

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



Domaine : **SCIENCE DE LA MATIERE**

Filière : **CHIMIE**

Spécialité : **CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT**

Mémoire de Master

Thème

Récupération d'hydroxydes métalliques dans les boues de traitement des eaux de surface.

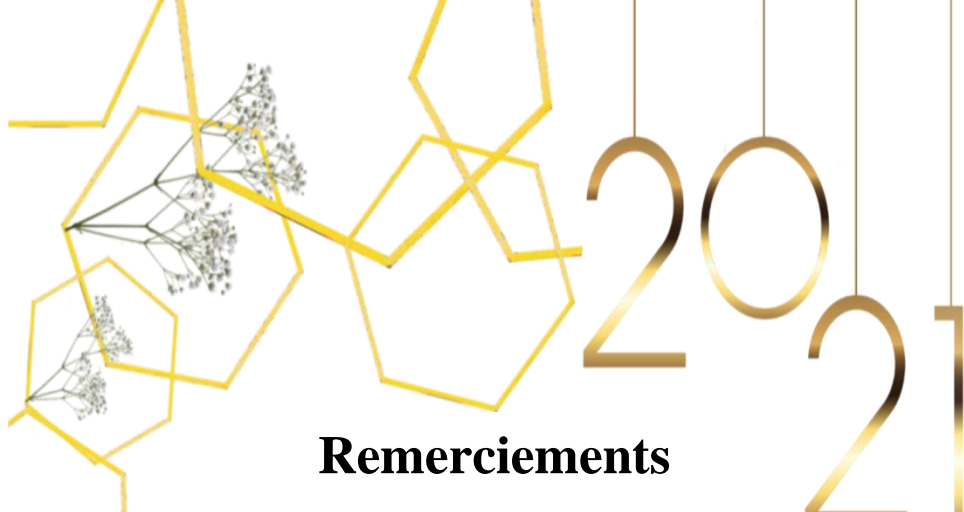
Présenté par : **ZOUAD** *Fatiha*

BELHADJ *Dahbia*

Soutenu, le 18/10/2021 devant le Jury composé de :

M^r YEFSAH Saïd	Professeur	U.M.M.T.O	Président
M^{me} BELAICHA Nacira	M.A.A	U.M.M.T.O	Examinatrice
M^{me} AIT MEDJBER Farida	M.C.B	U.M.M.T.O	Promotrice

Session 2020 / 2021



Remerciements

*Nous exprimons nos profondes gratitudee et respectueuse reconnaissance à notre promotrice **Madame AIT MEDJBER F.** pour son encadrement, ses orientations et ses encouragements afin de donner le meilleur de nous –même et pour son suivi durant la formation et de la préparation de notre mémoire de fin d'études.*

*Nous vifs remerciements vont au professeur **YEFSAH S.** d'avoir accepté de présider le jury, ainsi nous tenons également à remercier **Madame BELAICHA N.** qui nous a fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier **Madame KHALI M.,** le cadre analyse laboratoire pour l'intérêt porté à notre travail, ainsi que **Monsieur REBAH M.S.,** ingénieur d'exploitation, de nous avoir accueilli au sein de la station de traitement d'eau **TAKSEBT (SEAAL),** merci pour votre appui, pendant notre séjour de recherche.*

*Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des techniciens du Laboratoire de cinétique du département de chimie, **UMMTO,** pour leur générosité et leur aide.*

*A tous le corps enseignant et administratif de la faculté des sciences département de chimie de **l'U.M.M.T.O.***

Enfin, nos derniers remerciements et non les moindres vont à nos familles pour leur soutien moral et leur aide, ainsi que tous nos amis qui nous ont soutenu et aidé tout au long de cette étude et toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail de près ou de loin.





Dédicace

Je dédie cet humble travail avec fierté :

*A ma chère mère "**Taoues**"*

« Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée ».

*A mon cher père "**Mouloud**"*

« L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie ».

*A ma chère sœur "**Nacira**"*

*« Celle qui n'a jamais cessé de m'encourager, m'aider et me soutenir tout au long de mes études. Que Dieu te protège ainsi que ton petit ange "**Jad**", source de joie et de bonheur ».*

*A ma chère sœur "**Ourida**" et mes chers frères "**Remdane**", "**Lounis**" et "**Ahcene**"*

En témoignage d'amour et d'affection qui nous attachent, et en signe de reconnaissance et les sacrifices dont ils ont fait toujours preuve à mon égard.

A mes chers amis qui sans leurs encouragements ce travail n'aurait sans doute pas vu le jour.

A toute ma famille et tous ceux que j'aime.

*Sans oublier mon binôme "**Dahbia**" pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de notre projet.*

Fatima



A ma chère mère "**Fatma**"

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect et mon amour éternel. Ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été une source de force. Puisse Dieu, le très haut, t'accorder santé, bonheur et longue vie.

A la mémoire de mon cher père "**Rabah**"

Ce travail est dédié à mon père, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études, je ne saurais exprimer mon chagrin en son absence. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, puisse être fière de sa fille et que ce travail soit une prière sur son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

A mes adorables sœurs **Djedjiga, Salema, Amel.**

A mes deux frères **Kamel et Toufik.**

A mes nièces **Malak, Cyrine, Nesrine.**

A ma chère binôme **Fatiha** qui a partagée avec moi les bons et les durs moments.

