å observée pour ce matériau. Ce qui montre l'invalidité de ce modèle pour l'étude de ce matériau [39].

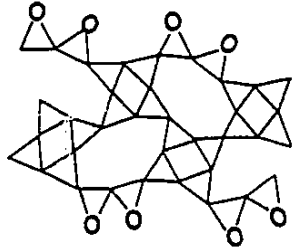
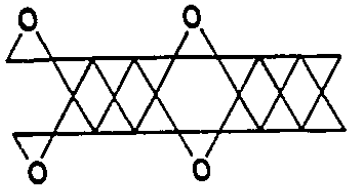
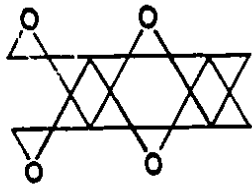
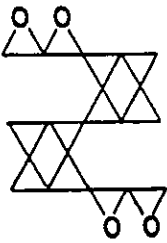
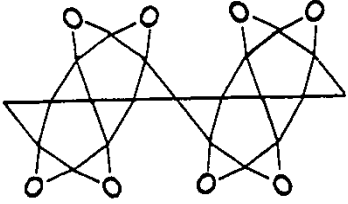
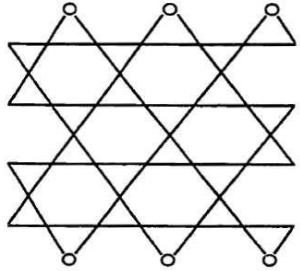
Le modèle de Pinnavaia est basé aussi sur les résultats de la RMN  $^{29}\text{Si}$ . Il suggère que les feuillets silicate de la magadiite se composent de couches constituées d'un feuillet double de tétraèdres  $(\text{Si}(\text{OSi})_4)$  dont 25% d'entre eux sont inversés pour former des tétraèdres  $(\text{HOSi}(\text{OSi})_3)$  [37].

Le modèle de Rojo et al [37,40] ressemble beaucoup à celui proposé par Pinnavaia et col. La seule différence entre les deux modèles est que la magadiite utilisée par Rojo est naturelle alors que celle de Pinnavaia est synthétique.

Ce modèle, proposé par Rojo et al, est une variante de celui proposé par Schwieger qui stipule que la magadiite est composée de trois feuillets de makatite reliés entre eux. Comme dans le cas du modèle de Schwieger, l'espacement basal calculé à partir de ce modèle est encore une fois supérieur à celui obtenu expérimentalement pour la magadiite [37].

Parmi les six modèles proposés (tableau N°4) pour la magadiite, c'est celui de Pinnavaia qui semble être le plus compatible avec les données expérimentales obtenues jusqu'à maintenant. Il faut toutefois retenir que les informations présentées ne sont pas suffisantes pour déterminer avec une certitude absolue la structure de la magadiite. La structure de la magadiite ne repose donc, encore, que sur des hypothèses.

**Tableau N°4 : Modèles de structure proposés pour la magadiïte. [39]**

	<p>Modèle de Schweiger (1985) [38]</p>
	<p>Modèle de Pinnavaia (1986) [39]</p>
	<p>Modèle de Rojo (1986) [37,40]</p>
	<p>Modèle de Brandt (1987) [41]</p>
	<p>Modèle de Garces (1988) [42]</p>
	<p>Modèle d'Almond (1997) [27]</p>

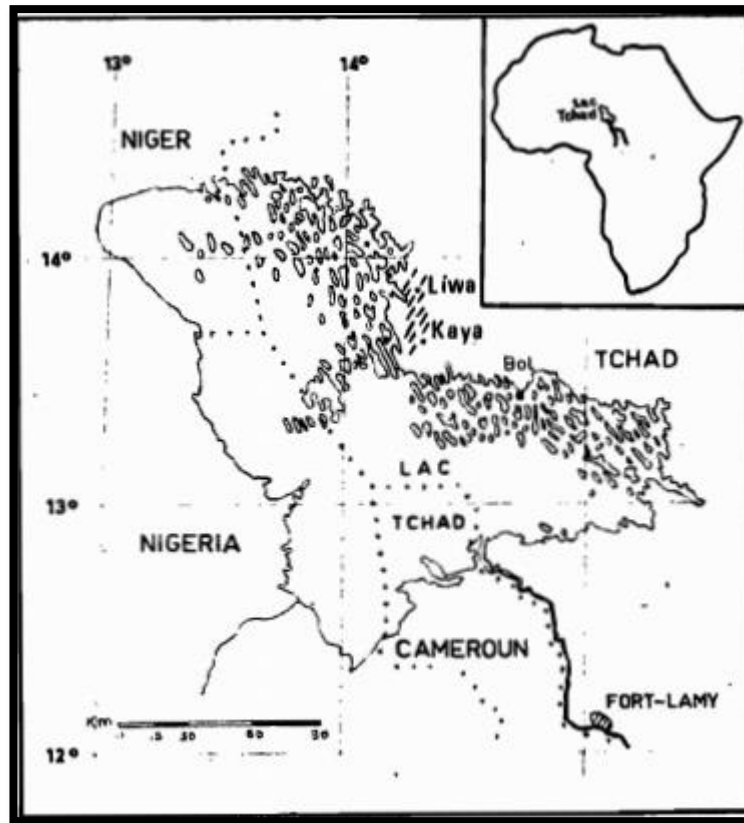


Figure N°10 : Carte géographique des salines du Kanem [43].

### I.12. Les couches de la coupe terrestre des salines du Kanem dans le Tchad :

Une coupe type, relevée dans la saline de Liwa rend compte des relations de la magadiite avec les argiles encaissantes.

- 0 - 10 cm Crotte saline, craquelée et pulvérulente au contact de l'argile sous-jacente humide. Les rayons X révèlent un mélange intime de quartz, de trona et d'halite.
- 11 - 90 cm Argile vert sombre alternant avec des lits ondulés (1 à 5 cm) et avec des bancs massifs (5 à 15 cm) de magadiite poudreuse et plastique. A l'intérieur des lits et des bancs un microlitage millimétrique apparaît, souligné par des lits d'argile ou de matière organique,
- 91-92 cm: Lit continu de magadiite indurée, nacré.
- 93-120 cm Argile marron, à tâches vertes, très plastique.
- 121-126 cm: Argile noire bronze; gros cristaux de gaylussite mâclés en rameaux, très abondants.
- 127-220 cm: Argile noire, à forte odeur d' $H_2S$  [43].



Chapitre II :  
Eau et  
environnement



### **II.1. Introduction :**

Aujourd'hui, les ressources en eau deviennent plus vulnérables à la pollution, travers le temps, le pourcentage a augmenté de façon exponentielle en raison des conséquences de l'évolution humaine.

Dans ce chapitre en a parler de ressources en eaux , les nappes souterraine et les types de pollution sous forme des définitions et quelque statistique , ensuite, nous avons vu la gravité de la pollution microbienne sure l'environnement et la vie des autre être , en a parler aussi de quelque microbe sont généralement la cause des grand problèmes de la santé , après nous avons compté les méthodes et les type des traitements des eaux .

### **II.2. Ressources en eau :**

On appelle ressource en eau ou ressource hydrique, toutes les eaux accessibles dont nous disposons pour satisfaire et couvrir tous nos besoins et pour le bon fonctionnement de nos écosystèmes. [44]

L'eau recouvre 72% de la surface du globe pour un volume total estimé à 1 400 millions de Km<sup>3</sup>. Au cours des siècles passés, l'homme n'a pas endommagé la disponibilité en l'eau. Mais, le monde moderne, les aménagements et la maîtrise de l'eau disponible dans la nature ont transformé le régime des eaux et perturber leurs fonctions naturelles [45].

En 4,6 milliards d'années, il a été estimé que la quantité d'eau perdue correspond à une hauteur de 3 m sur la totalité de la surface de la Terre. On peut en déduire une bonne constance des volumes. Pour en savoir plus sur la nature de ces eaux, il faut s'intéresser aux mers intérieures, aux océans, mais aussi à certaines nappes souterraines qui représentent 97,2 % du volume. Notre planète bleue est ainsi, avant tout, la planète de l'eau salée. L'ensemble des eaux douces représente donc 2,8% du volume global. Dans ce faible pourcentage, les glaces et les neiges permanentes représentent 2,1% et l'eau douce disponible 0,7% [45].

Les ressources en eau sont en quantité limitée, comme les récents épisodes réguliers de sécheresse nous le rappellent. Leur préservation est un enjeu essentiel car les activités humaines et la vie naturelle en dépendent [45].

## Chapitre II - Eau et environnement

---

Les ressources en eau superficielle (rivières, lacs...), facilement accessibles mais plus vulnérables aux pollutions et aux sécheresses, se distinguent des ressources en eau souterraine, mieux protégées, mais nécessitant la réalisation de forages [45].

Ces deux milieux sont alimentés par les eaux météoriques (pluies, neige...), par ruissellement pour les eaux superficielles et par infiltration pour les eaux souterraines. Toutefois, les temps de réalimentation des nappes peuvent être très longs et durer plusieurs années, même si les pluies efficaces permettent chaque hiver, une recharge plus ou moins importante de la plupart des nappes phréatiques. Des échanges existent entre nappes et rivières : les eaux souterraines, par les sources, donnent naissance aux cours d'eau mais les cours d'eau, par des pertes au fond de leur lit, peuvent également alimenter les nappes notamment dans les secteurs fortement fissurés ou karstiques [45].

Les prélèvements d'eau sollicitent à la fois les eaux de surface et les eaux souterraines. Ils se répartissent en quatre grands types d'usage : la distribution publique d'eau potable, l'industrie, l'irrigation et l'énergie (centrales nucléaires et thermiques). [45]

Une eau douce, par opposition à une eau dure, contient une faible teneur en sels, ce qui la rend apte au captage destiné à diverses utilisations, en particulier à l'irrigation et à l'alimentation humaine en eau potable. Les eaux douces, en pourcentage, représentent moins de 3% de l'hydrosphère totale de la Terre; les océans d'eau salée, quant à eux, représentent plus de 97% de l'eau de la planète bleue. Par définition, l'aquariophilie d'eau douce exploite l'eau du robinet à l'aide d'un conditionneur d'eau ou de l'eau osmosée pure. Associées à l'eau douce, en excluant toutefois l'eau de pluie, les eaux continentales sont issues des rivières, lacs, et de tout cours d'eau ou plan d'eau dont la salinité est très faible.

L'eau douce est généralement caractérisée comme ayant de faibles concentrations en solution des sels et d'autres solides dissous totaux, elle se différencie ainsi d'une eau minérale. Le terme exclut spécifiquement l'eau de mer et l'eau saumâtre. Il ne comprend pas les eaux riches en minéraux tels que ferrugineuses ressorts. Le terme "eau douce" a été utilisé pour décrire l'eau sans aucune présence de sel.

L'eau douce est naturellement la base de l'eau non océanique sur la surface de la terre, cela inclut les calottes glaciaires, les glaciers, les icebergs, les tourbières, les étangs, les lacs, les

rivières et les ruisseaux, mais aussi les eaux souterraines dans les aquifères et les rivières souterraines. [46]

### **II.3. Pollution :**

Les polluants environnementaux de tous genres contaminent l'eau, l'air et la terre mettant en péril les humains et les écosystèmes. De plus, ils sont souvent sources de conflit entre populations et industrie. En adoptant une approche écosystémique globale pour examiner les intérêts divergents et leurs conséquences, les approches écosanté s'efforcent de protéger la santé tout en assurant l'équilibre des besoins des divers intervenants et la préservation de l'écosystème. [47]

Une pollution est un phénomène ou élément perturbateur d'un équilibre établi et plus particulièrement si cet élément est nuisible à la vie. Nous trouvons les pollutions dans les 3 états de la matière :

- Pollution de l'eau (liquide).
- Pollution de l'air (gaz).
- Pollution des sols (solide). [48]

### **II.4. Pollution de l'eau :**

La pollution comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau. C'est la contamination de l'eau par les corps et substances étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres ; dues à des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement, tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques. [49]

La plupart des effluents pollués sont des mélanges très complexes dont la composition varie suivant leur provenance industrielle, agricole ou urbaine. L'évaluation de la pollution est donc basée sur des classifications selon les propriétés globales de l'effluent. La pollution se définit comme l'introduction dans un milieu naturel de substances étrangères conduisant à son altération. Les effets néfastes peuvent avoir lieu à tous les niveaux (sanitaires, écologiques et économiques). Ainsi, par exemple, les polluants sous forme particulaire provoquent entre autre une augmentation de la turbidité de l'eau et un envasement. [50]

## Chapitre II - Eau et environnement

La classification la plus immédiate de ces composés est de les répertorier en fonction de leur taille (tableau 5) :

*Tableau (5): Classification des polluants suivant leur taille. [50]*

Classification	Diamètre de la particule ( $\mu\text{m}$ )	Caractéristique	Exemple de compose
Soluble	<0.08		Carbohydrates simples, acides aminés, acides gras volatils, protéines, polysaccharides (amidon, cellulose)...
Colloïdale	0.08-1	Limite entre phase solide et soluble	Graisses, bactéries libres, débris cellulaires,...
Supra- colloïdale	1-100	Matières fines en suspension, visibles à l'œil nu, Contribue à la turbidité de l'eau.	Fibres, cellulosiques, agrégats lipidiques, floccs bactériens, macroprotéines...
Particule	>100	Composés grossiers	

Une autre classification très importante est fondée sur la capacité des polluants à être dégradés. On distingue deux classes principales : Matières organiques et Matières inorganiques ou minérales. [50]

**Tableau (6): Classification des composés de l'effluent suivant leur nature chimique. [50]**

Classification	Caractéristique	Exemple de composé
Matière organique	Possède au moins un atome de carbone lié à un atome d'hydrogène.	Hydrates de carbone, protéines, matière grasses, huiles, pesticides, phénols, azote organique...
Matière inorganique ou minérale	Ne contient pas de carbone	Métaux lourds, azote ammoniacal, nitrates et nitrites, phosphates, sulfates, chlorures,...

#### **II.4.1. Classification des pollutions :**

Il existe plusieurs manières de classer la pollution, selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories [51] :

- Pollution physique.
- Pollution chimique.
- Pollution microbienne.

##### **II.4.1.1. Pollution physique :**

Elle peut être thermique, radioactive ou due au transport de matières en suspension. Ces dernières créent la turbidité qui donne à l'eau un aspect peu agréable, causent des dommages aux poissons et freinent le développement des organismes photosynthétiques. Les pollutions radioactives et thermiques proviennent quant à elles du rejet de radio-isotopes ou d'eaux chaudes ayant servi au refroidissement des centrales électriques et nucléaires. [52], [53]

Les conséquences directes de ce rejet, est l'élévation de la température des eaux naturelles, ce qui modifie le taux d'oxygène, augmente l'activité cellulaire et la respiration de la biocénose, diminue la diversité du phytoplancton et peut provoquer la prolifération d'espèces thermophiles. [52]

### **II.4.1.2. Pollution chimique :**

Sont nombreux et d'origines diverses : déchets industriels minéraux et organiques. Ils peuvent être dégradables (substances dont la nature est modifiée ou la quantité réduite par des phénomènes biologiques, chimiques ou physiques) ou non dégradables (ne sont pas modifiés par les processus biologiques qui se déroulent dans les eaux naturelles). Ce sont les engrais agricoles, les pesticides, les composés organochlorés, les hydrocarbures, les détergents. Certains éléments toxiques (plomb, arsenic, mercure...) dits bio-accumulables, peuvent, à travers la chaîne alimentaire depuis le plancton, atteindre l'Homme, et provoquent des altérations graves de certains organes. [54], [55]

### **II.4.1.3. Pollution microbienne :**

Est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en coliformes, bactéries pathogènes, virus et parasites. [56]

Le réservoir majeur des bactéries responsables des maladies à transmission hydrique se trouve être l'appareil digestif de l'Homme et des animaux. L'élimination de ces bactéries par les matières fécales contamine les égouts urbains, les eaux résiduaires hospitalières et les eaux de surface. [54], [57]

## **II.5. Maladie transmission hydrique (MTH) :**

### **II.5.1. Maladies hydriques d'origine bactérienne :**

Parmi les affections hydriques dont l'impact est important, on distingue surtout les maladies hydriques d'origine bactérienne dites « maladies de canalisations ». [58]

Dues à des germes pathogènes, ou potentiellement pathogènes, sont responsables de la plupart des maladies infectieuses qui sévissent en Afrique subtropicale notamment : le choléra, la fièvre typhoïde, la dysenterie, la gastro-entérite, les maladies diarrhéiques, etc. [58]

Généralement transmises à l'Homme par voie digestive liée à la consommation d'eau ou d'aliments contaminés. [58]

### **II.5.2. Les principaux facteurs des M. T. H en Algérie :**

- La vétusté des réseaux en milieu urbain qui provoque fréquemment des cross connexions entre les réseaux d'approvisionnement en eau potable (AEP) et l'assainissement.