A mes amies **Amel, Naima, Yasmine, Razika.**

A toute la promo de chimie de l'environnement 2020/2021.

A ceux qui m'aiment qui font partie de ma vie, et qui m'ont tout données.

DAOUBOJA

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Introduction..... 2

I.1 Les eaux de surface..... 2

I.2 Origine de la pollution des eaux de surface..... 2

I.2.1 Pollution d'origine naturelle..... 2

I.2.2 Pollution par les eaux pluviales..... 3

I.2.3 Pollution par les pluies acides..... 3

I.2.4 Pollution par les eaux domestiques..... 3

I.2.5 Pollution Agricoles..... 3

I.2.6 Pollution Industrielles..... 4

I.2.7 Pollution induite par les substances associées au traitement de l'eau..... 4

I.3 Les différents types de polluants..... 4

I.3.1 Polluants chimiques..... 4

I.3.2 Polluants physiques..... 4

I.3.3 Polluants organiques..... 4

I.3.4 Polluants biologiques..... 5

I.4 Paramètres globaux de la qualité des eaux..... 5

I.4.1 Paramètres organoleptiques..... 5

a. Couleur..... 5

b. Odeur et saveur..... 5

c. Turbidité..... 5

I.4.2 Paramètres physico-chimiques..... 5

a) Température..... 5

b) Dureté..... 6

c) PH..... 6

d) Chlore.....	6
e) Conductivité électrique.....	6
f) Salinité.....	6
g) Minéralisation globale.....	6
h) Sodium (Na^+).....	7
I.4.3 Paramètres de Pollution organique.....	7
a) Nitrites (NO_2^-) et Nitrates (NO_3^-).....	7
b) Phosphates (PO_3^{4-}).....	7
c) Azote ammoniacal.....	7
d) La demande biochimique en oxygène (DBO5).....	7
e) La demande chimique en oxygène (DCO).....	7
f) Les algues.....	8
I.4.4 Paramètres indésirables.....	8
a) Fer.....	8
b) Manganèse.....	8
c) Cuivre.....	8
d) Aluminium.....	8
I.4.5 Paramètres de toxicité.....	9
a. Cadmium (Cd).....	9
b. Cyanures (CN^-).....	9
c. Chrome (Cr).....	9
I.4.6 Paramètres microbiologiques.....	9
I.5 Différents procédés de traitement des eaux de surface.....	9
I.5.1 Traitement physico-chimique.....	10
1. Le Prétraitement.....	10
2. Le traitement de clarification par coagulation- floculation.....	10
3. Décantation.....	11
4. Filtration.....	11
I.5.2 Traitement biologique (bactéricide et virulicide).....	13
I.6 Présentation de la station de traitement d'eau de Taksebt (SEAAL).....	13

I.6.1 Capacité de la station.....	13
I.6.2 Ouvrages de la station et réactifs injectés.....	14
1. La chambre de dissipation.....	14
2. La chambre de mélange.....	15
3. Décanteurs.....	16
4. By pass Canal Parshall et flocculateurs.....	16
5. Filtres	17
a. Colmatage des filtres.....	18
b. Nettoyage des filtres.....	18
6. Traitement des eaux de lavage.....	18
7. Dessableurs.....	18
8. Evacuation des boues du clarificateur.....	19
a. Les bassins d'équilibrage.....	19
b. Les épaisseurs.....	20
c. Les bassins de lagunage.....	20
I.7 La précipitation.....	21

Chapitre II : Matériels et méthodes expérimentales

II.1 Matériels et produits utilisés.....	22
II .1.1 Préparation de la solution de l'eau régale à (1M).....	22
II.1.1.1 Calcul des concentrations de HCl et HNO ₃	22
II.1.1.2 Calcul des volumes de dilution des solutions à 1 M.....	23
II.1.2 Préparation de la solution de l'hydroxyde de sodium à 4 M.....	23
II.1.3 Procédé de séparation des deux phases et séchage de la boue.....	23
II.1.4 Mise en solution de la boue	25
II.1.5 Précipitation de la solution jaune par NaOH 4M	26
II.1.6 Deuxième précipitation de la solution par NaOH 4 M.....	26
II.2 Techniques et méthodes de caractérisation	27
II.2.1 Analyses physico-chimiques.....	27
a. Absorbance à 254 nm.....	27
b. Mesure de la conductivité.....	27
c. Mesure de la turbidité.....	28
d. Mesure du pH.....	29

II.2.2 Méthodes de caractérisation.....	29
a. Diffraction des rayons X sur poudre (DRX).....	29
b. Observation par microscope électronique à balayage (MEB).....	29
c. Mesure de la densité d'une poudre.....	30
d. Spectroscopie infrarouge	30

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Analyses physico-chimiques des phases liquides A et B	31
III.2 Techniques de caractérisation des poudres	33
III.2.1 Observations par microscopie électronique à balayage MEB.....	33
III.2.2 Diffraction des rayons X (DRX).....	34
III.2.3 Mesure de la densité des poudres.....	35
III.2.4 Caractérisation par spectroscopie infrarouge.....	35
Conclusion générale.....	37

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

C	Concentration.
°C	Degré Celsius.
CAG	Charbon actif en grains.
CAP	Charbon actif en poudre.
CMA	concentration maximale admissible.
DBO5	Demande biologique en oxygène pendant 5 jours.
DCO	Demande chimique en oxygène.
DN	Diamètre Nominal.
DRX	Diffraction des rayons x.
H+	Ion d'hydrogène.
IR	Infrarouge.
M	Masse molaire.
MEB	La microscopie électronique à balayage.
MES	Matières en suspension.
n	Nombre de moles.
UTN	Unité de Turbidité Néphélométrique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
pH	Potentiel d'hydrogène.
PVC	Polychlorure de vinyle.
SEAAL	Société des eaux et d'assainissement d'Alger.
SPC	Sous-produits de chloration.
S/Cm	Siemens par centimètre.
T	Température.
TH	Titre hydrotimétrique.
THM	Les trihalométhanes.