- L'accroissement des besoins en eau qui est liée d'une part à une forte poussée démographique et d'autre part en développement économique et industriel.
- Les facteurs sociaux, comme l'exode rural massif des populations, la multiplication autour de grandes villes du pays : Alger, Annaba, Constantine, Oran ....
- Urbanisation anarchique.
- La dégradation de l'environnement. [58]

### **II.5.3. Le programme national de lutte contre les MTH :**

Plusieurs facteurs ont permis l'éclosion de nombreux foyers endémo-épidémiques des MTH et la multiplication de nombreux processus épidémiques de typhoïde et de choléra durant les saisons estivales. [58]

Devant cette grave situation épidémiologique, le gouvernement a mis en place en 1987 un programme national de lutte contre les maladies hydriques. [58]

Le programme de la lutte contre les M T H comprend : des actions relevant de secteur de l'hydraulique (réseau de distribution et d'assainissement, épuration des eaux, .....), des actions qui doivent être menées par les services de santé (surveillance épidémiologique, contrôle systématiques des aliments et de l'eau de boisson) et des actions qui sont prises en charge par les communes (entretien et protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et la contrôle des puits). [58]

### **II.6. Les caractéristiques microbiologiques:**

Généralement, tous les ressources d'eaux soit des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profondes, contient 3 type des germes : typiquement aquatique, tellurique (due par ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécal) ; que ce soit le type du germe il peut engendre des maladies infectieuses chez l'homme. [59]

En définitive, La majorité des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries ou protozoaires) pouvant causer des maladies susceptibles de se trouver dans l'eau, proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de pollution microbiologie nous obliger de faire un traitement avant d'être distribuer au publique. [60]

L'analyse microbiologique de l'eau distribué à la consommation basée sur la recherche des germes né le concept de "microorganismes indicateurs de contamination fécale". Ces



indicateurs sont spécifiques de la flore intestinale, ils ne sont pas nécessairement pathogènes, mais leur présence en grand nombre dans un milieu aquatique indique l'existence d'une contamination fécale, et donc un risque épidémiologique potentiel. [59]

### **II.7. Bactéries:**

Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale : les coliformes et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques ont été utilisés comme complémentaires: les germes totaux et les *Clostridium sulfito-réducteurs*. [59]

L'objectif de l'examen microbiologique de l'eau est de fournir des informations quant à la potabilité, c'est à dire sans risque d'ingestion de micro-organismes qui causent des maladies, provenant généralement d'une contamination par des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud. Soulignons que les micro-organismes présents dans les eaux naturelles sont pour la plupart inoffensifs pour la santé humaine. Mais dans la contamination par les eaux usées certains micro-organismes qui sont présents et peuvent être nocifs pour la santé humaine. [61]

#### **II.7.1. Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale:**

Ces bactéries ont été choisies parce qu'elles sont présentes en grand nombre dans les selles des animaux à sang chaud qui sont des sources fréquentes de contamination assez grave, qu'elles sont détectables facilement. [62], Trois indicateurs sont à noter : les Coliformes totaux, Coliformes fécaux, et Les streptocoques fécaux. [59]

##### **II.7.1.1. Les coliformes totaux :**

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*, correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37C°, ils sont sensibles au chlore. [63]

Ils se répartissent en deux catégories:

- Les germes thermophiles ;
- Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène). Leur intérêt plus moindre pour déceler une contamination d'origine fécale. [64]

### **II.7.1.2. Les coliformes fécaux (coliformes thermo-tolérants) :**

Les coliformes fécaux sont un sous-groupe de coliformes totaux, l'existence de ces germes peut être une indication de la présence des micro-organismes entéropathogènes, comme les salmonelles. [59]

Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des coliformes fécaux, c'est le dénombrement des *E. coli* présumés qui correspondent à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, à 44°C. [59]

### **II.7.1.3. Les streptocoques fécaux :**

Ce sont les streptocoques du groupe D. Elles sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus*. [65]

Intérêt du dénombrement des streptocoques fécaux: L'apport d'entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles. Leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne. [66]

### **II.7.2. Bactéries indicatrices, non réellement spécifiques de pollution fécale :**

#### **II.7.2.1. Les *Clostridium* sulfito-réducteurs :**

Ce sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6µm de long et 1 à 2µm de large produisant des spores dont le plus caractéristique est *Clostridium perfringens*. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique. [66]

L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant aux traitements de désinfection. [67]

#### **II.7.2.2. Les bactéries aérobies revivifiables (germes totaux):**

Sa recherche vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre de microorganismes, le dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22°C et 37°C s'effectue dans la gélose glucosée à l'extrait de levure ou PCA. [68]

La charge mésophile totale n'est pas un paramètre d'appréciation de la qualité bactériologique mais quand même peut nous renseigner sur le degré de potabilité des eaux et

tous produits alimentaire. [68]

### **II.8. Traitement des eaux:**

L'eau destinée à la distribution publique doit être traitée pour éliminer les pathogènes responsables des maladies, et éliminer ou y diminuer jusqu'à une teneur non dangereuse toutes substances nocives qui pourraient s'y trouver. [69]

On dispose de trois types de traitements:

- Traitements physiques.
- Traitements chimique.
- Traitement biologique.

Dans notre travail, nous utilisons le traitement physique par la méthode de filtration de surface (adsorption)

#### **II.8.1. Traitements physiques :**

Les traitements physiques sont nombreux par la filtration, la décantation, la coagulation, et la floculation. [69]

Filtration :

On distingue deux types de filtration:

- La filtration de surface : est une filtration dans laquelle la maille du réseau poreux est de taille inférieure à la taille des particules à retenir, il y a donc accumulation de déchets en surface.
- La filtration en profondeur: fait appel à des phénomènes physiques plus subtils. Sans ce procédé, la dimension de la maille de la substance poreuse est supérieure à celle des particules qui s'y trouvent retenues. Il y a donc encrassement interne de la substance poreuse. [69]

#### **II.8.2. Traitements chimique :**

Les traitements chimiques ont pour objectifs de transformer certains produits réputés polluants en d'autres produits moins polluants, ou encore en d'autres produits tout aussi polluants mais d'élimination plus facile. [70]

Il existe beaucoup de procédés chimiques, parmi les plus utilisés on distingue:

##### **II.8.2.1. La neutralization :**

C'est l'ajustement du pH à la neutralité. Ceci peut se faire par addition de substances acides

ou basiques, ainsi que par un mélange effluent acide-effluent alcalin dans la mesure où ce type de mélange ne provoque pas de réaction secondaire nuisibles.[71]

### **II.8.2.2. L'oxydoréduction :**

Les réactions d'oxydoréduction sont intéressantes dans la mesure où elles permettent la formation de composés non toxiques ou facilement séparables sous forme de gaz de précipitation. Exemple: par oxydation des cyanures en cyanates et même en CO<sub>2</sub>. [70]

### **II.8.3. Traitement biologique :**

La lutte biologique est essentiellement utilisée pour le traitement des eaux usées d'origine organique, en particulier le traitement de la pollution urbaine. [72]

Le traitement est basé sur la croissance des microorganismes (notamment les bactéries) qui dépend des matières organiques biodégradables. Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène. Les eaux à épurer ruissellent sur un matériau poreux qui sert de support aux bactéries, il se forme ainsi un film de bactérie au niveau duquel s'opère l'assimilation des substances indésirables contenues dans l'eau. [70,73]

## **II.9. Description générale d'une chaîne classique de traitement d'eaux de surface :**

Les eaux à visée de potabilisation pour la consommation humaine sont de différentes natures ; les eaux souterraines constituent 22 % des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m<sup>3</sup> [74]. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Néanmoins, les terrains traversés influent fortement la minéralisation. Les eaux de surface se répartissent en eaux courantes ou stockées (stagnantes). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique.

Le principal objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur.

L'efficacité du traitement adopté dépendra de la façon dont sera conduite l'exploitation de l'usine de traitement. Pour atteindre l'objectif souhaité, l'exploitant devra d'une part respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traité

## Chapitre II - Eau et environnement

---

e, et d'autre part disposer d'un certain nombre de moyens technique et humains [75].

Une station de potabilisation d'une eau de surface est généralement constituée des phases suivantes :

- Prétraitement.
- Préoxydation.
- Traitement de clarification.
- Traitement de désinfection.
- Affinage.

# Partie éxpérimentale

# Chapitre III : Matériels et méthodes



### III.1. Introduction :

L'eau est essentielle dans la vie humaine mais avec le développement de la science et l'avancement de technologie, la pollution elle a augmenté dans tout le monde et dans toutes les ressources, D'entre eux la pollution aquatique.

L'objectif de notre travail consiste à synthétiser un Magadiite « phyllosilicates » à partir des produits chimiques (NaOH, SiO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH, H<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), Puis déterminer l'efficacité de ce produit dans la dépollution de l'eau souterraine d'EL ATTEUF et DHAYET BENDHAHOUA par réalisation des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

Nous avons préparé la synthèse du Magadiite au niveau de laboratoire d'université de GHARDAIA, et les analyses de l'eau souterraine et l'eau traitée ont été réalisés au niveau de laboratoire de l'Algérienne Des Eaux « A.D. E.» unité de Ghardaïa aussi au niveau de laboratoire de centre algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage « CACQE » unité de Ghardaïa.

### III.2. Synthèse de Magadiite :

La préparation de magadiite nécessite la disponibilité des produits chimique, d'équipements et le respect des lois de laboratoire

- Porter le tablier en laboratoire
- Porter des gants, lunettes et masque lors de la manipulation de produits chimiques
- Assurer une bonne ventilation dans le laboratoire

#### III.2.1. Les réactifs utilisent :

- L'hydroxyde de sodium NaOH (98%)
- Ludox 40% (40% SiO<sub>2</sub> 60% H<sub>2</sub>O)
- Hydroxyde d'ammonium NH<sub>4</sub>OH (32%)
- Ethanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (96%)
- L'eau distille H<sub>2</sub>O

#### III.2.2. Matériels utilisée :

- 6 buchers 100 ml
- 6 seringues
- Balance électronique
- Agitateur



- Réacteur chimique
- Spatule
- Verre de montre
- Barreau magnétique
- Etuve
- Pompe à vide
- Papier filtre
- Boîte stérile

### III.2.4. Protocole de synthèse de magadiite :

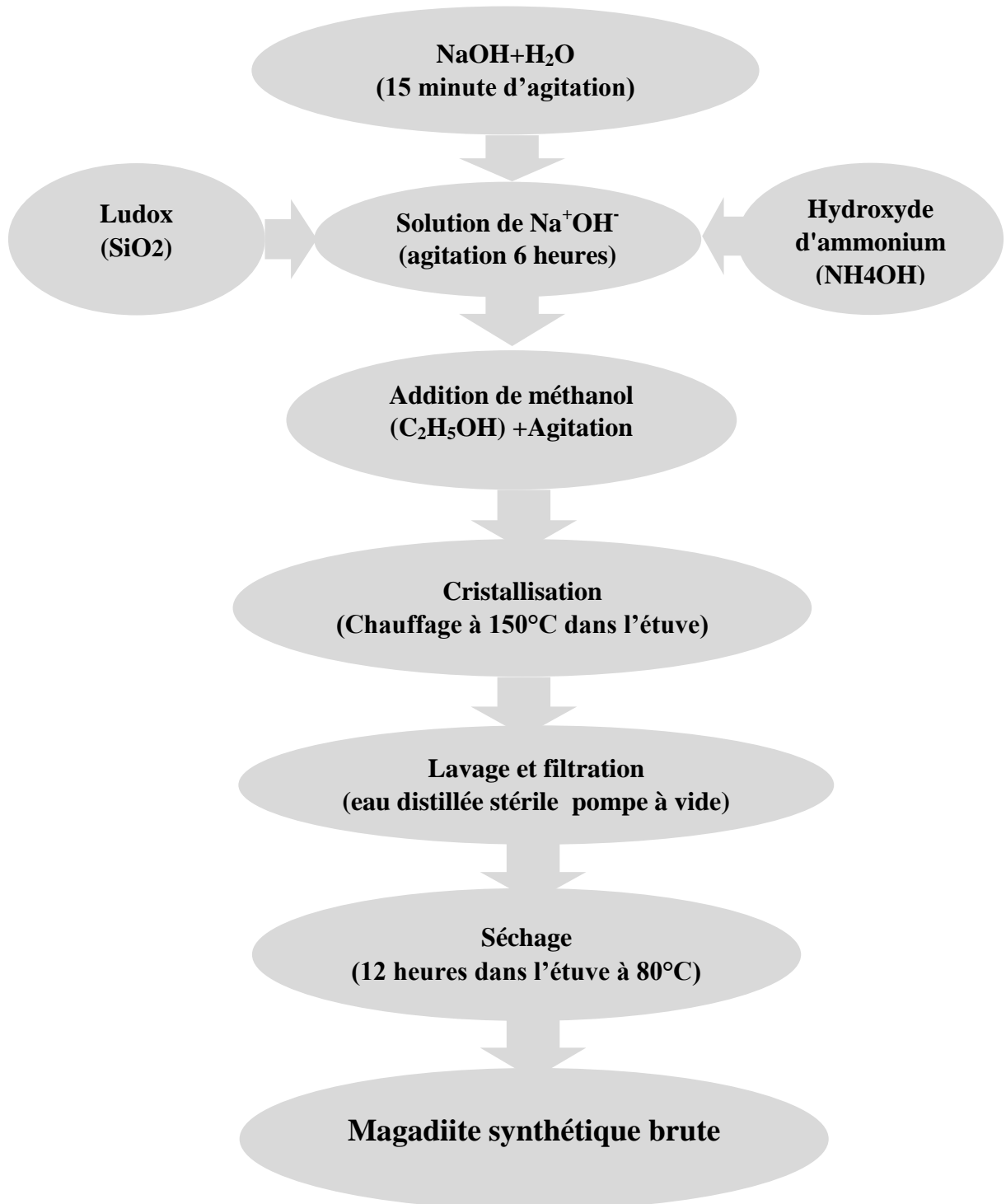
Avant toute chose Peser et mettez les quantités de produits chimiques déjà spécifiés, Remplissez les quantités d' $\text{SiO}_2$  et d' $\text{NH}_4\text{OH}$  dans des Seringue, Et on leur attache des étiquettes pour les distinguer les unes des autres, Ensuite passez au processus Tout d'abord, nous Dissoudre la quantité de NaOH avec l'eau distillée dans un bicher Laisser fondre pendant un quart d'heure dans l'agitateur, Ensuite, nous commençons à ajouter des gouttes de  $\text{SiO}_2$  et de  $\text{NH}_4\text{OH}$  Laisser mélanger quelques minute, Nous rajoutons le processus jusqu'à ce que les quantités soient finies Un ralentissement d'agitation peut survenir en raison de la densité de formation de gel, nous pouvons augmenter la vitesse de l'agitation pour éviter ce problème, Alors lorsque vous avez fini d'ajoute les réactives ajouter la quantité d' $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  goutte a goutte pour s'assurer que les réactives est entièrement mélangé, Puis nous versons le contenu de bicher dans la chemise du téflon de le réacteur chimique, Nous nous assurons que la fermeture de réacteur est bien serrée, Ensuite mettez dans l'étuve pour 72 heures dans la température de  $150^\circ\text{C}$ , Nous sortons le réacteur et le laisser refroidir après, nous commençons à laver la substance former par l'eau distiller stérile, Utiliser une pompe à vide pour accélérer et facilite le lavage, Enfin nous allons à l'étape de séchage, le mettre dans l'étuve pour une période de 12 heures à la température de  $80^\circ\text{C}$  Pour la matière sèche et le mettre dans des boitiers stériles bien fermer [76].

### III.2.5. Mûrissement

Le mûrissement consiste à maintenir l'hydrogel sous vive agitation, à température ambiante et durant une période plus ou moins longue (de quelque dizaine de minutes à plusieurs heures). Cette opération permet d'homogénéiser le mélange réactionnel [77].

**III.2.6. Cristallisation**

Après la phase de mûrissement, l'hydrogel est transvasé dans un réacteur en acier chemisé de poly tétra fluoro éthylène (PTFE). Celui-ci est ensuite porté à une température appelée température de cristallisation, sous pression autogène. La durée de synthèse peut s'étendre de quelques heures à plusieurs jours [77].

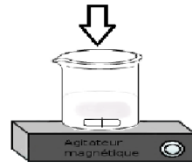


*Figure N°11 - Procédure de formation du Magadiite*

**Etape 01 : Phase Réactionnel**

**Partie 01 : Dissolution**

Réactif N°:01



**Partie 02 : Reaction (formation de produit)**

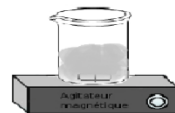
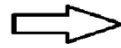
Réactif N°:02



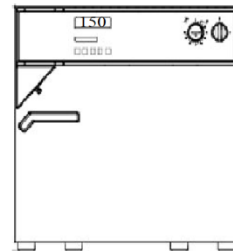
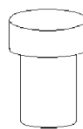
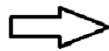
Réactif N°:03



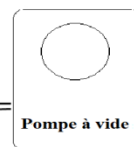
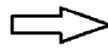
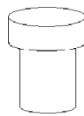
Réactif N°:04



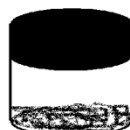
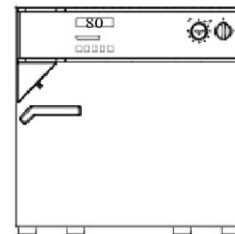
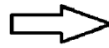
**Etape 02 : Cristallisation**



**Etape 03 : Récupération de produit finale**



**Lavage / Filtration / Séchage**



*Figure N°12 - Etapes de synthèse de Magadiite.*

### III.3. Echantillonnages et prélèvements.

#### III.3.1. Echantillonnage:

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) [78], il convient que le préleveur a une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques.

#### III.3.2. Choix le point de prélèvement :

La bonne planification de la campagne d'échantillonnage est nécessaire pour éviter les pertes et les erreurs. Plusieurs éléments doivent pris en compte lors de la planification d'une campagne d'échantillonnage, on cite les plus pertinents :

- Etablissement d'une liste des paramètres qui devront être analysés.
- Localisation du site du prélèvement.
- Détermination des cycles et des heures du fonctionnement du procédé à analyser afin de faire l'échantillonnage pendant ce temps.
- Une visite préliminaire au site pour déterminer les moyens et les conditions de transport des échantillons, l'accessibilité aux rejets, la disponibilité et l'équipement de sécurité requis. [79]

Le choix de la région d'étude au niveau d'EL ATTEUF et DHAYET BENDHAHOUA



Figure N°13 - Localisation de deux points DHAYET BENDHAHOUA et EL ATTEUF.

## Chapitre III - Matériels et méthodes

Nous proposons d'étudier les eaux souterraines pour deux points dans la willaya de Ghardaïa :

Première points : DHAYET BENDHAHOUA prélever le samedi 31/03/2018 à 16h00.

Deuxième points : EL ATTEUF prélever le samedi à 17h00.



*Figure N°14 - Le point ciblé pour les deux échantillons.*

### III.3.3. Matériel de prélèvement:

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté de préférence bouchés émeri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenus pendant 1 heure dans l'eau distillée puis séchés.

Pour les analyses microbiologiques, les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500, 1000 ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique.