Liste des figures

Figure I.1 : Chambre d'arrivée de l'eau brute.....	14
Figure I.2 : Différentes injections de produits chimiques (a) de KMnO_4 , (b) du Cl_2 , (c) de l' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, (d) du CAP, (e) de H_2SO_4	15
Figure I.3 : Décanteurs.....	16
Figure I.4 : Flocculateur rotatif à barrières.....	17
Figure I.5 : Les filtres.....	17
Figure I.6 : Dessableurs.....	19
Figure I.7 : Le bassin de lagunage.....	20
Figure I.8 : Diagramme de Pourbaix de l'Aluminium.....	21
Figure I.9 : Diagramme de Pourbaix de Fer.....	21
Figure II.1 : Protocole de séparation des phases.....	24
Figure II.2 : Protocole de séchage de la boue.....	24
Figure. II. 3 : Protocole de mise en solution de la boue.....	25
Figure. II.4 : Protocole de dosage de la solution jaune orangé par NaOH	26
Figure. II. 5 : Protocole de dosage de la solution transparente par NaOH	26
Figure II.6 : Spectrophotomètre.....	27
Figure II.7 : Conductimètre.....	28
Figure II.8 : Turbidimètre.....	28
Figure II.9 : pH mètre.....	29
Figure III.1 : Image MEB de la poudre marron.....	33
Figure III.2 : Image MEB de la poudre blanche.....	33
Figure III.3 : Diffractogramme de rayons X de la poudre marron	34
Figure III.4 : Diffractogramme de rayons X de la poudre blanche.....	34
Figure III.5 : Spectroscopie IR de la poudre marron.....	35
Figure III.6 : Spectroscopie IR de la poudre blanche.....	36

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les matériaux filtrants les plus couramment utilisés.....	12
Tableau II.1 : Liste des produits et matériels utilisés.....	22
Tableau II.2 : Caractéristiques des deux acides utilisés	22
Tableau III.1 : Résultats physico-chimiques de l'analyse à $T_{\text{ambiante}}= 26,6^{\circ}\text{C}$	31
Tableau III.2 : Résultats physico-chimiques de l'analyse à $T=50^{\circ}\text{C}$	31
Tableau III.3 : Résultats physico-chimiques de l'analyse à $T = 4,7^{\circ}\text{C}$	32
Tableau III.4 : Les densités théoriques et expérimentales.....	35
Tableau III.5 : Les bandes caractéristiques des hydroxydes.....	36

Introduction générale

L'eau est à l'environnement ce que le sang est à l'organisme humain, elle est essentielle à la survie de la faune et de la flore. Nous devons faire tout ce qui est possible de faire afin de maintenir sa qualité pour les générations actuelles et futures. Par ailleurs, il est certain que nos besoins en eau ne cesseront de croître alors que les réserves en eau de bonne qualité diminuent.

Ces dernières décennies témoignent d'un grand développement de nouvelles méthodes de traitement des eaux.

L'une des méthodes utilisée pour obtenir une eau consommable est le traitement des eaux de surfaces. Pour cela, des coagulants minéraux sont utilisés afin de rendre l'eau claire et potable. Les sels d'aluminium s'avèrent être très efficaces pour répondre aux normes de la turbidité. Cependant, leur utilisation génère un désagrément qui est la persistance des ions d'aluminium et éventuellement d'autres ions à la fin du traitement. Ces ions sont indésirables et toxiques pour la santé humaine [1].

La production d'eau destinée à la consommation humaine, génère des sous-produits que l'on rassemble souvent sous une appellation *boues hydroxydes ou boues de clarification*. Ce sont les boues les plus difficiles à traiter, elles contiennent généralement peu de matières dégradables, leurs volumes sont très faibles, comparés à ceux des boues urbaines générées par les stations d'épuration des eaux usées qui sont riches en matières organiques (50 à 70 %) [1].

Ces boues de clarification sont volumineuses, de consistance gélatineuse, contiennent à côté de l'hydroxyde d'aluminium tous les composés que recèle la croûte terrestre dans des proportions variant avec les saisons et la nature géologique du terrain traversé par l'eau brute : argile, micro-organismes, matières organiques et inorganiques [2].

L'objectif de cette étude est l'analyse de cette boue gélatineuse.

Le mémoire est constitué de trois chapitres principaux :

Après une introduction générale, le premier chapitre englobe une étude bibliographique sur la pollution des eaux, en particulier les eaux de surface et une présentation de la station de traitement des eaux de Taksebt (SEAAL), quand au deuxième chapitre celui-ci est consacré à la présentation des matériels et des méthodes expérimentales utilisés ainsi que les analyses effectuées. Le troisième chapitre regroupe les résultats obtenus et leurs interprétations, finalement, ce modeste travail s'achève par une conclusion générale.