Les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180°C pendant 1h30 [80]. En présence d'une eau traitée par un oxydant, il faut ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10% [78]

### **III.3.4. Prélèvement de l'eau à analyser :**

Dans ce travail, le prélèvement se fait de la région d'EL ATTEUF et DHAYET BENDHAHOUA d'eau souterraine dans la willaya de Ghardaïa.

Les eaux doivent être prélevées dans des flacons stériles. Ceux-ci sont immergés en position verticale en le tenant par le fond, l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond et dirigée dans le sens contraire de courant [79]. Deux flacons de 500 ml pour l'analyse microbiologiques avant et après traitements pour chaque région et deux flacons de 1000ml pour l'analyse physico-chimique avant et après traitement.

### **III.3.5. Stockage des échantillons :**

Plusieurs procédures doivent être observées pendant la période post-échantillonnage, qui est représentée par l'identification à l'aide d'étiquettes identiques le numéro, la date et l'heure de prélèvement, lieu, pour transportée au laboratoire avec conservation dans des conditions de température entre 3 et 5°C pour éviter les réactions entre les éléments et la reproduction des bactéries.

## **III.4. Techniques de caractérisation :**

### **III.4.1. Diffraction des rayons X :**

La technique de diffraction de rayon X est à la base de la cristallographie. L'analyse a été réalisée à l'aide d'un diffractomètre automatique PHILIPS travaillant sur la radiation monochromatique  $K\alpha$  du plomb ( $\lambda = 283.8\text{Å}$ ) et comprenant un monochromateur arrière permettant d'éliminer la fluorescence du fer. Les fenêtres avant et arrière ont été fixées à 2 mm, plus une fente supplémentaire à l'arrière de 0.2mm. Les paramètres choisis sont une faible vitesse de rotation  $0.01^\circ\text{s}^{-1}$  avec un pas de  $0.01^\circ$  et un temps assez long pour obtenir des raies bien définies.

Le domaine observé de l'angle  $2\theta$  est compris entre  $1$  et  $70^\circ$  [77].

### **III.4.2. Microscopie électrique à balayage MEB :**

Cette technique a été utilisée pour étudier plus précisément la morphologie de certains échantillons obtenus. L'appareil utilisé au laboratoire est un microscope PHILIPS XL30.

La préparation d'un échantillon consiste à déposer celui-ci sur un support recouvert d'une pastille de graphite à doubles faces adhésives. Celui-ci est ensuite métallisé (10 à 20 nm d'or)

sous vide par pulvérisation cathodique à fin de rendre la surface des cristallites conductrices [76].

### **III.4.3. Spectroscopie infrarouge :**

La spectroscopie infrarouge idéale pour confirmer la présence de groupement fonctionnel. Elle est devenue une technique essentielle pour l'étude des matériaux. Elle complète les résultats des analyses chimiques, des analyses thermiques et celle de la diffraction des rayons X. On étudie idéale pour confirmer la présence de groupement fonctionnels [77]

### **III.5. Les analyses physique-chimique des eaux souterraines :**

#### **III.5.1. Appareillage et matériels utilisés pour analyse des eaux souterraines :**

- Spectrophotomètre, modelé: UV-VIS: HACH (ODYSSEY) DR/2500.
- Conductivité-mètres.
- PH-mètre.
- Turbidité-mètre.

#### **III.5.2. Les Paramètre physique :**

##### **III.5.2.1. Détermination du pH :**

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Il consiste à tremper l'électrode dans le bêcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le pH [78].

##### **❖ Appareillage :**

- PH-mètre
- Electrode
- Becher de 100 ml

##### **III.5.2.2. Mesure de la conductivité, salinité et sels dessous (TDS) :**

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductivité-mètre multiéléments. Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le résultat de conductivité est donné directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Le résultat de la salinité et du taux de sels dissous (TDS) sont donnés respectivement en % et en  $\text{mg}/\text{l}$  [78].

### **III.5.2.3. Détermination de la température de l'eau :**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. [81]

La température a été mesurée par la méthode électrochimique par un thermomètre, en la plongeant le thermomètre dans le bocal qui contenant l'eau à examiner. La lecture de la température se fait directement en tenant le thermomètre dans une position légèrement inclinée et s'affiche sur l'écran.

### **III.5.2.4. Mesure de la turbidité :**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension divisées : argiles, limons, grains de silice matières organique.... etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son traitement de l'eau aura été plus efficace. La turbidité s'exprime en unité Formazine, FTU (Formazine Nephelometric Unit) ou NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [82].

### **III.5.2.5. La méthode de mesure de turbidité :**

Dans le laboratoire :

- -L'effet Tyndall.
- -Des gouttes de mastic.
- -Méthode à la silice.
- -Néphélométrie à la Formazine (le cas de laboratoire ADE unité de Ghardaïa).

### **III.5.3. Les Paramètres chimiques « pollution » :**

Les analyses des éléments de pollution :

- Méthode spectrophotométrique: Pour le dosage des éléments de pollution.
- Appareil utilisé: Spectrophotomètre, modèle: UV-VIS: HACH (ODYSSEY) DR/2500.

#### **III.5.3.1. Détermination des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont dosés suivant la méthode colorimétrique. Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichlorure donne une coloration rose mesurée à 543 nm [83].



### ❖ Appareillage :

- Spectrophotomètre UV-Visible
- Éprouvette graduée.
- Matériel courant de laboratoire : verrerie ( fioles de 50ml et pipettes...)
- Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

### ❖ Réactifs :

- Sulfanilamide ( $C_6H_8N_2O_2S$ )
- Acide phosphorique
- N-1-Naphtyle éthylène diamine dihydrochloride ( $C_{12}H_{16}C_{12}N_2$ )
- $H_2O$  distillée

### ❖ Mode opératoire:

- -Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- -Ajouter 2 ml du réactif mixte.
- -Complété à 50 ml par l'eau distillée.
- -Attendre 20 min.

### III.5.3.2. Détermination de des Nitrates ( $NO_3^-$ ) :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm [84].

### ❖ Appareillage :

- Bain marie
- Spectrophotomètre U.V visible
- Balance électronique de précision 0.1  $\mu g$
- Pipettes 20ml, 10ml, 2ml
- Éprouvette graduée
- Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.
- Matériel courant de laboratoire : (bécher, pipette).

### ❖ Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium  $C_7H_5NaO_3$  à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.)
- Solution de salicylate de sodium ;
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 % ;
- Acide sulfurique  $H_2SO_4$  concentré ;
- Tartrate double de sodium et de potassium ;
- Hydroxyde de sodium NaOH ;
- Tartrate de sodium et de potassium ;
- Eau distillée ;
- Nitrate de potassium anhydre ;
- Chloroforme.

### ❖ Mode opératoire:

- -Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- -Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- -Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- -Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.
- (ne pas sur charger ni sur chauffer très longtemps) laisser refroidir.
- -Reprendre le résidu avec 2 ml  $H_2SO_4$  et laisser reposer 10 mn.
- -Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

### III.5.3.3. Détermination du fer $Fe^{2+}$ :

Au niveau de la distribution, le fer provient le plus souvent de l'action de l'eau sur les canalisations. Le fer ne présente aucun inconvénient du point de vue Physiologique, c'est un élément essentiel de la nutrition humaine.

Le dosage se fait par spectrométrie moléculaire: Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la Phénanthroline<sup>1,10</sup> [85]

### ❖ Appareillage :

- Spectrophotomètre UV. Visible;
- Toute la verrerie et flacons de prélèvement doivent-êtré lavés à l'acide ;

- Chlorhydrique (HCl) à 1.12 g/ml ;
- Cuve photométrique, de parcours optique d'au moins 10 mm et convenant pour l'absorbance prévue de la solution d'essai ;
- Balance électronique ;
- Éprouvette graduée ;
- Fioles ;
- Pipettes.

### ❖ Réactifs :

- Solution tampon acétate ;
- Chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Solution de phénanthroline  $C_{12}H_9Cl_2.H_2O$ .

### ❖ Mode opératoire:

- Prendre comme prise d'essai 50 ml d'eau d'échantillon.
- Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml.
- Ajouter 1ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5,5.
- Ajouter 2 ml de la solution phénanthroline.
- Conserver pendant 20 min à l'obscurité.
- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 50 mm.

### III.5.4. Eléments majeurs de minéralisation:

#### III.5.4.1. Titre hydrométrique (TH) :

La dureté totale de l'eau, représente la quantité globale de sels de Calcium et de magnésium, des sels dits incrustants (comme le calcaire), que renferme un litre d'eau. La dureté de l'eau additionne la dureté temporaire et les duretés calcique et magnésienne dite dureté permanente ou dureté carbonatée [86].

#### Principe :

Pour le TH on utilisant la solution tampon avec indicateur mordant noir et l'EDTA pour titrer on obtient la couleur bleu. Dans la plupart des cas, le TH est due aux ions  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$ .

### ❖ Mode Opérateur :

- 50 ml de l'échantillon dans une Erlenmeyer
- 4 ml de solution tampon.
- 3 gouttes de l'indicateur au mordant noir 11
- Verser la solution d'EDTA jusqu'à virage de rouge vineux au bleu vert.

### Expression de résultat :

La teneur globale en  $\text{Ca}^{++}$  et en  $\text{Mg}^{++}$ ,  $C_{\text{ca}+\text{Mg}}$  mmol/l.

Est donné par l'équation.

$$C_{\text{ca}+\text{Mg}} = (C_1/V_0) \times V_X$$

$C_1$  : La concentration, exprimée en mmol de l'EDTA.

$V_0$  : Le volume, en ml de l'échantillon utilisé(en général 50ml).

$V_X$  : Le volume de l'EDTA utilisé pour le titrage.

Et après simplification on a :

$$C_{\text{TH}}(\text{mg/l}) = V_{\text{EDTA}} \times f \times 20$$

[TH]: concentration de la dureté totale en mg/l.

$V_{\text{EDTA}}$ : volume de l'EDTA en ml.

f: indicateur de dilution.

### III.5.4.2. Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans les roches calcaires sous forme de carbonates, est un composant majeur de la dureté de l'eau par rapport de magnésium est généralement l'élément dominant des eaux potables [87].

#### Principe :

Titration par complexométrie du calcium avec une solution aqueuse de sel de sodium d'acide éthylène-diamine tétracétique (EDTA) à un pH=10, en présence de HSN qui donne couleur bleu.

❖ **Mode Opérateur :**

- 50ml de l'échantillon dans une Erlenmeyer.
- 2ml de l'hydroxyde de sodium Na OH.
- 0.2ml de l'indicateur HSN.
- Ajouter l'EDTA (jusqu'à virage bleu)

**Expression de résultat :**

La teneur en  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cca}^{++}$  exprimée en milli mole par litre est donnée par l'équation.

$$\text{Cca}^{++} = \text{C}_1 \cdot \text{V}_3 / \text{V}_0$$

$\text{C}_1$  : La concentration, exprimée en mmol par litre de la solution EDTA.

$\text{V}_0$  : Le volume exprimé en ml, de la prise d'essai.

$\text{V}_3$  : Le volume exprimé en ml, de l'EDTA utilisé pour le dosage.

Après simplification on a :

$$\text{Cca}^{++}(\text{mg/l}) = \text{V}_{\text{EDTA}} \times \text{f} \times 8.016$$

$\text{V}_{\text{EDTA}}$ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

**f**: nombre de dilution.

**III.5.4.3. Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :**

Pour obtenir le volume de  $\text{Mg}^{2+}$  c'est Juste la différence entre le volume de TH et le volume de  $\text{Ca}^{2+}$  [88]

$$\text{C}_{\text{Mg}^{++}}(\text{mg /l}) = (\text{V}_{\text{EDTA}}(\text{TH}) - \text{V}_{\text{EDTA}}(\text{Ca}^{++})) \times \text{f} \times 4,86$$

$\text{V}_{\text{EDTA}}$ : Volume totaux d'E.D.T.

$\text{V}_{\text{TH}}$ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

**f**: nombre de dilution.

### III.5.4.4. Le titre alcali métrique complet (TAC) :

Le titre alcalimétrique complet (TAC) d'une eau, on additionne le taux d'ions hydrogène-carbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Ces ions varient en fonction du pH. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour connaître le caractère agressif d'une eau, ou au contraire, de son caractère entartrant [89].

#### Principe :

Les déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré

#### ❖ Mode Opérateur :

- 100 ml d'eau à analyser
- 2 gouttes de Méthylorange  $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$ .
- On titre avec acide chlorhydrique (HCl) jusqu'à au virage de la couleur jaune orange ou rose orange.

#### Expression de résultat :

$$C_{\text{TAC}}(\text{mg/l}) = (V_{\text{HCl}} - 0,5) \times f \times 12,2$$

### III.5.4.5. Détermination du résidu sec R.S à 105°C :

La détermination des résidues permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau.

La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matière dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total si l'eau est filtrée préalablement à résidu correspond alors au matière dissoutes [90].

**Principe:** une certaine quantité d'eau à examiner est évaporée dans des capsules tarées. Le résidu est séché et en suite pesée [90].

#### ❖ Mode opératoire:

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 50 ml d'eau d'échantillon
- Séchage dans un bain marie.

- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

### Expression des résultats:

$$C_{RS} \text{ mg/l} = (P_P - P_V) * 20000$$

D'où

P<sub>P</sub>: est le poids plein de la capsule.

P<sub>V</sub>: est le poids vide de la capsule.

Le résultat est donné directement en mg/l.

### III.5.4.6. Dosage de sulfate (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) :

**Principe:** Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement [91].

#### ❖ Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter 5ml d'acide chlorhydrique (HCl) à 10%.
- Chauffer jusqu'à ébullition
- Placer le becher au plaque chauffant et agitateur au même temps
- Faire tomber goutte à goutte 20 ml de solution de chlorure de baryum à 10%.
- Placer le papier filter de sulfates dans l'entonnoir
- Verser la solution complète dans l'entonnoir pour la filtration
- Verser une quantité d'eau distillée bien chauffée dans l'entonnoir
- Faire une essai : des gouttes de la solution + des gouttes de AgNO<sub>3</sub>
- Si la couleur est bleue continue l'addition de l'eau distillée chauffée
- Si la couleur est transparente laissez jusqu'à la fin de filtration
- Tarer des petites capsules et peser par un balance
- Quand la filtration est terminée nous mettons le papier filter dans les petites capsules
- Mettez les capsules dans le four jusqu'à 850°C
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et mesure le nouveau poids

**Expression des résultats:**

La relation pour calculer les sulfates :

$$C_{\text{so}_4^{2-}} \text{ (mg/l)} = (P_1 - P_V) \times 4115,5$$

$C_{\text{so}_4^{2-}}$  : Concentration du sulfate.

$$\Delta P = P_1 - P_V$$

D'où  $P_1$ : est le poids plein de la capsule.

$P_V$ : est le poids vide de la capsule.

Le résultat est donné directement en mg/l.

### **III.6. Analyses bactériologique de l'eau:**

#### **III.6.1. Denombrement des germes aérobies mésophiles totaux:**

La recherche des coliforms:

Méthode des tubes multiples:

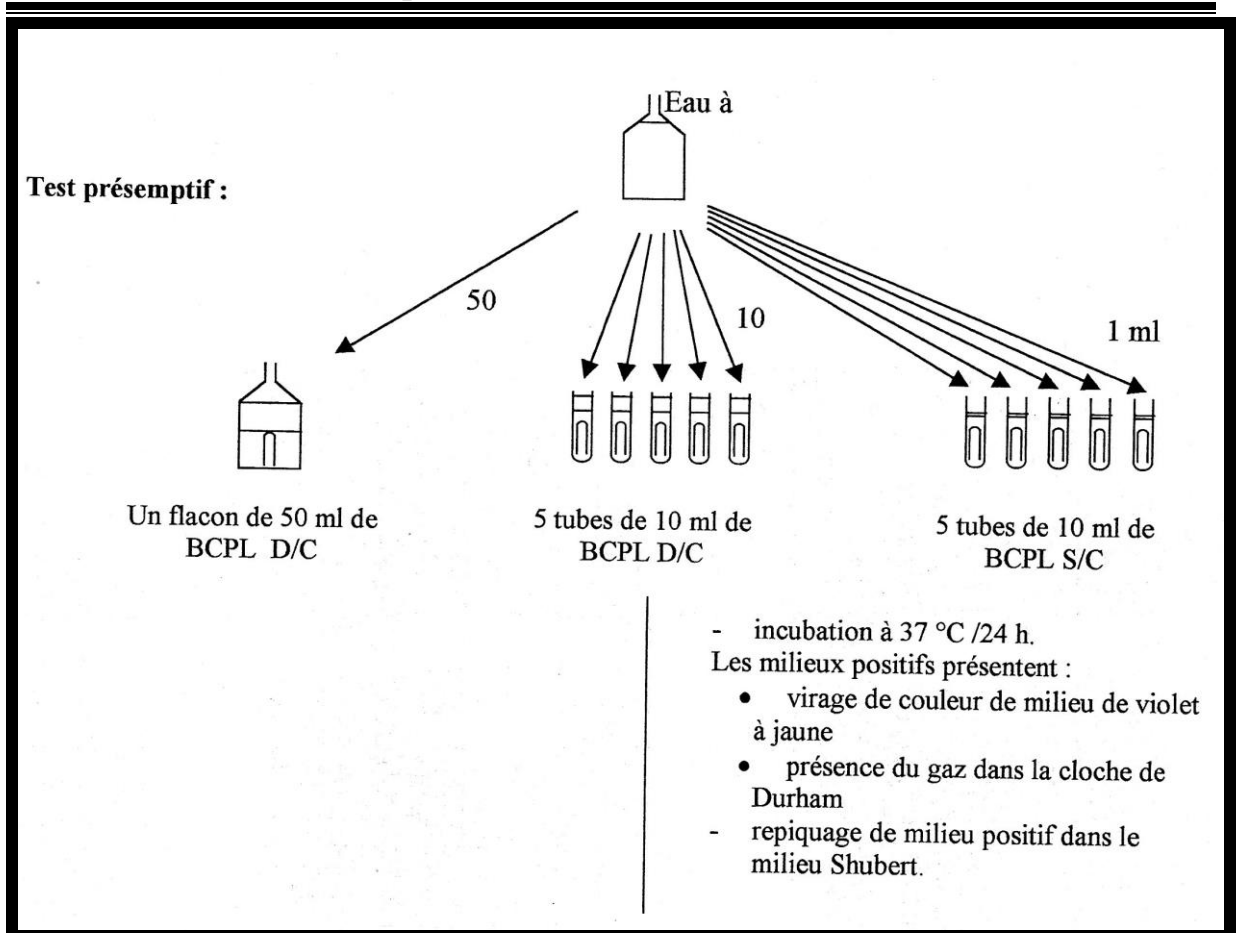
Test presomptif:

On ensemence l'eau à analyser dans une série de tubes contenant le milieu BCPL: Bouillon lactose du bromocrésol pourpre, comme suit:

- 1 flacon de milieu BCPL est ensemencé par 50 ml d'eau.
- 5 tubes de milieu BCPL doublement concentrés, chacun est ensemencé par 10 ml d'eau à analyser.
- 5 tubes de milieu BCPL à simple concentration, chacun est ensemencé par 1 ml d'eau.