Synthèse bibliographique

Introduction

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées d'eaux souterraines (nappes souterraines....) des eaux terrestres (barrages, lacs, rivières....), et en eaux de mer. Les ressources mondiales en eau exprimée en millions de mètres cubes sont estimées à 1350 pour les eaux salées, 33,6 pour les eaux douces et 74,4 en neige et glace [3].

La qualité et la disponibilité de la ressource en eau est sans conteste l'un des grands enjeux de notre siècle. Sa préservation passe par une meilleure gestion des polluants, essentiellement issus des activités humaines. Voyons d'où vient la pollution de la ressource en eau et quelles mesures existent pour la contrôler et réduire la menace qu'elle fait peser sur notre environnement.

I.1 Les eaux de surface

Les eaux de surface, également appelées eaux superficielles, sont constituées, par opposition aux eaux souterraines, de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère.

Par conséquent, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des mers, des lacs et des eaux de ruissellement. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ses matières en suspension sont variables selon la pluviométrie et la nature et relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets ; elle retient peu les nitrates. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone [4].

I.2 Origine de la pollution des eaux de surface

La pollution des eaux participe grandement à la pollution de la planète, elle est principalement due à différentes origines.

I.2.1 Pollution d'origine naturelle

La pollution naturelle, liée aux surfaces non urbanisées est essentiellement due aux phénomènes d'érosion et au cycle naturel de la végétation, les polluants issus de ces surfaces sont surtout des particules minérales, de la matière organique et des composés physico-chimiques [5].

I.2.2 Pollution par les eaux pluviales

L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), ce qui fait une partie des polluants atmosphériques urbains sont entraînés vers le sol lors des périodes pluvieuses [6].

I.2.3 Pollution par les pluies acides

L'acidification des pluies résulte essentiellement de la pollution de l'air par l'anhydride sulfureux et l'oxydes d'azote provenant de diverses activités industrielles. Dans l'atmosphère, ces gaz sont oxydés et convertis respectivement en acides sulfurique et nitrique ce qui contribue à acidifier les précipitations. Ces pluies acides causent des dommages aux forêts et acidifient le système aquatique [7].

I.2.4 Pollution par les eaux domestiques

Les eaux usées domestiques se présentent comme un mélange complexe de matières non dissoutes dans une solution aqueuse de matières organiques et minérales. Les principaux composés organiques sont des graisses, des savons, des protides et des glucides ainsi que leurs produits de décomposition [8].

I.2.5 Pollution Agricoles

La pollution d'origine agricole s'est intensifiée depuis quelques années. Elle concerne surtout l'épandage d'engrais chimiques (nitrates, phosphates) les herbicides, insecticides et d'autres produits phytosanitaires et les excédants de déjection animale provenant d'effluents d'élevages qui enrichissent les cours d'eaux en divers produits azotés destinés à protéger les cultures. [9]

Ces produits peuvent agir sur le milieu récepteur soit par une pollution directe par la nocivité des produits (herbicides, insecticides) soit indirectement par l'apport des sels nutritifs qui favorisent la prolifération des algues qui abaissent le taux d'oxygène et gêne la vie aquatique lors de l'eutrophisation.[10]

I.2.6 Pollution Industrielles

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration [11]

I.2.7 Pollution induite par les substances associées au traitement de l'eau

La chloration de l'eau dans le but de la rendre potable est un procédé très répandu et reconnu efficace. Le chlore, en présence de matières organiques, entraîne la formation de plusieurs sous-produits de chloration (SPC) potentiellement cancérigènes comme par exemple les trihalométhanes (THM) [12].

Le sulfate d'aluminium est un produit utilisé pour coaguler les substances contenues dans l'eau. L'eau ainsi traitée présente des concentrations d'aluminium plus élevées que dans l'eau non traitée. La toxicité de l'aluminium a été étudiée en relation avec la maladie d'Alzheimer qui influe sur la mémoire et le comportement des personnes atteintes [12].

I.3 Les différents types de polluants

I.3.1 Polluants chimiques

Les polluants chimiques sont des sels minéraux dissous tel que des chlorures, des sulfates et des micropolluants tels que les métaux lourds (plomb, chrome) et les pesticides tels que les herbicides, insecticides, fongicides, .etc. Les détergents sont des tensioactifs utilisés en pratique pour le dégraissage, nettoyage, et autres. De même que les hydrocarbures qui sont déversés par les stations service et les huiles industrielles [13]

I.3.2 Polluants physiques

Parmi les polluants physiques : l'élévation de la température de l'eau de surface diminue la solubilité des gaz dans l'eau, en particulier l'oxygène, l'introduction des particules en suspension de nature organique ou minérale dans l'eau de surface par les eaux de ruissèlement d'effluent industriel et urbain et la radioactivité qui est potentiellement la plus dangereuse [13].

I.3.3 Polluants organiques

L'eau se charge en matières biodégradables ou non, et constitue un milieu nutritif favorable au développement des microorganismes notamment les pathogènes [13].

I.3.4 Polluants biologiques

La pollution biologique peut être de nature virale, parasitaire ou bactérienne. Ces microorganismes sont nuisibles pour la santé et entraînent un déficit en oxygène dissous et un dégagement des odeurs désagréables [13].

I.4 Paramètres globaux de la qualité des eaux

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres pour préserver la santé du consommateur.

I.4.1 Paramètres organoleptiques

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

a. Couleur

Une eau potable ne doit pas présenter de couleur. Cependant, la coloration de celle-ci est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [14].

b. Odeur et saveur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, le déceler [14].

c. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques ...etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace [14].

I.4.2 Paramètres physico-chimiques

Parmi ces paramètres :

a) Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau [14].

b) Dureté

On appelle dureté ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations sont supérieures à 1 mg /l. La dureté d'une eau exprime l'aptitude de cette dernière à réagir et à faire mousser du savon [15].

c) PH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau (concentration en ions d'hydrogène H⁺).

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. On admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale [16].

d) Chlore

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [17].

e) Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (s/cm): $1\text{S /m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3\text{S/m}$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un goût salé (variable selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage) [18].

f) Salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner. [19].

g) Minéralisation globale

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'Homme et surtout de l'enfant. [20].

h) Sodium (Na^+)

Le sodium est un métal alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ion Na^+ c'est un élément constant de l'eau, mais sa teneur peut y varier considérablement, d'une façon générale. Il est très soluble dans l'eau et se trouve à des concentrations plutôt faibles dans les eaux brutes. Il affecte les qualités organoleptiques de l'eau lorsque sa concentration dépasse 200 mg/l [22].

I.4.3 Paramètres de Pollution organique**a) Nitrites (NO_2^-) et Nitrates (NO_3^-)**

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque soit à la réduction des nitrates. Ils sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité [14]. Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, ils se trouvent naturellement dans les eaux souterraines [14]. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/l dans les eaux superficielles [15].

b) Phosphates (PO_3^{4-})

Ces sels peuvent être présents dans les eaux sous des formes et des concentrations variables comme l'acide phosphorique des effluents d'usine d'engrais phosphatés, les phosphates des eaux usées domestiques et des purges de chaudières ainsi que les polyphosphates et l'hexaméta-phosphate de circuits de refroidissement [22].

c) Azote ammoniacal

La présence de l'azote ammoniacal résulte de rejets animaux ou humains, la raison pour laquelle, elle est considérée comme un signe de contamination d'une eau superficielle ou souterraine [15].

d) La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO5 mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour cette mesure, la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours est prise comme référence [23].

e) La demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg/l [23].

f) Les algues

Les composés produits par les algues, à l'origine des goûts et des odeurs dans l'eau potable, comprennent des aldéhydes, des alcanes, des alcènes, des alcools et des esters. La population algale peut être notamment influencée par des activités agricoles et urbaines dans le bassin versant [24].

I.4.4 Paramètres indésirables

L'eau présente certains éléments dits indésirables, qui devraient être pris en considération. Parmi ces éléments on trouve :

a) Fer

La présence du fer dans l'eau provient principalement : du lessivage des sols, avec dissolution des roches et minerais, de la corrosion des canalisations métalliques, de l'utilisation de sels ferriques comme coagulants et des rejets des secteurs industriels qui traitent le fer et il se trouve sous trois formes : le fer ferreux, le fer ferrique et le fer complexé à des matières organiques (acides humiques, fulviques,.....) et minérales (silicates, phosphates, ...).

Pour des raisons de qualité esthétique ou organoleptique, la concentration du fer dans l'eau potable est inférieure ou égale à 0,3 mg/l [25].

b) Manganèse

Le manganèse se trouve dans l'eau à l'état soluble, en suspension ou sous forme complexe. La présence de cet élément en forte concentration donne mauvais goût aux boissons. La concentration de manganèse dans l'eau potable a été fixée à une valeur inférieure ou égale à 0,05 mg/l [25].

c) Cuivre

Le cuivre est un élément essentiel pour le métabolisme humain et sa carence entraîne divers troubles cliniques, notamment l'anémie nutritionnelle chez les nourrissons [30]. Pour assurer la potabilité de l'eau l'objectif a été fixé à une valeur inférieure ou égale à 1,0 mg/l [25].

d) Aluminium

L'aluminium, très répandu sur la terre, il vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium. Il existe sous forme d' Al^{3+} , dans une solution et précipite sous forme de Trihydroxyde $Al(OH)_3$ qui se dissout sous forme d'aluminate AlO_2^- sa toxicité varie suivant la forme chimique (spéciation) [20].

En général, la quantité d'aluminium susceptible d'être retrouvée dans l'eau de distribution est limitée à 0,2 mg/l [31].

I.4.5 Paramètres de toxicité

Parmi les éléments qui présente les paramètres de toxicité :

a. Cadmium (Cd)

Des sources artificielles telles que les rejets industriels et la pollution agricole peuvent conduire, à une contamination des eaux dans la mesure où le cadmium est utilisé en agriculture (engrais produits à partir de minerais de phosphates). La CMA est fixée à 5 µg/l et l'OMS a fixé une valeur guide de 3 µg/l [27].

b. Cyanures (CN⁻)

Les cyanures, sont présents dans les eaux sous différentes formes d'acide cyanhydrique ou prussique, sous forme d'ions cyanure et de cyanure complexe et proviennent généralement des eaux résiduaires industrielles [14].

c. Chrome (Cr)

Le chrome sous forme trivalente et à l'état de trace est connu comme étant un oligoélément nécessaire à l'organisme, et intervient dans divers réactions biochimiques du métabolisme des glucides et des lipides principalement. L'absorption excessive du chrome (III) peut aussi provoquer des problèmes de santé tout comme des perturbations du métabolisme en l'occurrence le diabète [28].