Le flacon de BCPL et les tubes sont munis d'une cloche de Durham. On incube le tout à 37°C pendant 24 heures. [92]





**Figure N°15: La recherche des coliforms totaux et coliforms fécaux dans les eaux par la méthode des tubes multiples.**

**Observation:**

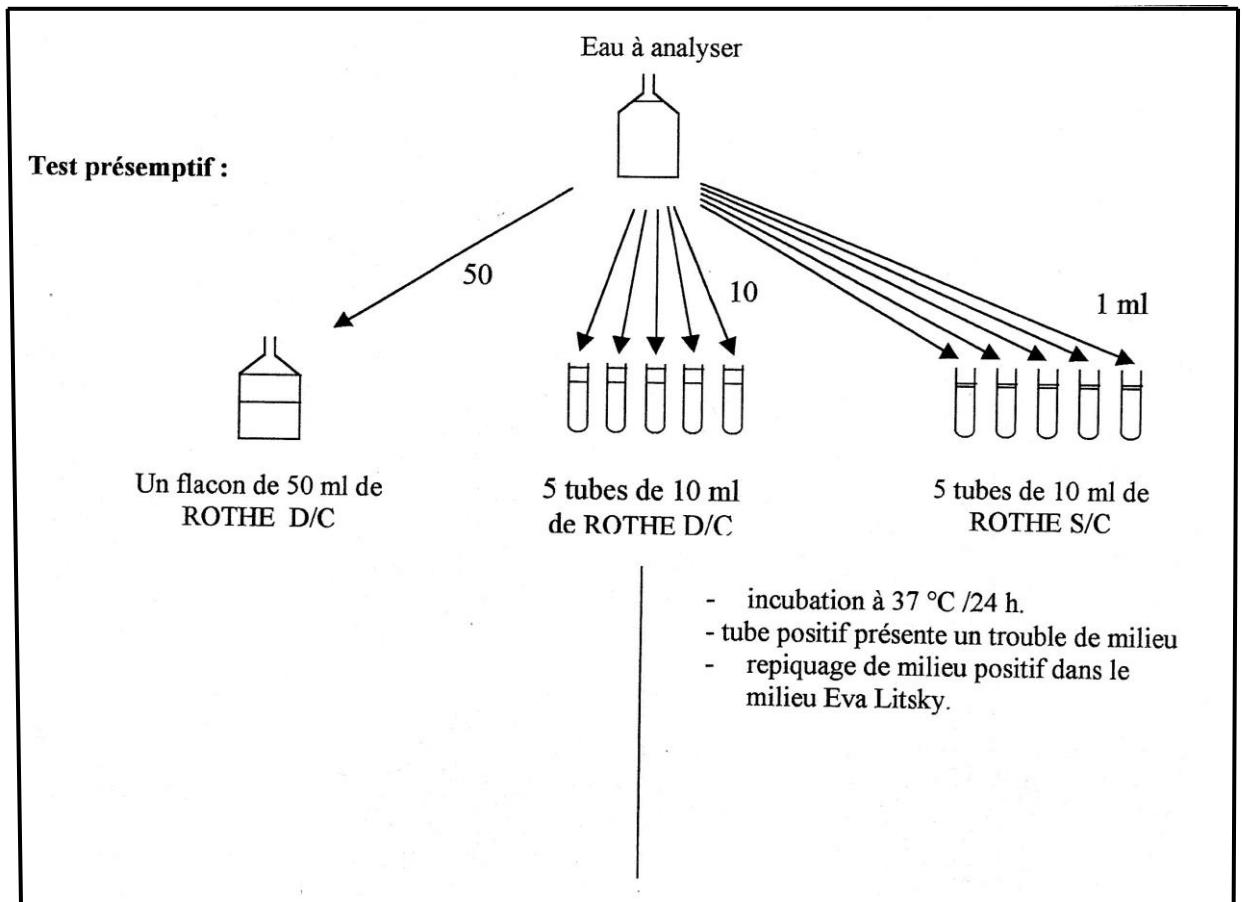
Les tubes qui présentant une presumption de coliforms sont ceux qui présentant un virage de couleur de milieu vers le jaune indiquant ainsi la dégradation de lactose: caractère des coliforms, lactose (+) avec production de gaz qui est dégagé dans la cloche de Durham.

**III.6.2. La recherche des entérocoques :**

Méthode des tubes multiples:

Test présumptif: le milieu de ROTHE en utilise comme un milieu présumptif:

- 1 flacon de ROTHE estensemencé par 50 ml de l'eau à analyser.
- 5 tubes de ROTHE doublement concentrés sontensemencés par 10 ml
- 5 tubes de ROTHE à simple concentration sontensemencés par 1 ml
- On incube le tout à 37°C pendant 24h [92]



*Figure N°16: La recherche des streptocoques fécaux dans les eaux par la method des tubes multiples.*

**Observation:**

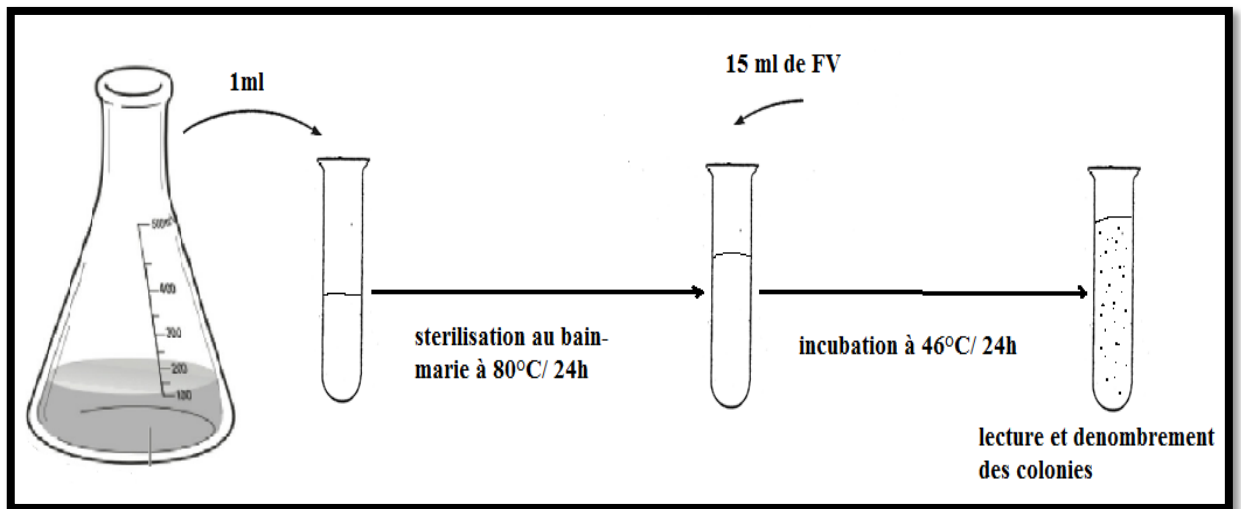
Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent une culture positive avec un trouble homogène.

**III.6.3. Les anaérobies sulfite-réducteurs:**

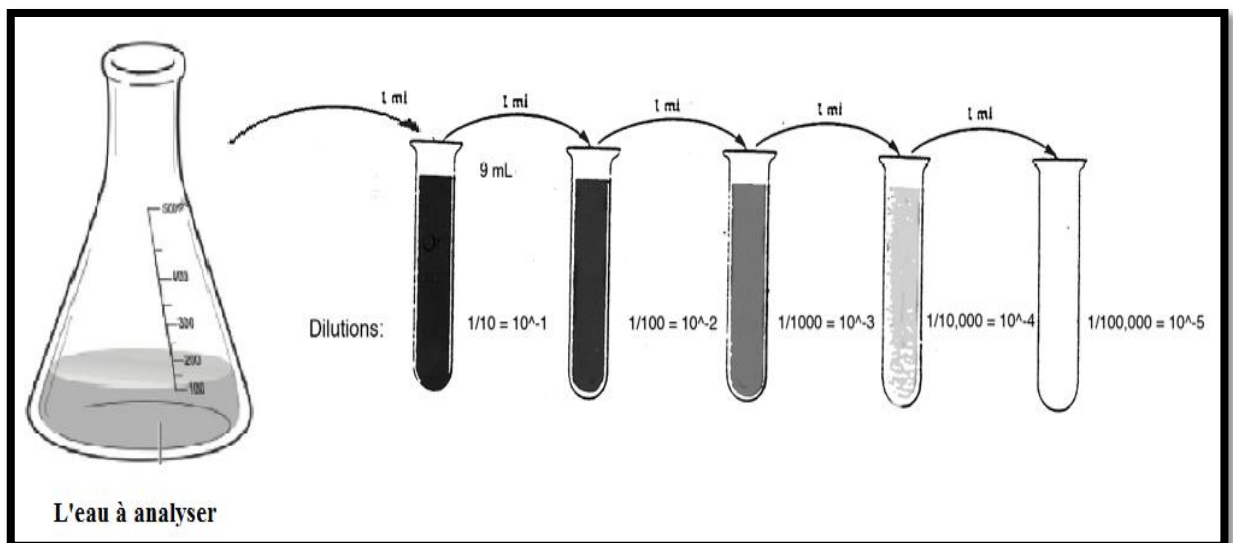
- On met 1 ml de l'échantillon dans un tube stérile
- Porter les tubes au bain-marie 80°C pendant 10 min
- Refroidir, couler la gélose VF plus additifs (Alun de fer et sulfate de sodium), laisser solidifier après homogénéisation

### Chapitre III - Matériels et méthodes

- Incuber à 37°C pendant 24h et 48h
- Les colonies suspectes sont noires (avec ou sans production de gaz) [93].

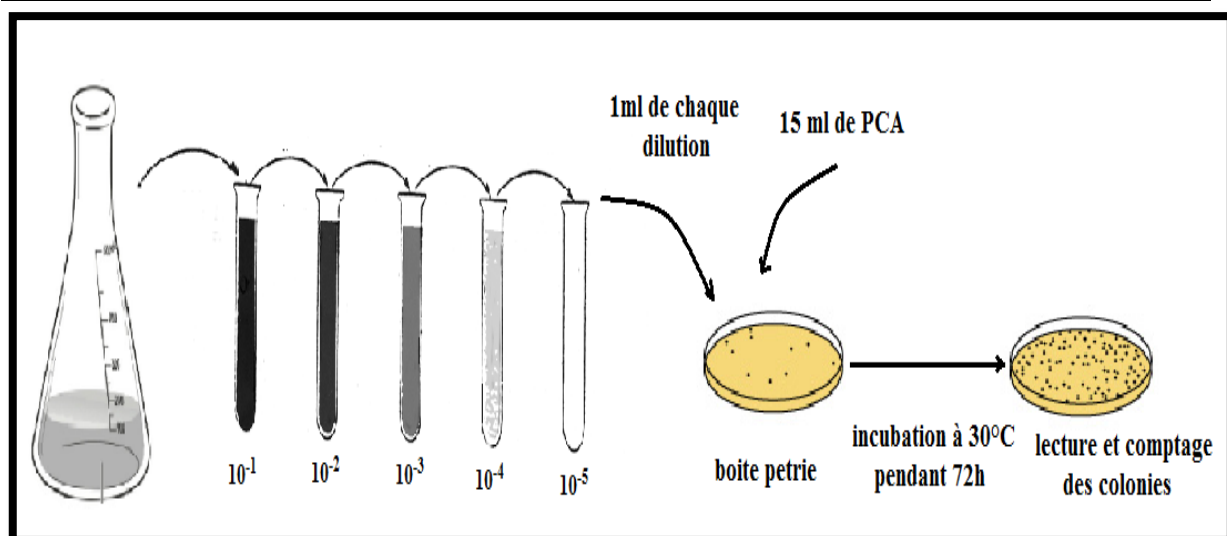


*Figure N°17: Recherche des aerobes sulfite-reducteur*



*Figure N°18: Preparation de la serie des dilutions*

- Verser 9ml d'eau distiller a chaque tube
- Prendre avec pipette 1ml d'eau a analyser et verse la dans la premiere tube
- Après une petite agitation prendre 1ml de la solution de tube (1) et verse lui dans la dexiue tube et ensuite a chaque tube jusq'ua le tube (5)



**Figure N°19: Recherche et dénombrement des germes aérobies à 30°C**

- Après la dilution nous prenons 1ml de chaque tube de dilution
- Verser respectivement au cinq boite petrie
- Ajouter 15ml de PCA a chaque boite petrie
- Incubation a 30°C pendant 72h
- Comptes tous les colonies noires après incubation

### **III.7. Conclusion :**

La synthèse et la caractérisation technique de la Magadiite c'est une partie très sensible dans ce chapitre comme nous avons vu, avec le traitement de notre deux échantillons et les analyses physico-chimique et bactériologies, donc l'interprétation des résultats d'analyses et discussions sera dans le chapitre suivant.

# Chapitre IV :

# Résultats et

# discussions



### IV.1. Introduction :

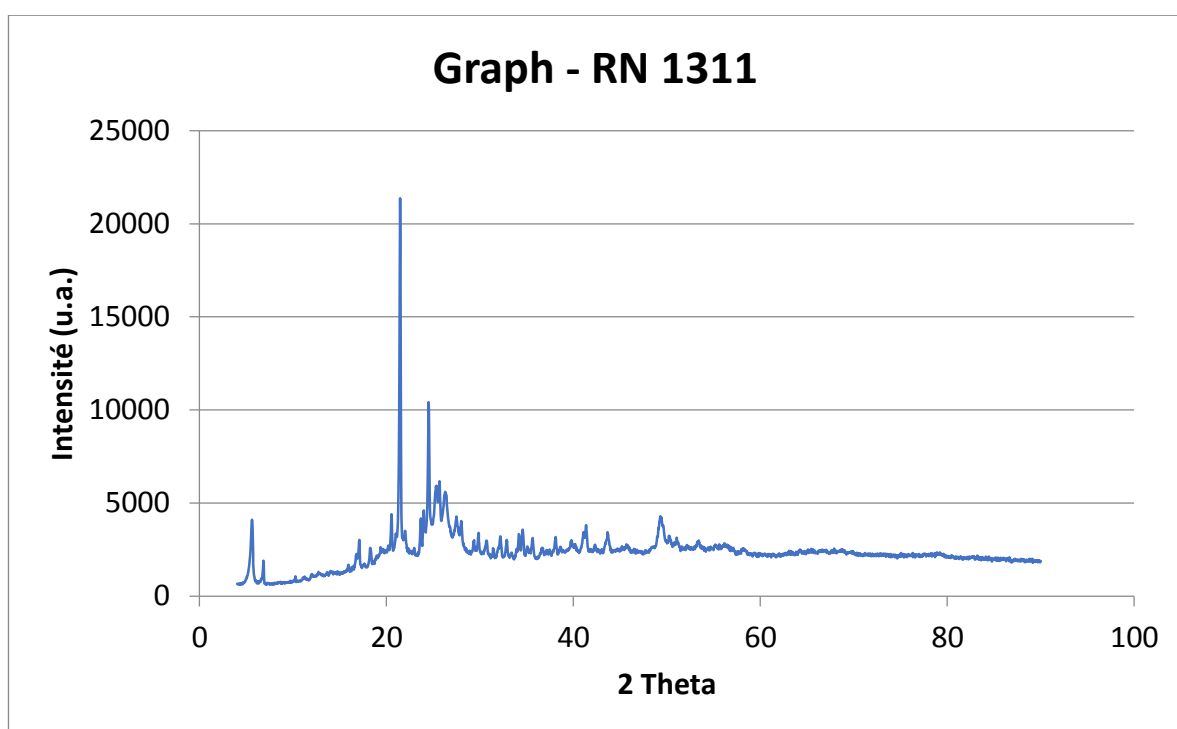
Nous avons basé dans ce chapitre à l'interprétation des résultats de caractérisations techniques de Magadiite, afin de déterminer son efficacité, avec les résultats des analyses physico-chimiques des deux échantillons d'eau souterraines qu'on a prélevé au niveau d'EL ATTEUF et DHAYET BENDHAHOUA willaya de Ghardaïa avant et après traitement (utilisation de Magadiite).

L'objectif de notre travail est la réduction de taux de pollution par la technique d'adsorption.

L'interprétation des résultats sera présente sous forme des histogrammes, nous comparons les résultats avec les normes.

### IV.2. Techniques de caractérisation de magadiite :

#### IV.2.1. Analyse par diffraction des rayons X (DRX) :



*Figure N°20 - Diffractogramme de rayons X de la magadiite.*

Cette figure représente le diffractogramme de rayons X de la magadiite-Na synthétisée.

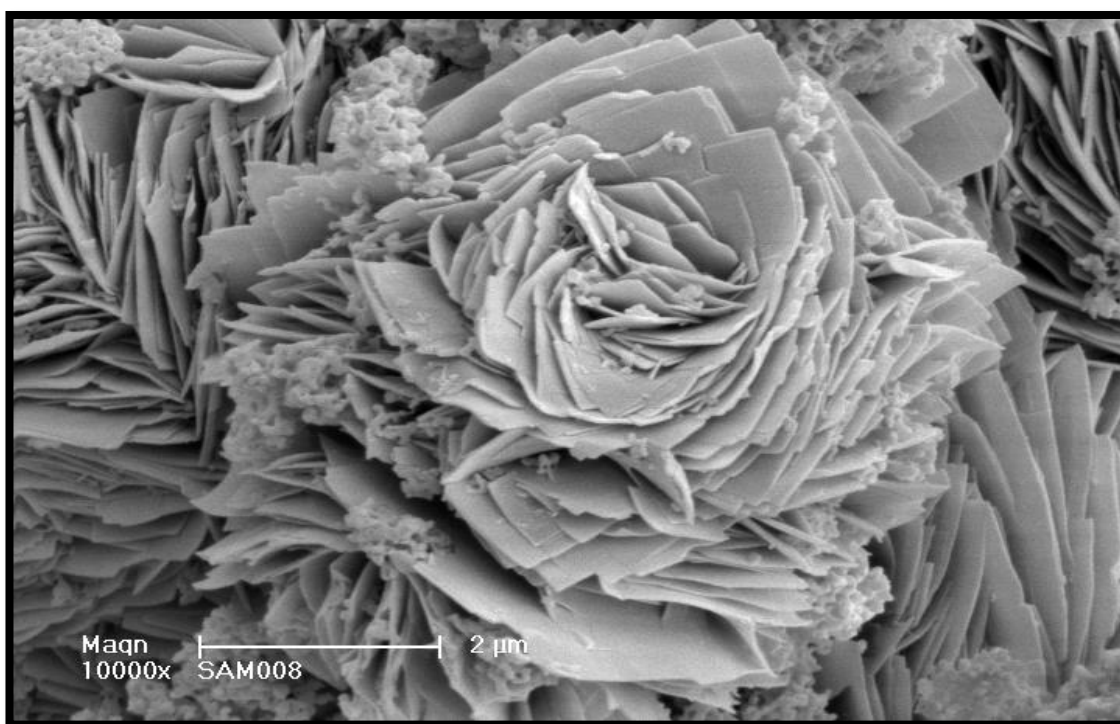
Nous notons plusieurs réflexions 001 correspondant à une périodicité  $d_{001}$  de  $15.6 \text{ \AA}$ . Un tel diffractogramme est caractéristique de la Magadiite-Na et est en accord avec les travaux de Brindley et la carte ICDD n°42-1350.

Cette analyse effectuée au niveau l'université de Marie Curie, Madrid, Espagne.

### IV.2.2. Analyse par microscopie électronique à balayage (MEB)

La morphologie de la magadiite-Na synthétisée est présentée sur cette Figure. Les cristaux de la Na-magadiite se présentent sous forme d'agrégats ayant une morphologie sphérique. Les sphères ont un diamètre moyen d'environ 5  $\mu\text{m}$  et sont constituées de pétales minces qui leur donnent un aspect « rose de sables ».

Cette analyse effectuée au niveau l'université de Marie Curie, Madrid, Espagne.



**Figure N°21: Microscopie électronique à balayage de la magadiite.**

### IV.2.3. Spectroscopie infrarouge :

Le spectre infrarouge de la magadiite-Na est donné par la Figure N°23, a été effectué entre 2.5 et 3.5 microns à l'aide d'un spectrographe Perkin-Elmer 337 sur échantillon broyé et après pastillage au KBr. Entre 3700 et 3300  $\text{cm}^{-1}$ , on observe la bande de vibration des groupes hydroxydes avec deux composantes à 3650 et 3450  $\text{cm}^{-1}$ . Le signal à 3650  $\text{cm}^{-1}$  associé aux vibrations de groupements OH libres des groupements Si-OH, une large bande de vibration à 3450  $\text{cm}^{-1}$  attribuée aux groupements OH formant des liaisons hydrogènes ou bien à des groupements OH de l'eau. Un autre signal est observé à environ 1650  $\text{cm}^{-1}$  indiquant la bande de déformation de l'eau, commune à tous les minéraux hydratés. Les bandes situées à environ 1070 et 450 sont associées à l'étirement symétrique Si-O et celles à 463  $\text{cm}^{-1}$  au cisaillement.

## Chapitre IV – Résultats et discussions

Cette analyse effectuée au niveau l'université de Marie Curie, Madrid, Espagne.

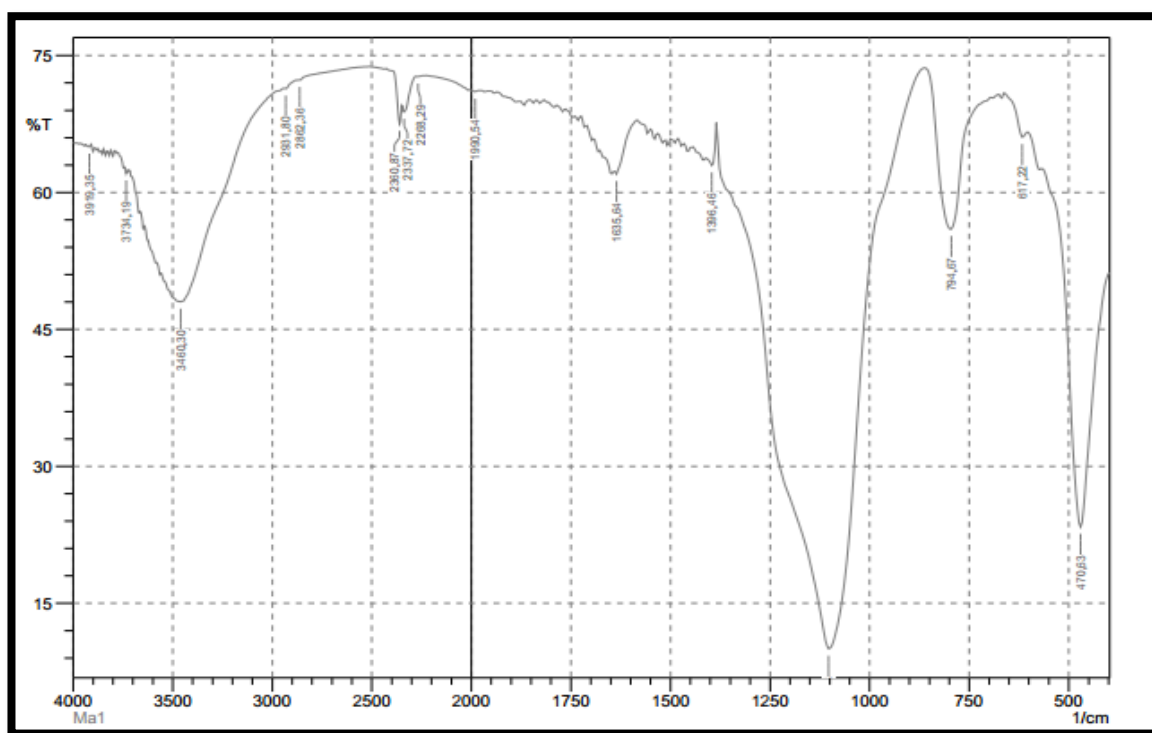


Figure N°22: Spectroscopie infrarouge de la magadiïte.

### IV.3. Les analyses physique-chimique des eaux souterraines :

#### IV.3.1. Les Paramètre physique :

##### IV.3.1.1. Potentiel hydrogène (pH) :

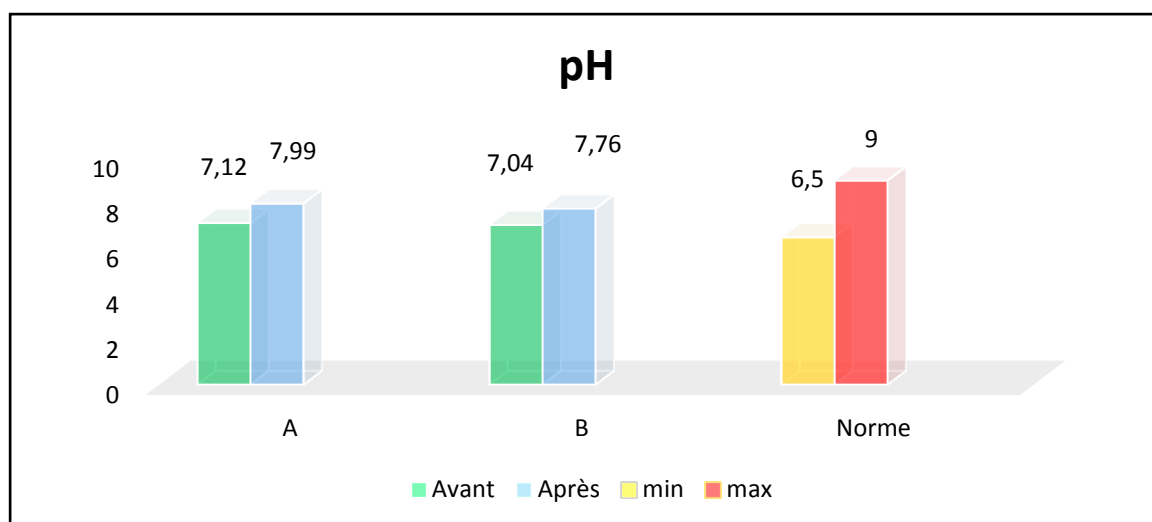


Figure N°23: Histogramme de PH

L'histogramme de pH Comprend les résultats des analyse de deux échantillon représenter par le groupement A et B les colonnes en verre et bleu représente respectivement les valeurs avant et après traitement, le groupement N représente la norme algérienne les colonnes en jaune et en rouge représente respectivement les valeurs min et max.

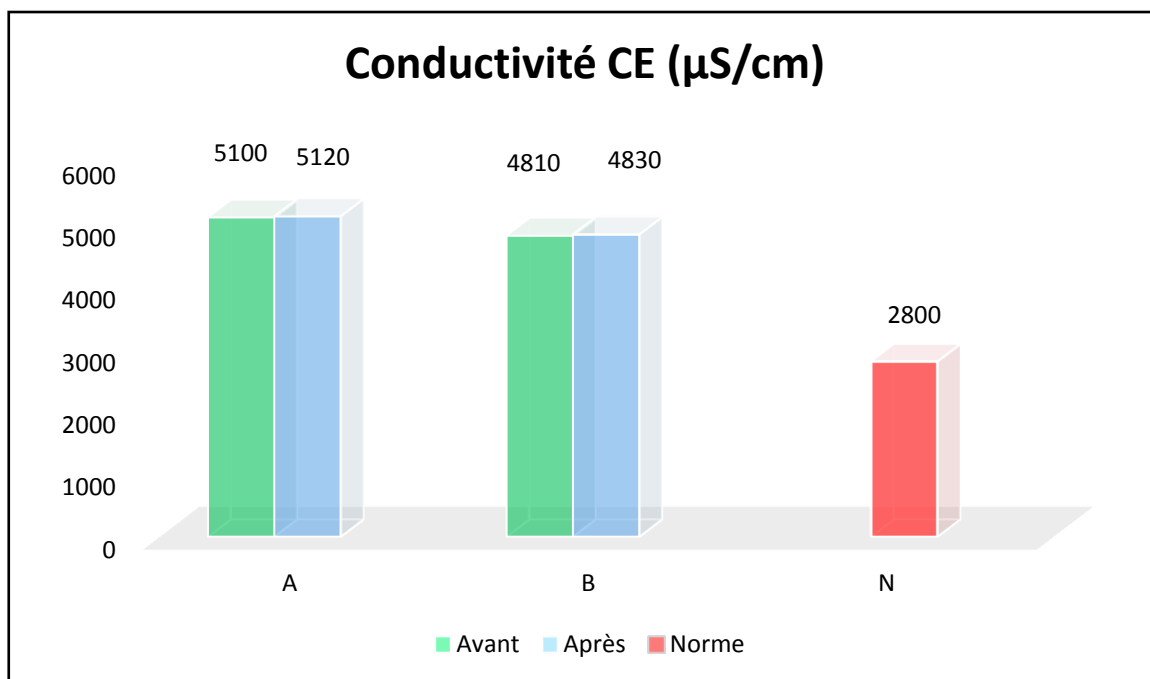


La valeur de pH Confiné entre 6.5 et 9 dans la norme.

Les résultats de notre analyse en montré que la valeur de pH légèrement augmente de 7.12 à 7.99 dans l'échantillon A et de 7.04 à 7.76 dans l'échantillon B après l'utilisation de Magadiite brute.

On conclure que Les valeur reste dans l'intervalle de pH de la norme de 6.5 à 9.

### IV.3.1.2. Conductivité électrique (CE) :



*Figure N°24: Histogramme de Conductivité*

La colonne en rouge dans l'histogramme de conductivité Au-dessus représente la valeur maximale dans la norme.

Parmi les résultats obtenus, nous notons que la valeur de conductivité légèrement changé, augmente de 5100 à 5120 dans l'échantillon A et de 4810 à 4830 dans l'échantillon B après l'utilisation de Magadiite.

La valeur initiale et finale de deux échantillons (avant/après le traitement) a été hors norme ,

IV.3.1.3. Salinité :

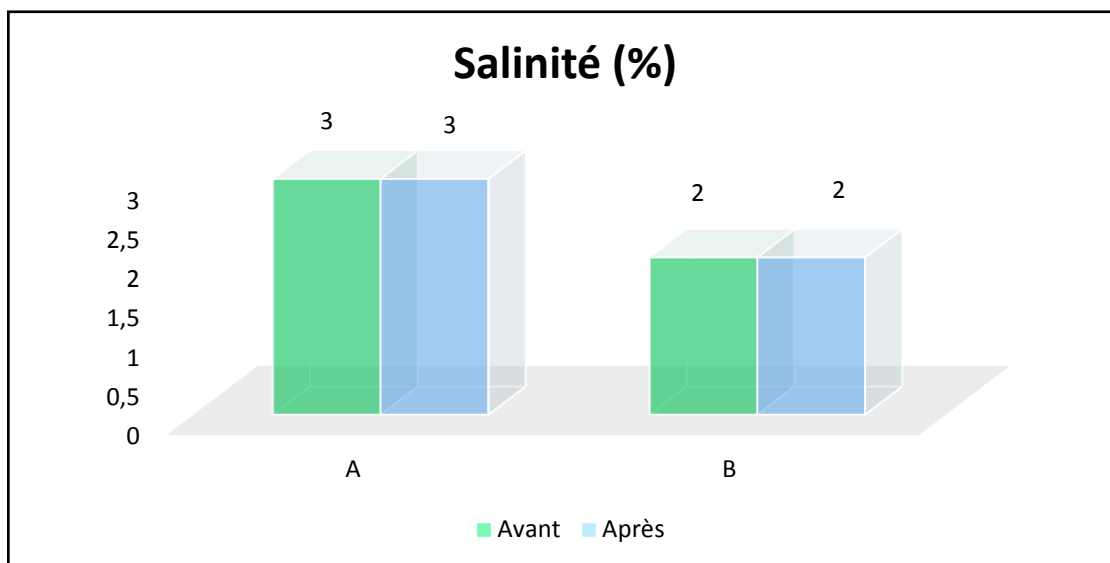


Figure N°25: Histogramme de Salinité

On observe que la valeur de salinité reste fixe dans les deux échantillons.

Il n'y a pas une valeur de maximale de salinité dans la norme algérienne.

IV.3.1.4. Turbidité

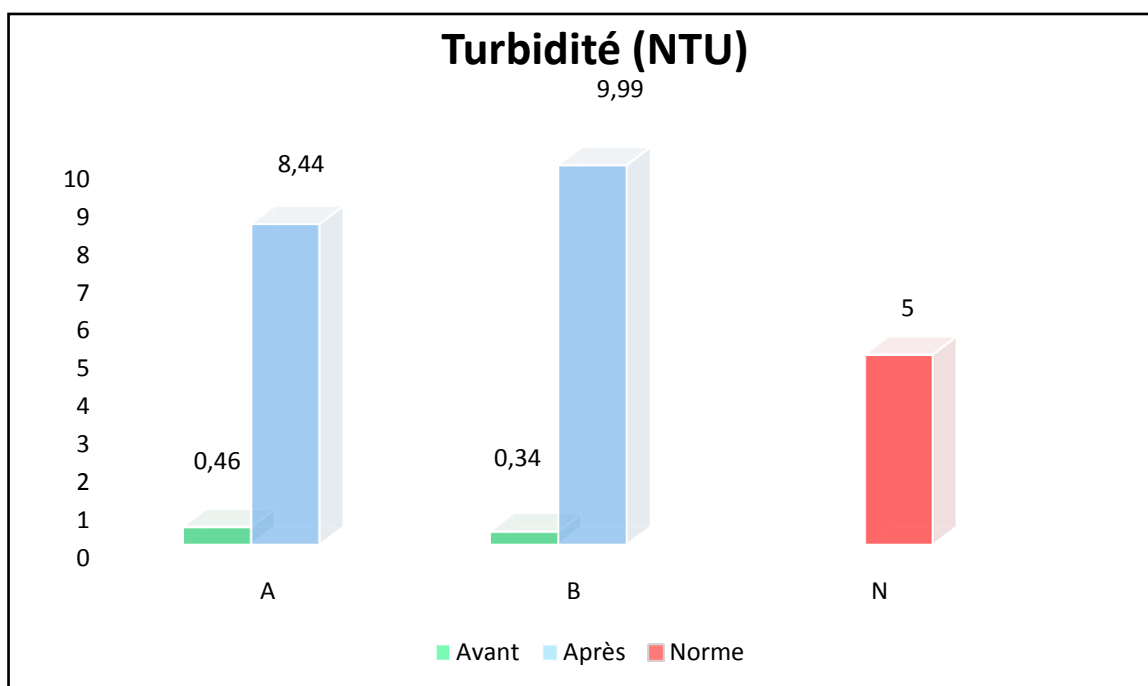
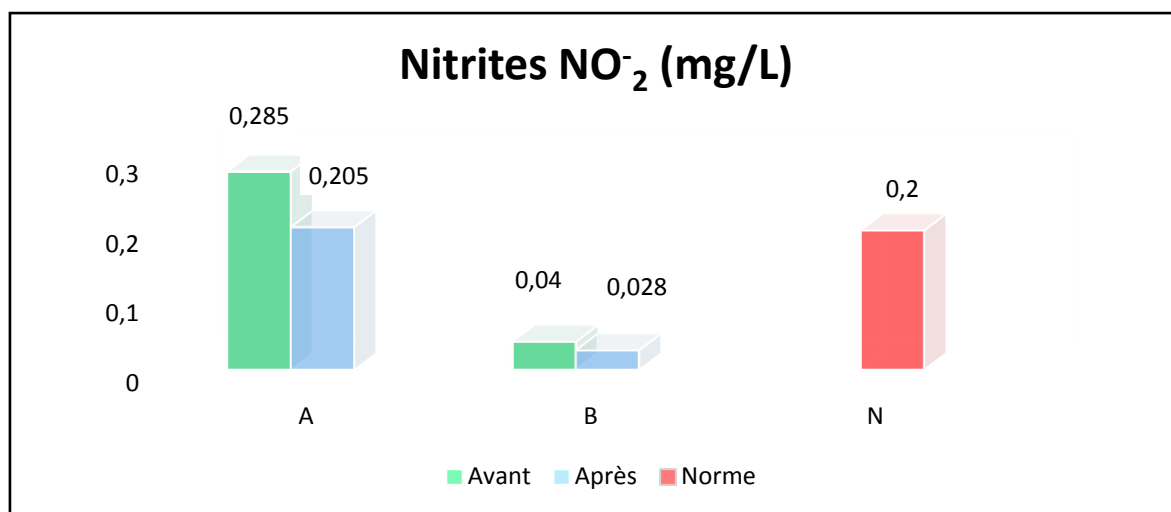


Figure N°26: Histogramme de Turbidité

On remarque que la valeur de turbidité a un changement remarquable, une augmentation de 0.46 à 8.44 dans l'échantillon A et de 0.34 à 9.99 dans l'échantillon B.