I.4.6 Paramètres microbiologiques

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries aérobies. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques [29].

I.5 Différents procédés de traitement des eaux de surface

Dans la mesure où les sources souterraines traditionnelles ne suffisent plus à assurer la demande en eau potable, il s'est avéré nécessaire, sinon indispensable d'utiliser les eaux de surface.

Ainsi, les eaux de surface devraient subir des modifications physiques, chimiques et biologiques qui les rendent potables. Pour cela il faut les traiter par des moyens appropriés très coûteux et qui demandent une main d'œuvre spécialisée. Ces traitements correcteurs qu'on applique aux eaux de surface sont assez stéréotypés donc n'éliminent pas toujours tout ce qui est connu ou méconnu et qui demanderait d'être éliminé [30].

Pour traiter ces eaux superficielles, nous avons deux types de procédés de traitements :

Le traitement de clarification doit nous fournir une eau inodore, insipide, incolore, et présenter toutes les garanties sur le plan physico-chimique et biologique.

I.5.1 Traitement physico-chimique

Les procédés physico-chimiques se font en trois phases ;

1. Le Prétraitement

D'abord, Il consiste à faire un dégrillage et un dessablage afin d'éliminer les particules de grosses tailles, le sable, et les branches

Ensuite, l'eau passe par un bassin de sédimentation ou bassin de débouage pour que les particules supérieures à 1 micron de diamètre se décantent naturellement [30].

2. Le traitement de clarification par coagulation-floculation

Il consiste à agréger sous forme de floes, les matières en suspensions organiques et minérales et les substances colloïdales. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, se décantent au fond du bassin de décantation ou elles sont régulièrement extraites.

Par contre, l'eau surnageant est filtrée soit sur sable (afin d'éliminer les fines particules en suspension qui restent), soit sur charbon actif (afin d'éliminer les couleurs et les odeurs dues à la matière organique). Nous noterons qu'il existe d'autres procédés de décantation tels que la flottation, le lit de boue ascensionnel [30].

La coagulation floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux. Il réside dans la formation, par addition de coagulant, trames floconneuses appelés « floes ».

- Le mécanisme de la coagulation est un processus de déstabilisation de particules colloïdales, par les polymères d' Al^{+3} et Fe^{+3} puis leur agrégation [30]. Parmi ces coagulants, les sels d'aluminium (Sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$, 14 ou 18 H_2O ,

Aluminate de sodium NaAlO_2) [31] et les sels de fer (chlorure ferriques FeCl_3 , les sulfates ferriques cristallisés en poudre $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ et le sulfate ferreux en poudre $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) [32].

- La floculation est une partie du processus pour le transport et la mise en contact des particules déstabilisées [30]. Il existe deux types de floculants minéraux et naturels

3. Décantation

La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau, elle est utilisée pratiquement dans toutes les usines de traitement des eaux. [33] :

- Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement ;
- L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration ;

Il existe deux grands types de décanteurs : les décanteurs à flux horizontal et à flux vertical.

4. Filtration

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des matières en suspension présentes à l'origine de l'eau brute ou issu de floculation, en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques (liaison Vander Waals).

- L'espace inter-granulaire définit la capacité de rétention de filtre.
- La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité. [34].

Il existe plusieurs types de filtration pour le traitement des eaux potables, en fonction de l'objectif à atteindre à la fin du processus. Parmi ces techniques, on trouve la filtration lente [35] et la filtration rapide [36].

Tableau I.1 : Les matériaux filtrants les plus couramment utilisés [37].

Matériau	Nature	Fonction principale
Sable	Matériau naturel inerte à base de grains de quartz	<ul style="list-style-type: none"> - Rétention de MES non retenues par l'étape de décantation. - Support de développement de bactéries permettant l'élimination par voie biologique de certains composés (Ammoniaque, fer, manganèse). - Protection des ouvrages situés en aval vis-à-vis du passage de microorganismes déjà évolués.
Pierre ponce	Silicate d'alumine d'origine volcanique (matériau très poreux).	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sable - Utilisé le plus souvent en bicouche en association avec le sable.
Anthracite	Matériau inerte (charbon d'origine minéral) grains durs et anguleux.	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sable mais surtout la rétention des MES. - Utilisé le plus souvent en bicouche en association avec le sable
Charbon actif en grains (CAG)	Matériau à base de carbone obtenu par calcination et activation de bois, houille, tourbe ou noix de coco	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des qualités organoleptiques de l'eau traitée (adsorption de composés sapides liés à la présence d'hydrocarbures, phénols, algues). - Support de développement de bactéries permettant l'élimination par voie biologique de certains composés, (Ammoniaque, fer, manganèse). - Barrière de protection vis-à-vis de pollutions accidentelles (pesticides). - Utilisé seul ou en bicouche avec le sable. - Action de déchloration si le taux de chlore est élevé en amont de la filtration.
Neutralité	Matériaux à base de carbonates de calcium	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisés spécifiquement pour la mise à l'équilibre des eaux agressives. - Barrière physique médiocre.
Dioxyde de manganèse	Matériau minéral naturel (pyrolusite + dioxyde de fer et de silice)	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisé le plus souvent en bicouche avec le sable - Utilisé spécifiquement pour l'élimination du fer et du manganèse (adsorption + oxydation catalytique).