**IV.3.2. Les Paramètre chimique « pollution » :**

**IV.3.2.1. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**



*Figure N°27: Histogramme de Nitrites*

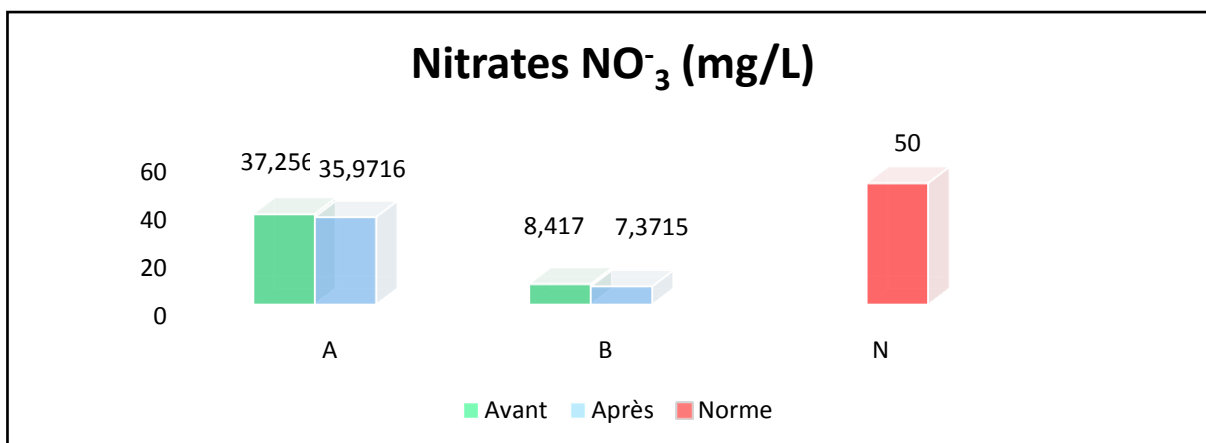
L'analyse de nitrites ( $\text{No}^{-2}$ ) Révélé qu'il y avait eu un grand changement, une diminution important de 0.285 à 0.206 dans l'échantillon A et de 0.04 a 0.028 dans l'échantillon B dû à l'utilisation de magadiite.

Nous avons remarqué que la valeur de nitrate était élevée (hors norme) dans le premier échantillon (A) avant le traitement, la valeur descendue après le traitement et Devenez proche de la norme.

Avant le traitement La valeur de nitrites dans l'échantillon B étai petit et dans les normes, après le traitement la valeur a était diminuer et resté dans la norme.

On conclure que l'utilisation de magadiite a un effet sur les nitrites.

**IV.3.2.2. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :**



*Figure N°28: Histogramme de Nitrates*

## Chapitre IV – Résultats et discussions

Les résultats de nitrates ( $\text{No}^{-3}$ ) indique, un changement remarquable dans les valeurs de nitrates soit dans l'échantillon A et B.

Les valeurs à diminuer de 37.2563 à 35.9716 dans l'échantillon A et de 8.417 à 7.3715 dans l'échantillon B après l'utilisation de magadiite.

Les valeurs de nitrates avant et après le traitement dans les deux échantillons sont dans la norme qui est (50 mg/L) (valeur maximale).

### IV.3.2.3. Fer $\text{Fe}^{2+}$ :

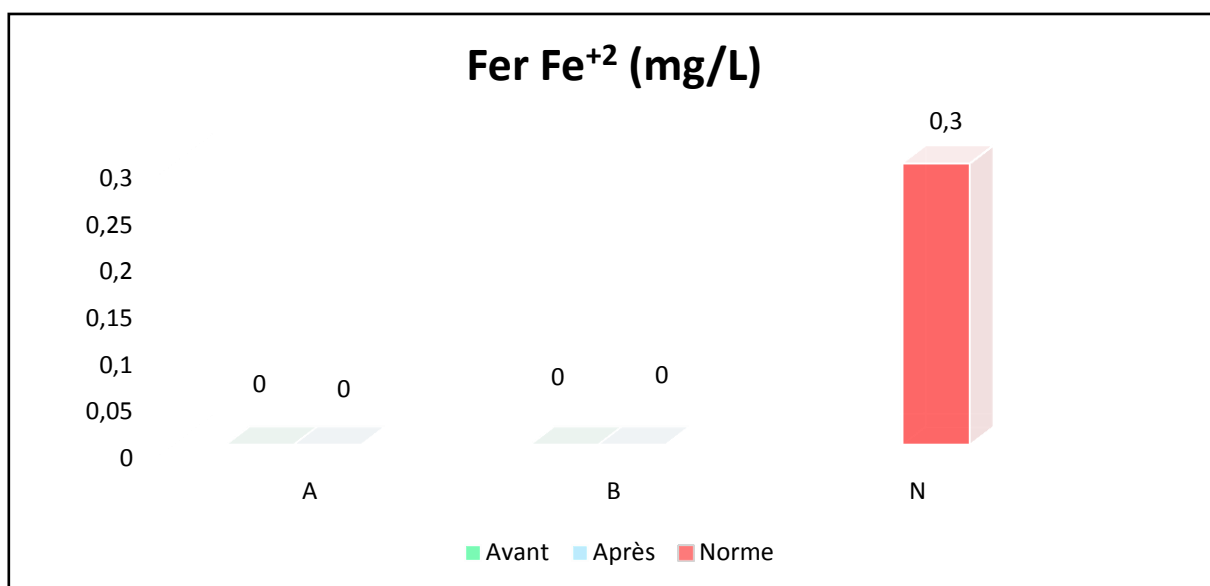


Figure N°29: Histogramme de Fer

La valeur maximale dans la norme est 0.3 (mg/L), Les résultats indique que il y aucun trace de fer dans les deux échantillons.

### IV.3.3. Eléments majeurs de minéralisation:

#### IV.3.3.1. Titre hydrométrique (TH) :

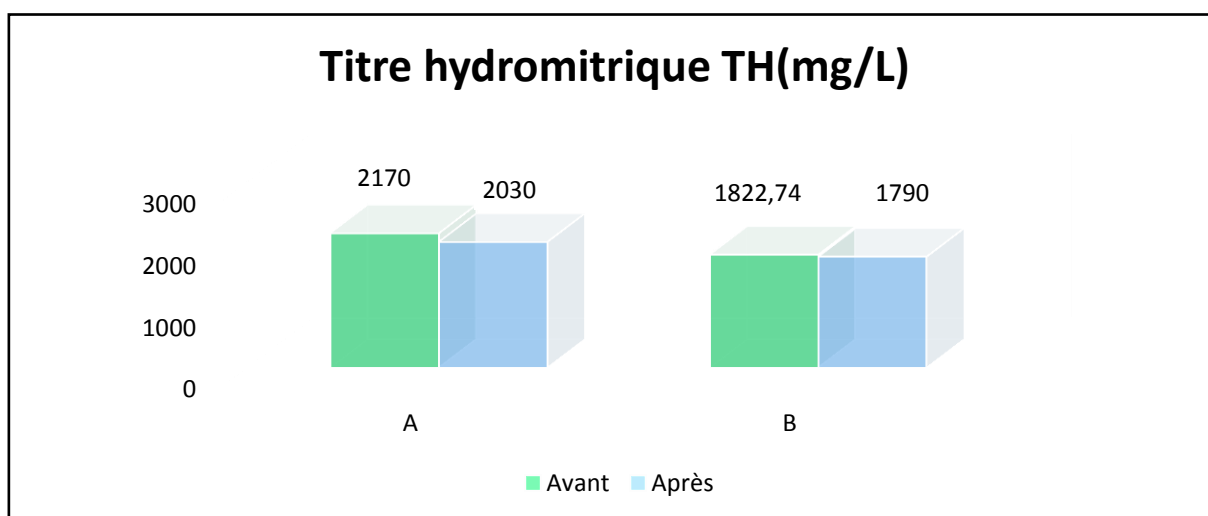


Figure N°30: Histogramme de TH

## Chapitre IV – Résultats et discussions

Nous observons que les valeurs de titre hydrique diminuent dans les deux échantillons A et B après l'utilisation de magadiite, une diminution remarquable de 2170 à 2030 dans l'échantillon A et de 1822.74 à 1790 dans l'échantillon B.

Il n'y a pas de valeur maximale de paramètre titre hydrique dans la norme algérienne.

### IV.3.3.2. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

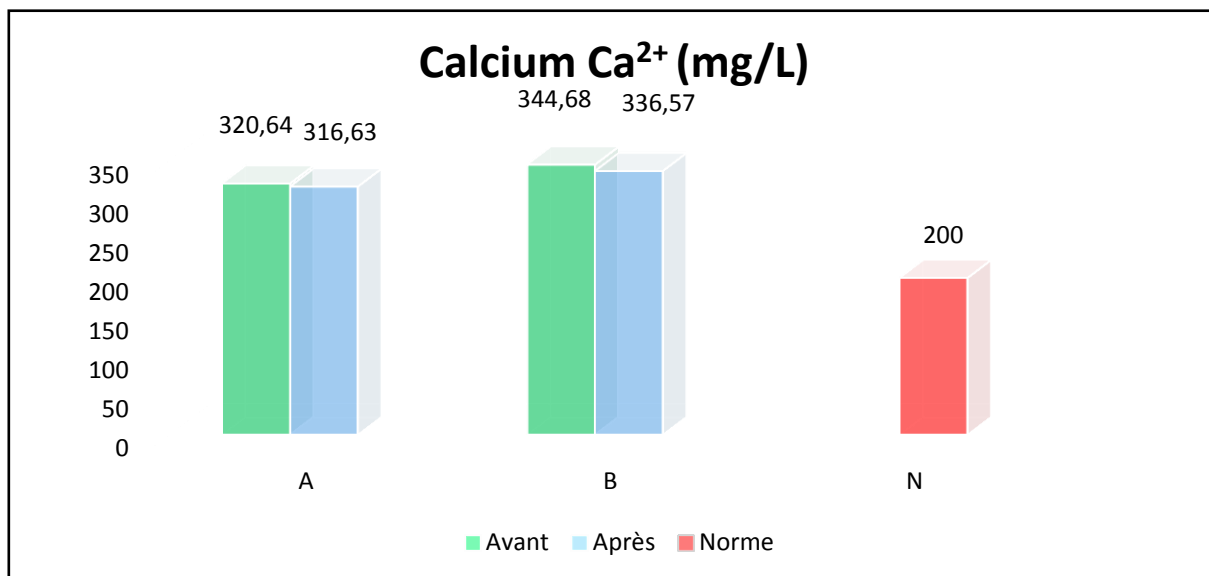


Figure N°31: Histogramme de Calcium

Les résultats des analyses de paramètre de calcium  $\text{Ca}^{+2}$  révèlent qu'il y a une diminution dans les deux échantillons, de 320.64 à 316.63 dans l'échantillon A et de 344.68 à 336.57 dans l'échantillon B après l'utilisation de magadiite.

La norme de calcium est 200 mg/l comme valeur maximale, les valeurs des analyses sont hors norme soit avant et après le traitement dans les deux échantillons.

### IV.3.3.3. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :

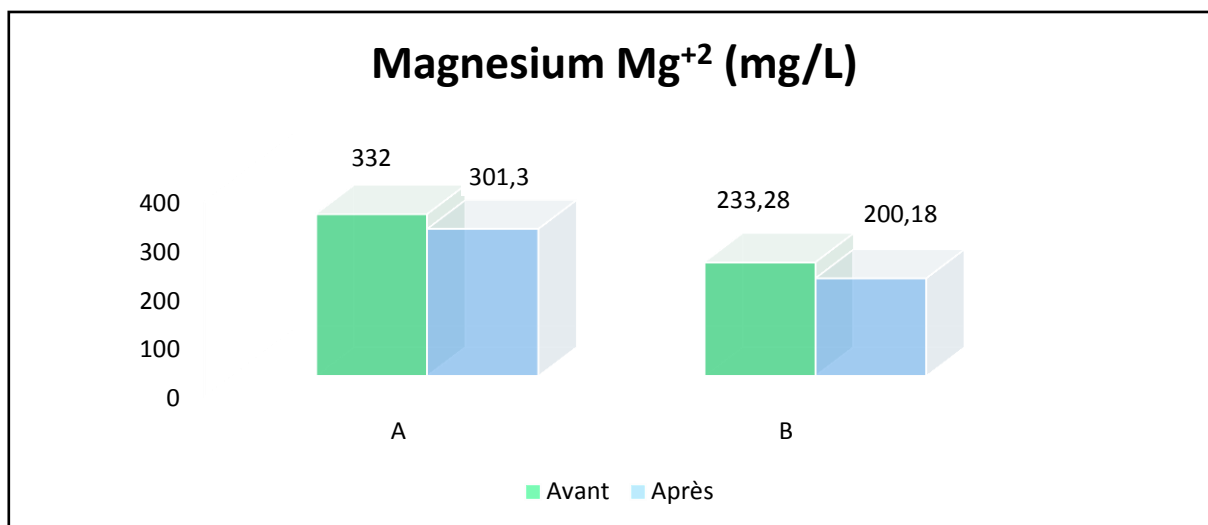


Figure N°32: Histogramme de Magnésium

## Chapitre IV – Résultats et discussions

La quantité de magnésium  $Mg^{+2}$  a changé. Selon les analyses, il y a une diminution remarquable de 332 à 301.3 dans l'échantillon A et de 233.28 à 200.18 dans l'échantillon B après le traitement du à l'effet d'adsorption de la magadiite.

### IV.3.3.4. Titre alcali métrique complet (TAC) :

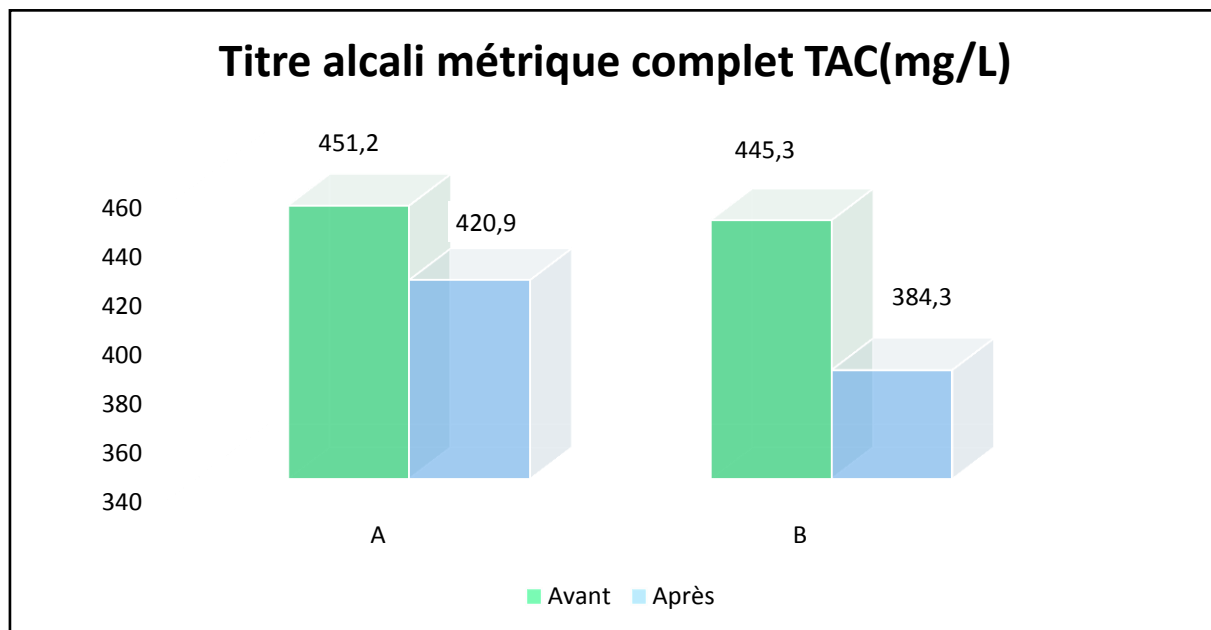


Figure N°33: Histogramme de TAC

On observe que il y a un changement dans la valeur de TAC dans les deux échantillons, une diminution de 451,7 à 420,9 dans l'échantillon A et de 445,3 à 384,3 dans l'échantillon B du à l'effet de la magadiite.