I.5.2 Traitement biologique (bactéricide et virulicide)

Cette étape est aussi appelée affinage car c'est la phase d'inactivation et éventuellement de destruction des bactéries et des virus grâce à l'action d'oxydants variés. Afin d'éliminer les maladies et pour assurer la satisfaction de ces désinfectant doit répondre a certain condition :

- Il doit détruire assez rapidement les germes indicateurs de pollution quelques soient leur nature et leur quantité, et il ne doit avoir aucun effet toxique;
- Il doit être fiable et facile à manipuler, et sa concentration dans l'eau doit être déterminée très facilement et avec précision ;
- Il ne doit pas se désagréger très rapidement, ni s'allier à certains composants de l'eau. [33].

I.6 Présentation de la station de traitement d'eau de Taksebt (SEAAL)

Cette station, mise en service en juillet 2008, a été construite par SNC LAVALIN /DEGREMONT puis exploitée par SNC LAVALIN jusqu'en 2013. Elle a été reprise en gestion par SEAAL le 18 juillet 2013 et est désormais le plus important ouvrage de traitement d'eau géré par la SEAAL. C'est aussi la plus importante station de traitement d'eau potable algérienne, en capacité. Elle a une vocation régionale, puisqu'elle alimente 25 communes et assure l'approvisionnement de trois wilayas, Alger, Boumerdès, et Tizi-Ouzou.

Alimentée à partir du barrage de Taksebt (capacité de 181 Millions m^3), elle est constituée d'une usine de traitement de 605 000 m^3/j , dotée d'une filière classique coagulation, floculation, décantation, filtration et de dernière génération. Elle dispose d'une capacité de stockage, sur site, de 28 000 m^3 .

Le projet Taksebt, dans son ensemble, comprend également une station de pompage de 613 000 m^3/j (5 groupes de pompes + 1 en secours de 1.42 m^3/s), 98 km d'adduction dont 10 km en tunnel et 196 équipements hydrauliques.

I.6.1 Capacité de la station

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de 605 000 m^3/j (7 000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m^3/j .

- Débit d'eau brute : 616 000 m^3/j
- Volume des boues extraites des clarificateurs : 7 400 m^3/j
- Volume des boues extraites des filtres : 3 600 m^3/j
- Production d'eau traitée 605 000 m^3/j

La capacité hydraulique nominale de la station est de 647 000 m³/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute. Les variations de débits d'eau traitée prévues sont :

- Débit minimum 202 000 m³/j
- Débit moyen 474 000 m³/j
- Débit maximum (nominale) 605 000 m³/j
- La station de traitement des eaux est composé de :
- 1 chambre de dissipation et de mélange
- 8 décanteurs
- 24 filtres
- 3 bâches à eaux de lavage
- 2 épaisseurs

I.6.2 Ouvrages de la station et réactifs injectés

1. La chambre de dissipation

La chambre d'arrivée possède un volume de 430 m³ assurant un temps de rétention de 60 secondes au débit d'eau brute maximal de 616 000 m³/d.

L'injection de chlore, de sulfate d'aluminium, d'acide sulfurique, de permanganate de potassium et de charbon actif en poudre s'effectue dans cette chambre. Le mélange des produits chimiques est réalisé dans les trois déversoirs vers la chambre de mélange.



Figure I.1 : Chambre d'arrivée de l'eau brute

2. La chambre de mélange

La chambre de mélange possède un volume de 450 m^3 permettant un mélange et un temps de contact suffisant (1,00 min. à $647\,000 \text{ m}^3/\text{d}$) des produits chimiques avant leur répartition vers les clarificateurs.

La chambre est munie de chicanes afin d'éviter les écoulements préférentiels, favorise un mélange adéquat et assure des vitesses suffisantes pour minimiser le dépôt de sédiments (vitesse de débit est entre $0,25 \text{ m/s}$ et $0,75 \text{ m/s}$).



Figure I.2 : Différentes injections des produits chimiques

(a) : Injection de KMnO_4 , (b) : Injection du Cl_2 , (c) : Injection l' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

(d) : Injection de CAP et (e) : Injection de H_2SO_4 .

3. Décanteurs

A la sortie de la chambre de mélange, il y a l'ajout de polymère (adjuvant de floculation) qui permet la formation de floccs facilement décantés. L'eau est répartie dans des décanteurs dont le débit maximal théorique unitaire est de $4500 \text{ m}^3/\text{h}$. Une partie des MES décantées est conservée au fond de l'ouvrage formant un lit de boue qui occupe un volume apparent variable selon sa densité et la vitesse d'eau.



Figure I.3: Décanteurs.

4. By pass Canal Parshall et flocculateurs

Les canaux de by-pass sont utilisés lorsque la qualité de l'eau brute ne nécessite pas l'utilisation de la décantation pour atteindre les critères de qualité d'eau traitée.

L'eau brute est introduite dans chaque canal du by-pass par une vanne murale. Le débit est mesuré dans un canal de type Parshall et un polymère est injecté proportionnellement au débit.

L'objectif de l'injection du polymère est d'améliorer la performance de filtration en provoquant l'agrégation de particules fines en floccs. Ensuite l'eau est dirigée vers les flocculateurs rotatifs à barrières ayant comme fonction le mélange d'eau et de polymère. L'eau sortie de chaque canal du by-pass est déversée dans le canal d'eau décantée.



Figure I.4 : Flocculateur rotatif a barrières.