### IV.3.3.5. Résidu sec R.S à 105°C :

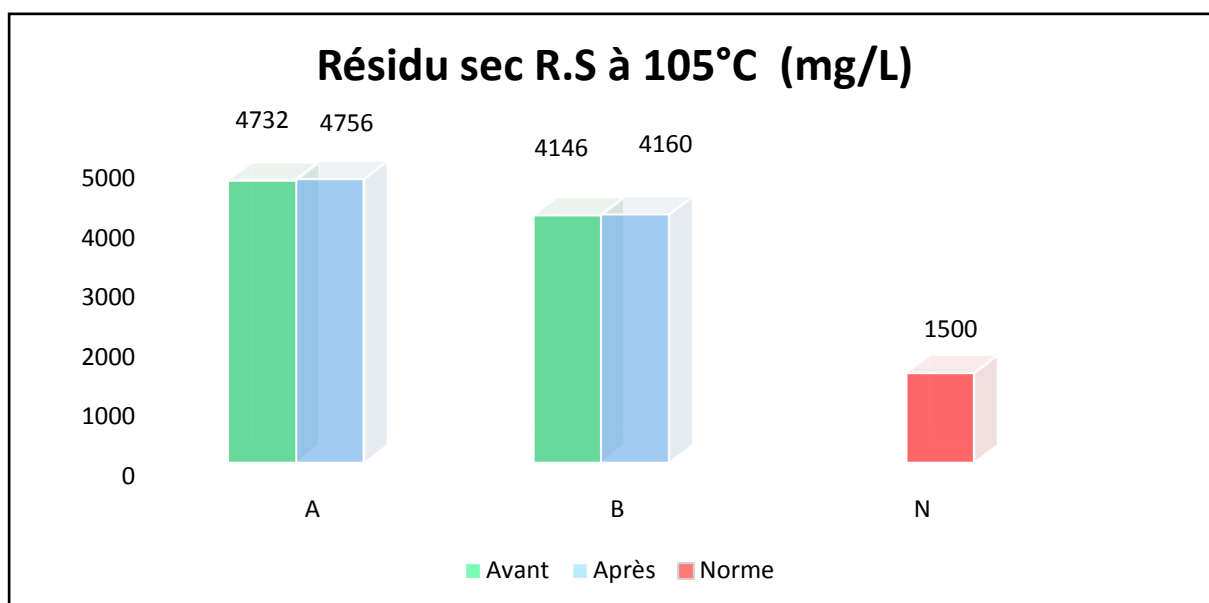


Figure N°34: Histogramme de Résidu sec

## Chapitre IV – Résultats et discussions

Les résultats des analyses ont révélé que la quantité de résidu sec a légèrement changé dans les deux échantillons A et B, avec une petite augmentation de 4732 à 4756 dans l'échantillon A et de 4146 à 4160 dans l'échantillon B.

Les valeurs de résidu sec initiales sont hors norme avant l'utilisation de magadiite et restent hors norme après leur utilisation.

### IV.3.3.6. Sulfate ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) :

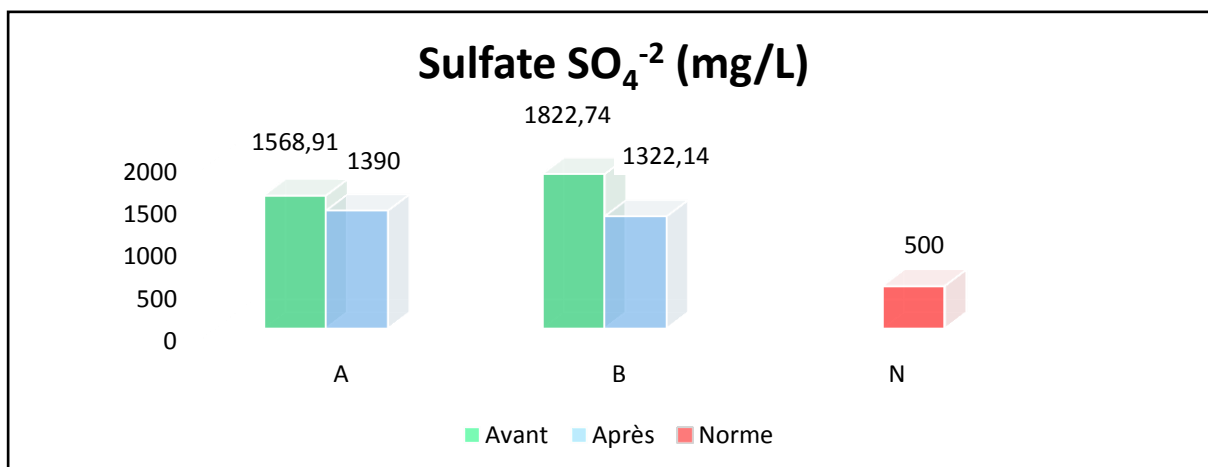


Figure N°35: Histogramme de sulfates

On remarque que la quantité de sulfate  $\text{SO}_4^{-2}$  a changé au deux échantillon A et B, avec une grande diminution de 1568.91 à 1390 dans l'échantillon A et de 1822.74 à 1322.14 dans l'échantillon B après l'utilisation de magadiite.

On remarque aussi que les valeurs sont hors norme avant le traitement qui est 500 mg/l. Le magadiite a une grande efficacité sur le sulfate.

## IV.4. Méthodes d'analyses bactériologiques:

### IV.4.1. Denombrement des germes aérobies mésophiles totaux:

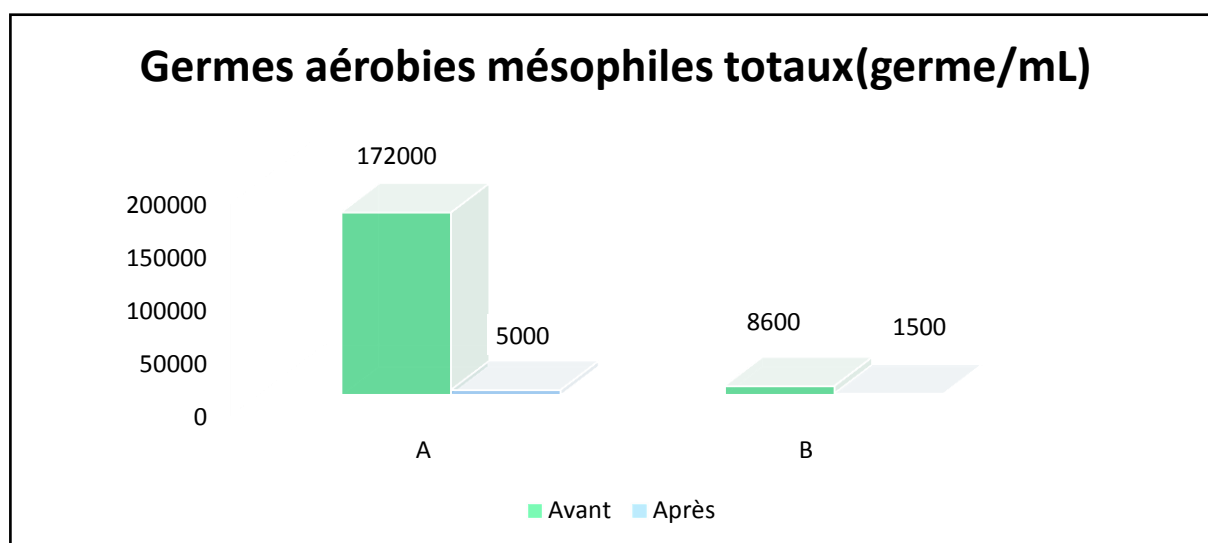


Figure N°36: Histogramme de Germe aérobies mésophiles totaux

## Chapitre IV – Résultats et discussions

On a observé que Les valeurs des germes aérobies mésophiles totaux on à observer une grand diminution de 172000germe/ml a 5000germe/ml dans l'échantillon A et de 8600germe/ml a 1500germe/ml dans l'échantillon B

### IV.4.2. Coliformes totaux :

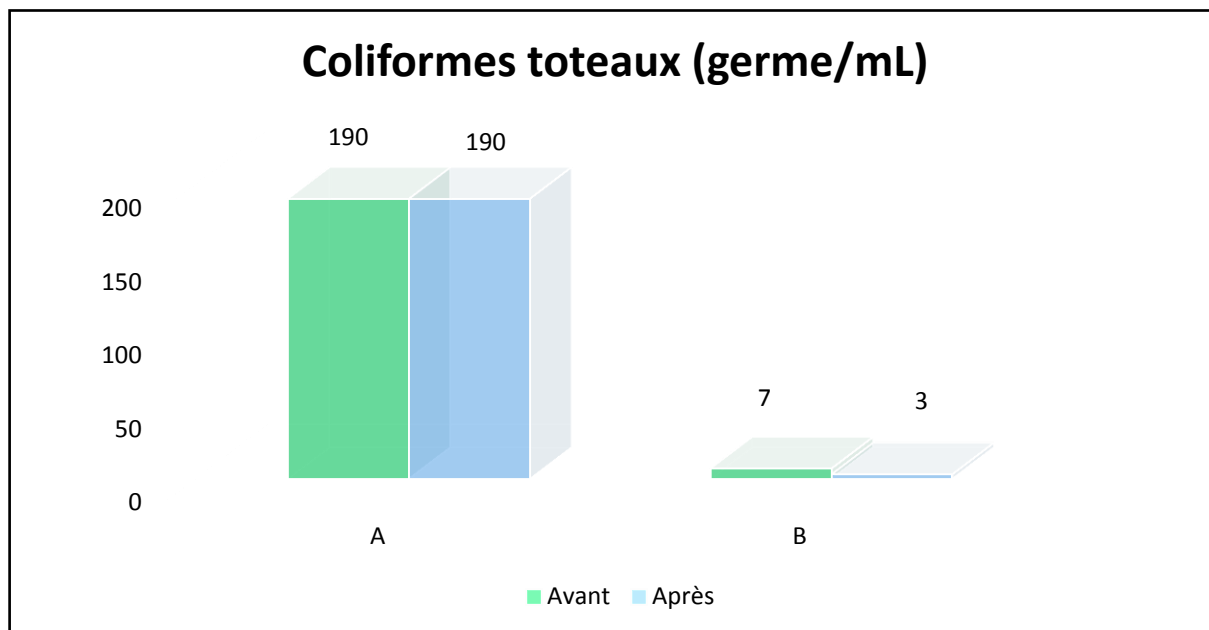


Figure N°37: Histogramme de Coliformes totaux

Nous avons vu dans les coliforms totaux que la valeur est hors domaine de lecture ici on a présenté par le nombre 190germe/ml avant et après traitement dans l'échantillon A par rapport l'échantillon B on Remarque une petite diminution 7germe/ml a 3germe/ml

### IV.4.3. Enterocoque :

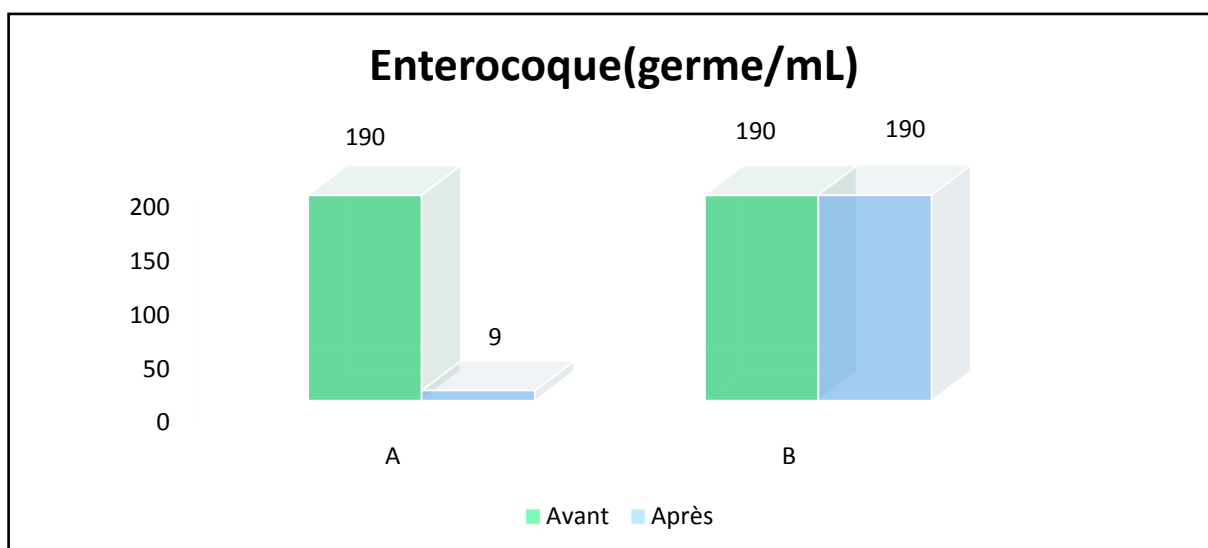


Figure N°38: Histogramme d'Entérocoque

dans les analyses de recherché des anterocoque nous avons vu une diminution de 190germe/ml qui est hors domaine de lecture a 9germe/ml dans l'échantillon A par rapport dans



## Chapitre IV – Résultats et discussions

---

l'échantillon B la valeur qui est hors domaine de lecture représenté par le nombre 190 germe/ml avant et après traitement .

### IV.4.4. Aérobie sulfite-réducteur :

*Tableaux N°7: Aérobie sulfite-réducteur*

	<b>Avant</b>	<b>Après</b>
<b>A</b>	+	-
<b>B</b>	+	-

Aussi dans la recherche Aérobie sulfite-réducteur nous avons vu la présence des germe avant traitement et l'absence après l'utilisation de magadiite dans les deux échantillon A et B.

# Conclusion générale



## Conclusion générale

---

Dans ce travail, nous avons effectué un traitement en utilisant un adsorbant (Magadiite) Pour deux échantillons d'eau de puit comme nous l'avons vu précédemment, qui a traversé de nombreuses étapes de la fabrication de matériel au niveau du laboratoire et mener des tests de caractérisations. Ensuite, nous avons commencé le traitement et l'effectuation des analyses physico-chimique et bactériologiques qui est l'axe de notre étude, avant et après traitement.

D'après les résultats obtenus à partir de la valeur de pH légèrement augmente de 7.12 à 7.99 dans l'échantillon A et de 7.04 à 7.76 dans l'échantillon B après l'utilisation de Magadiite synthétisée, nous notons que la valeur de conductivité légèrement changé, augmente de 5100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 5120  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans l'échantillon A et de 4810  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 4830  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans l'échantillon B après l'utilisation de Magadiite, la valeur de salinité reste constante dans les deux échantillons avant et après traitement, On remarque que la valeur de turbidité a un changement remarquable, une augmentation de 0.46 NTU à 8.44 NTU dans l'échantillon A et de 0.34 NTU à 9.99 NTU dans l'échantillon B, L'analyse de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) Révélé qu'il y avait eu un grand changement, une diminution important de 0.285 mg/L à 0.206 mg/L dans l'échantillon A et de 0.04mg/L a 0.028mg/L dans l'échantillon B dû à l'utilisation de magadiite, Les valeurs de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) à diminuer de 37.2563 mg/L à 35.9716 mg/L dans l'échantillon A et de 8.417 mg/L à 7.3715 mg/L dans l'échantillon B après l'utilisation de magadiite, Nous observe que Les valeurs de titre hydrotimétrique diminue dans les deux échantillons A et B après l'utilisation de magadiite, une diminution remarquable de 2170 mg/L à 2030 mg/L dans l'échantillon A et de 1822.74 mg/L à 1790 mg/L dans l'échantillon B, Les résultats des analyses de paramétré de calcium  $\text{Ca}^{+2}$  révéle que il y une diminution dans les deux échantillons, de 320.64 mg/L à 316.63 mg/L dans l'échantillon A et de 344.68 mg/L à 336.57 mg/L dans l'échantillon B après l'utilisation de magadiite, La quantité de magnésium  $\text{Mg}^{+2}$  a changé Selon les analyses, il y une diminution remarquable de 332 mg/L à 301.3 mg/L dans l'échantillon A et de 233.28 mg/L à 200.18 mg/L dans l'échantillon B après le traitement du a l'effet d'adsorption de le magadiite, On observe qui il y un changement dans la valeur de TAC dans le deux échantillons, une diminution de 451.7 mg/L à 420.9 mg/L dans l'échantillon A et de 445.3 mg/L à 384.3 mg/L dans l'échantillon B du a l'effet de magadiite, Les résultats des analyses révéle que la quantité de résidu sec légèrement changé dans les deux échantillons A et B, une petite augmentation de 4732 mg/L à 4756 mg/L dans l'échantillon A et de 4146 mg/L à 4160 mg/L dans l'échantillon B, On remarque que la quantité de sulfate  $\text{SO}_4^{-2}$  a changé au deux échantillon A et B, une grand diminution de 1568.91 mg/L à 1390 mg/L dans l'échantillon A et de 1822.74 mg/L à 1322.14 mg/L dans l'échantillon B

## Conclusion générale

---

après l'utilisation de magadiite, dans les analyses microbiologique les valeur des germes aérobies mésophiles totaux on à observer une grand diminution de 172000 germe/ml a 5000 germe/ml dans l'échantillon A et de 8600 germe/ml a 1500 germe/ml dans l'échantillon B, dans les coliforms totaux on observe que la valeur etait hors domaine de lecture  $>180$  germe/ml avant et après traitement dans l'échantillon A par rapport l'échantillon B on Remarque une petite diminution 7 germe/ml a 3 germe/ml, dans les analyses de recherché des anterocoque nous avons vu une diminution de  $>180$  germe/ml (hors lecture) a 9 germe/ml dans l'échantillon A par rapport dans l'échantiollion B la valeur etait hors domaine de lecture  $>180$  germe/ml avant et après traitement, aussi dans la recherché Aérobie ssulffito-reducteur nous avons vu la presence des germe avant traitement et l'absence après l'utilisation de magadiite dans les deux echantillions A et B.

Nous avons observé une diminution des contaminants chimiques et bactériennes après le traitement, nous concluons que le Magadiite adsorbé ces polluant.

Ce matériau microporeux Magadiite représente aujourd'hui un avantage majeur pour le traitement des eaux. En effet, il est possible de les utilisés comme adsorbant pour l'élimination des ions de pollutions aussi les bactéries. Dans les conditions obtenues. Donc ces adsorbants présentent l'avantage d'être à la fois peut coûteux et très efficace, et qui respecte l'environnement.

# Références bibliographiques



## Références bibliographiques

---

- [1] MARIE-JOSEE, BINETTE, Nouveaux matériaux Nanocomposites Dérivés des Polysilicates Lamellaires, Thèse de doctorat université ottawa , novembre 1999.
- [2] Armelle BALDEYROU – BAILLY, ETUDE EXPERIMENTALE ET MODELISATION DE LA STABILITE DES PHYLLOSILICATES SOUMIS A UN FORT GRADIENT THERMIQUE. Test dans le contexte du site géothermique de Soultz-sous-Forêts, ECOLE ET OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE LA TERRE Centre de Géochimie de la Surface (UMR 7517), THESE pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, Discipline : Sciences de la Terre et de l'Univers, Mention : Géochimie – Minéralogie, 03 Juillet 2003.
- [3] Les phyllosilicates, LE MUSÉE, Collection de minéraux Sorbonne Université, 02/07/2015, < <http://www.collection-mineraux.upmc.fr/fr/le-musee/toutes-les-vitrines/les-phyllsilicates.htm> > (20/03/2018 – 17 :00).
- [4] Silicate, FUTURA PLANETE, < <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/geologie-silicate-1613/> > (21/03/2018 – 10 :00)
- [5] Laurent Caner. PHYLLOSILICATES DES SOLS : DE L'IDENTIFICATION A LA QUANTIFICATION. Sciences de la Terre. Université de Poitiers, 2011.
- [6] White R. E., Principles and practice of soil science, The soil as a natural resource, The Journal of Applied Ecology, 36 (1), 186 (1999).
- [7] Eslinger E., Peaver D., Clay minerals for petroleum geologist and engineers, SEPM Short course Notes N° 22. Soc. Economic paleontologists and mineralogists, Tulsa, USA (1988).
- [8] Bergaya F., Theng B.K.G., Lagaly G., Developments in Clay Science 1, Handbook of Clay Science, Chapter 1, Elsevier (2006).
- [9] COMPLEXE D'ALTERATION/LES ARGILES, classification, < <http://www.vdsciences.com/pages/sciences-agronomiques-de-base/pedologie-sols-et-proprietes-des-sols/pedologie-7.html> > (22/03/2018 – 15 :00).
- [10] MANSRI ASMAA, *Composites à base de copolymères et de bentonite pour la coagulation/floculation, rétention des polluants et pour l'inhibition de la corrosion*, Département de Chimie Organique Industrielle, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, p18 2015/2016.

## Références bibliographiques

---

- [11] Eugster, H.P. *Science* **1967**, 157, 1177.
- [12] Eypert-Blaison C, Sauzéat E, Pelletier M, Michot LJ, Villiéras F, Humbert B. *Chem. Mater.* 2001; 13: 1480-1486.
- [13] HELOISE O. PASTORE, MARCELO MUNSIGNATTI, AND ARTUR J.S. MASCARENHAS. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 48, No. 2, 224–229, **2000**.
- [14] Huang, Y., Jiang, Z. and Schwieger, W., Vibrational spectroscopic studies of layered silicates. *Chem. Mater.*, **1999**, 11, 1210–1217.
- [15] MOKHTAR ADEL, Etude de l'échange ionique de la magadiite-Na avec du cuivre et du zinc. Application comme agents antibactériens, DEPARTEMENT DE CHIMIE, UNIVERSITE D'ORAN.
- [16] Liebau. F. Structural chemistry of silicates. Structures, bonding and classification. Berlin: Springer Verlag, 1985.
- [17] Z. Dua, N. H. Leeuw, *J. Mater. Chem.*, **2005**, 15, 4167.
- [18] S. Vortmann, J. Rius, B. Marler, H. Gies, *Eur. J. Mineral.* **1999**, 11, 125.
- [19] H. Annehed, L. Falth, F. J. Lincoln, *Z. Kristallogr.*, **1982**, 159, 203.
- [20] J. D. Grice, *Can. Mineral.*, **1991**, 29, 363.
- [21] S. Vortmann, J. Rius, S. Siegmann, H. Gies, *J. Phys. Chem. B*, **1997**, 101, 1292.
- [22] T.ZOLTAL, *Amer. Mineral.*, p45, 1960, 960
- [23] I.KOSTOV, *Geochem Mineral. Petrol.* Volume 1, 1975.
- [24] L.RYLAND, W.TAMELE, N.WILLSON, *Publishing Cie, New York, United States*, p93, 1960.
- [25] FRIPAT, J.LEONARDA, J.B.UYTTERHOEVEN, *Ithaca*, 69, 1965, 3274-3279
- [26] ONYESTYAK.G, PAL-BORBELY.G, BEYER.H.K, *Micropor. Mesopor. Mater.* 43, 2001, 73.
- [27] MURASHI.H, *Amer Mineral*, 74, 1989, 1147-1151.

## Références bibliographiques

---

- [28] KWON.O.Y, JEONG.S.Y, SUH.J.K, LEE.J.M. Hydrothermal syntheses of Na-magadiite and Na-kenyaite in the presence of carbonate, Bull. Korean Chem. Soc. 16 (No. 8), 737-741, (1995).
- [29] BENKHATOU.S, Mémoire de magister en chimie. « Extraction des métaux lourds par des silicates en feuillets intercalés par des molécules complexantes ». Laboratoire des sciences et techniques de l'eau. 2007.
- [30] S.CAILLERE S. HENIN M. RAUTUREAU Minéralogie des argiles, Tome 1, structure et propriétés physico-chimiques, 2ème édition, INRA : actualités agronomiques 8, édition. Masson, p189, 1982.
- [31] Z.JOHAN, G.MAGLIONE, Mineral crystal, 95, 1972, 371-382.
- [32] Mcatee.J.L, House.R. et Eugester.H.B. Am. Miner, 53, 1968, 2061
- [33] Schwieger.W, Heideman.D et Bergk.K.H. REV. Chimie Minéral. 22, 1985, 639
- [34] Annehed.H et Falth.L. 5th International Conference on zeolites, Napoli, Recent Progress. Reports and Discussion, Edited by Sersale, C. Collela and Aiello, R, Giannini Napoli, p5, 1980.
- [35] Annehed.H, Falth.L et Lincoln.F.J et Kristallogr.Z. 159, 1982, 203.
- [36] Almond.G.G, Harris.R.k et Franklin.K.R.J. Mater.Chem, 74, **1997, 681**
- [37] Lagaly.G, Beneke.K, Weiss.A, Amer. Mineral. 60, 1975, 642-649
- [38] Yuh-Ruey.w, Sea-Fue.W, Li-Chung.C, Applied Clay Science 33, 2006, 73-77
- [39] FLETCHER.R.A, BIBBY.D.M, Clays Clay Miner. 35, 1987, 318.
- [40] BENEKE.K, LAGALY.G, Amer Mineral, 68, 1983, 818-826.
- [41] SPNING.R, DAVIS.M.E, KAUFMAN.J.S, DYBOWSKY.C, Ind Eng.Chem.Res, 29, 1990, 213-220.
- [42] BRENN.U, SCHWIEGER.W, KAREGE.H.G, In Proc. 12th Inter.Zeolite.



## Références bibliographiques

---

- [43] G.Maglione, LA MACAOliTE, SILICATE SODIQUE DE NEOFORMATION DES FACIÈS EVAPORITIQUES 011 KANEM (LITTORAL SEPTENTRIONAL DU LAC TCHAD), mai 1970.
- [44] La ressource en eau, c'est quoi ?, < <https://www.marillysmace.com/ma-vision-de-leau/la-ressource-en-eau-cest-quoi-3/> > (25/03/2018 – 20 :00).
- [45] Les ressources en eau, OBSERVATION ET STATISTIQUE, MINISTÈRE DE LA TRANSITION, ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, Commissariat général au Développement durable, < [http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/s/ressources-eau.html?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=24573&tx\\_ttnews%5Bcatdomaine%5D=1108&cHash=043bfcedfb662561ea713e0c3e7b58bb](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/s/ressources-eau.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=24573&tx_ttnews%5Bcatdomaine%5D=1108&cHash=043bfcedfb662561ea713e0c3e7b58bb) > (27/03/2018 – 21 :00).
- [46] Eau douce, aquaportail.com, < <https://www.aquaportail.com/definition-4444-eau-douce.html> > (02/04/2018 – 16 :00).
- [47] Pollution de l'environnement, L'écosanté porte fruit, Centre de recherches pour le développement international
- [48] Les différents types de pollution, RISQUES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES, pompiers risques techno.fr, < <http://www.pompiers-ristechno.fr/images/risquespollution/images/theorie/F1/F1.Les%20diff%C3%A9rents%20types%20de%20pollution.pdf> > (04/04/2018 – 21 :00).
- [49] F. Shukuru Salulum, Mémoire de Licence, Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales, Université officielle de Bukavu, 2010, p: 68.
- [50] Bouafia –S- ; Dégradation des colorants textiles par procédés d'oxydation avancée par basse sur la réaction de fenton ; Thèses doctorat ; 2010.
- [51] Bendada-Boulakradeche ; Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (saaf et saaet) : application a la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds ; mémoire de master ; 2011.
- [52] J. Rodier, et al, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8ème Ed., Dunod(Paris), 1996, p: 1383.
- [53] A.Lounnas, Mémoire de Magister, Amélioration des procédés de la station Hamadu de Skikda, Université du 20 Aout 1955 Skikda, 2009, p: 120.

## Références bibliographiques

---

- [54] Degremont,. Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Degremont, ISBN 2-9503984-0-5, 1989, p: 1459.
- [55] H. Hervé, Contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau à usage domestique dans le 5ème arrondissement de la commune de porto-novo-bénin, Université d'environnement et santé, 2005.
- [56] R. Vilagines, Eau, environnement et santé publique, Edition Tee et Doc., Lavoisier, 2000, p: 5-164.
- [57] J. Rodier et al, L'Analyse de l'eau, 9ème édition, Dunod, Paris, 2009, p: 20-256-1002.
- [58] M.Yassmina et D. Salwa, Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa, université de Larbi Tébessi – Tébessa, 2016.
- [59] M. Debabza, Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie), 2005.
- [60] Z. Belala, Mémoire de Magister, Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf-Eltorba de la wilaya de Bechare par filtration sur sable, Université Hassiba Benbouali des sciences et sciences de l'Ingénieur, Bechare (Algérie), 2006, p:128.
- [61] A. Dahel Zanat, Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule Perna perna, Université Badji-Mokhtar, Annaba, 2009, p: 69
- [62] Fondation Nationale de la Santé, MANUEL PRATIQUE D'ANALYSE DE L'EAU, 4ème édition
- [63] Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Ministère du Développement durable de l'Environnement de la Faune et des Parcs Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, École polytechnique de Montréal, Conseil régional de l'environnement des Laurentides, 2003
- [64] M. HAMED, et al, Thèse d'Ingénieur d'état en Biologie Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA, Université des sciences et technologies département des sciences(Bechar), 2012, p: 69

## Références bibliographiques

---

- [65] A. MAIGA, Thèse diplôme d'état (Docteur en Pharmacie) Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Bamako (Mali), 2005, p: 77.
- [66] S. Ghizellaoui, Thèse de magister en chimie analytique et traitement des eaux, Evaluation de la qualité des ressources en eau alimentant la ville de Constantine, prévision de la demande en eau à l'horizon, 2010, p: 13-24
- [67] K. Seghir, Thèse de Doctorat En Géologie Appliquée Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Faculté des Sciences de la Terre de Badji Mokhtar, Annaba(Algérie), 2008, p: 158
- [68] R. Hélène, Thèse d'Ingénieurs du génie sanitaire Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de LanguedocRoussillon(France), 2000, p: 81.
- [69] C. Diop, Mémoire de 4ème Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 2006, p: 43.
- [70] F. Mouffok, Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson, Manuel des travaux pratiquent des eaux. Institut Pasteur d'Algérie 2008, p: 53.
- [71] H. Abdellatif, Mémoire de Licence, Traitement des eaux "traitement de l'eau de source bousfer Oran, Université des Sciences et de la Technologie, Oran, 2006, p: 120.
- [72] S. Ghizellaoui, Thèse de magister en chimie analytique et traitement des eaux, Evaluation de la qualité des ressources en eau alimentant la ville de Constantine, prévision de la demande en eau à l'horizon, 2010, p: 13-24.
- [73] K. Joachim, Mémoire de Licences, Matrise de la qualité des eaux dans les industries agro-alimentaires- : cas de la Sobebra, Haute Ecole de Commerce et de Management de Cotonon (HECM), 2010, p: 57.
- [74] CARDOT, Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A, 1999.

## Références bibliographiques

---

- [75] VALENTIN, Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable. Thèse de doctorat, UTC/Lyonnaise des Eaux/CNRS, 2000.
- [76] M.SASSI, GIAMOU, Oran, Senia.
- [77] B.HANANE, Utilisation de la Magadiite dans l'élimination des métaux lourds : cas du plomb. Thèse de master, Université du Ghardaïa.
- [78] RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L, 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- [79] Garoui hayat, les analyses physico-chimiques de l'eau de rejet par charbon active, universite de Ghardaia, 2017.
- [80] LARPENT J. P. Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1997, 1073 p.
- [81] Rodier et al, L'Analyse de l'eau, Edition 9ème, Dunod, Paris, 2009, p: 120-256-1002.
- [82] Rodier, J. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition Dunod, Paris. 1996, 1384 p.
- [83] ISO, 1994. Qualité de l'eau. Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. NA 1657, ISO 6777. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- [84] ISO, 1994. Qualité de l'eau. Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- [85] RODIER J: Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod, 8ème édition, 2005.
- [86] Titre hydrométrique, aquaportail.com, < <https://www.aquaportail.com/definition-3408-test-gh.html> > (08/04/2018 – 14 :00).
- [87] Cheikh fall , Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal, Université Cheikh Anta Diop Dakar, département de Géographie - Maitrise 2007.

## Références bibliographiques

---

- [88] ISO 6059 –Qualité de l'eau – Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrie a l'EDTA
- [89] NF T90-036, détermination de l'alcalinité titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC), Documentation laboratoire de central ADE, unité de Ghardaïa.
- [90] Norme NA 6945 – Determination des résidu secs, du risedu calciné et du résidu sulfate.
- [91] J. RODIER Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll. « Analyse de l'eau » 9emédition 1511p.
- [92] Mouffok.F, Makhlouf.B et Lebres.E, Guide technique pour l'analyse bactériologique des eaux, laboratoire bactériologique alimentaire et des eaux, Institut pasteur d'Algérie, 1992
- [93] Lebres.E et Mouffok.F, guide pratique d'analyse microbiologique des denrées alimentaires, Laboratoire bacteriologique alimentaire et des eaux, institut pasteur d'Algérie, 1999.

# Annexes



ANNEXES 1



*Photo N°1 : préparation d'hydrogel*



*Photo N°2 : préparation d'hydrogel*



*Photo N°3 : Formation d'hydrogel*



*Photo N°4 : Formation d'hydrogel*



*Photo N°5 : Filtration par pompe à vide*



*Photo N°6 : Support de rinçage*

Annexes



*Photo N° 7 : Opération d'hydrogel*



*Photo N° 8 : Magadiite brut*



*Photo N° 9 : Conductivité mètre*



*Photo N° 10 : Spectrophotomètre*



*Photo N° 11 : turbidité mètre*



*Photo N° 12 : PH mètre*



Annexes

**ANNEXES 2**

**Tableau N° : Normes algérienne de l'eau potable.**

Paramètres	Unités	Normes
PH	Unité PH	$\geq 6.5$ et $9 \leq$
Conductivité	$\mu\text{S/cm}$	2800
Salinité	-	-
Sels dessous (TDS)	-	-
Température	$^{\circ}\text{C}$	25
Turbidité	NTU	5
Nitrites	mg/l	0.2
Nitrates	mg/l	50
Fer	mg/l	0.3
Dureté	mg/l en $\text{CaCO}_3$	200
Calcium	mg/l en $\text{CaCO}_3$	200
Magnésium	-	-
TAC	-	-
Résidu sec (R.S)	mg/l	1500
Sulfates	mg/l	400
Entérocoques	germe/ml	0
Bactéries sulfite-réducteur	germe/ml	0
Coliformes totaux	-	-
Germes aérobies mésophiles totaux	-	-

## ملخص:

لطالما كانت مياه المنابع عرضة للتلوث عبر العصور و خاصة في وقتنا الحاضر نظرا لكثرة مصادر التلوث و انتشارها .

في هذا العمل نهدف إلى تصنيع مادة ميكرو مسامية آمنة بيئيا على مستوى المخبر و استخدامها لمعالجة مياه منبوعين في ولاية غرداية ، بعد تصنيع المادة المسماة magadiite قمنا بإجراء فحوصات الخصائص التقنية عليها، و قمنا بتطبيقها على العينتين و إجراء تحاليل المياه قبل و بعد المعالجة التي أظهرت فعاليتها في تقليل نسبة التلوث .

**الكلمات المفتاحية:** مياه المنابع ، التلوث ، مادة ميكرو مسامية ، تحاليل المياه، magadiite.

## Résumé :

L'eau de source a toujours été vulnérable à la pollution à travers le temps, surtout à l'heure actuelle à cause de l'abondance et de la propagation de la pollution.

Dans ce travail nous visons à synthétiser un matériau microporeux Sécuritaire sur l'environnement au niveau du laboratoire et l'utiliser pour traiter eau de source de deux points dans la wilaya de Ghardaïa, après la synthèse du matériau appelé magadiite, nous avons effectué des analyses de caractérisation techniques, Après l'utiliser aux deux échantillons et effectuer les analyses avant et après traitement qui s'est avéré efficace pour la diminution de taux de pollution.

**Mots clés :** eau de source, pollution, matériau microporeux, analyse des eaux, magadiite.

## Abstract :

Spring water has always been Exposed to pollution through the ages, especially now because of the abundance and spread of pollution.

In this work we aim to synthesize a microporous material Safe on the environment at the laboratory level and use it to treat two-point of spring water in the state of Ghardaia, after the synthesis of the material called magadiite, we conducted out analyzes of Technical characterization, after use it in two samples and perform the analysis before and after the treatment that has proven effective in Reducing Pollution rate.

**Keywords :** Spring water, adsorption, pollution, water analyzes, magadiite.