5. Filtres

L'eau venant des décanteurs ou des flocculateurs est répartie entre les **24** filtres à sable de granulométrie homogène (type Aquazur V), (**Figure I.9**) Les filtres fonctionnent en alternance par groupe de **12**. Leur rôle est d'éliminer les matières en suspension par filtration. L'eau est ensuite filtrée par gravité à travers la couche de sable.

a. Colmatage des filtres

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existants entre les éléments constitutifs de la matière filtrante, c'est donc le colmatage de filtre qui doit être nettoyé pour le remettre en service.



Figure I.5: Les filtres.

Après l'injection du chlore à l'eau filtrée (post chloration), des cuves de contact débouchant sur le réservoir pour assurer un stockage avant distribution, et pour limiter le pouvoir corrosif de l'eau, de la chaux est injectée.

b. Nettoyage des filtres

Avant que l'eau filtrée ne se dégrade (par modification de la turbidité, du pH et de la conductivité), les filtres subissent un cycle de lavage automatique pour éliminer les particules capturées. La fréquence de ce processus dépend de la concentration en MES, du débit d'eau et la nature de la granulométrie du matériau filtrant. Ce cycle passe par 4 étapes:

- 1- Vidange du filtre.
- 2- Lavage avec un mélange d'eau et d'air à contre courant.
- 3- Lavage avec de l'eau à grand débit.
- 4- Maturation.

6. Traitement des eaux de lavage

L'eau de lavage passe d'abord à travers deux pièges à sable, qui permettent de retenir le sable de filtration, éventuellement, emporté lors du lavage. L'eau est ensuite dirigée vers les bâches de reprise des eaux de lavage où le polymère anionique est injecté. Ces bâches fonctionnent suivant ce cycle:

- Remplissage en eau sale: à cette seule étape l'eau de lavage est admise;
- Décantation: les boues se déposent au fond de l'ouvrage (décanteur);
- Récupération des eaux surnagent : l'eau est collectée vers une bêche et pompée vers l'ouvrage d'entrée.
- Extraction des boues: les boues sont pompées vers le bassin d'équilibre qui permet leur homogénéisation puis les pompées vers l'épaississeur pour le séchage naturel.

7. Dessableurs

Les dessableurs reçoivent l'eau de lavage des filtres. Les sables collectés sont pompés vers le bassin d'équilibre. L'eau débarrassée des sables est recyclée en tête de la station, dans la chambre de dissipation selon le principe suivant :

- L'eau de lavage passe d'abord à travers deux pièges à sable qui permettent de retenir le sable de filtration éventuellement emporté lors du lavage.
- L'eau est ensuite envoyée vers les bâches (de reprise des eaux de lavage) suivant ce cycle :

- Remplissage en eau sale ;
- Décantation : les boues se déposent au fond de l'ouvrage
- Récupération des eaux « propres » surnagent : l'eau est collectée vers une bêche et pompée vers la tête de la station
- Extraction des boues : les boues sont pompées vers le bassin d'équilibre.



Figure I.6 : Dessableurs.

8. Evacuation des boues du clarificateur

Les boues des décanteurs sont mélangées aux boues du lavage des filtres dans le bassin d'équilibre. Ensuite pompées dans le répartiteur puis dirigées vers les épaisseurs. Les boues épaissies sont extraites vers les lagunes de stockage.

Les boues sont traitées dans les ouvrages suivants :

a. Les bassins d'équilibrage

Le bassin est découpé en deux chambres :

- Une chambre de stockage, dans laquelle est installé l'agitateur. En cas de niveau trop haut, un déversoir de trop plein permet d'éliminer l'excédent.
- Une chambre de pompage, où sont installées les pompes de transfert et la mesure de niveau.

Ces bassins sont utilisés pour équilibrer les rejets de boues venant des clarificateurs et pour produire une boue uniforme et bien mélangée vers les épaisseurs qui sont alimentés à l'aide des pompes de circulation.

b. Les épaisseurs

La boue arrive dans un répartiteur où elle est répartie entre les deux épaisseurs, l'un des deux épaisseurs peut être isolé par les batardeaux amovibles. Ensuite un polymère est injecté par deux conduites débouchant dans le répartiteur puis les boues épaissies sont poussées vers la fosse centrale où elles sont extraites et une goulotte permet la récupération de l'eau surnageant.

Chaque épaisseur est dotée de deux pompes pour boues épaissies pour les transférer vers le bassin de lagunage.

c. Les bassins de lagunage

L'évacuation des boues se fait par une conduite de DN 400 en PVC enterrée sur la crête de la digue constituant la lagune des boues dont la capacité est de 100 000 m³.

Ce volume permet un stockage des boues pendant une durée de 40 ans sans curage.



Figure I.7 : Le bassin de lagunage.

Afin d'optimiser la capacité et la durée de stockage du bassin de lagunage, nous avons opté pour la récupération et la valorisation de ces boues, par la méthode chimique de précipitation.

I.7 La précipitation :

C'est le passage d'une espèce de l'état dissout à l'état solide. Les métaux peuvent précipiter dans l'eau des pores ou à la surface des particules solides. Dans un milieu naturel, les métaux précipitent principalement sous forme d'hydroxyde, de carbonate, de phosphate ou de sulfures [38].

Afin d'assurer la précipitation simultanée des différents cations métalliques présents dans les boues, il est nécessaire de travailler à un pH supérieur ou égal au pH de précipitation de l'hydroxyde le plus soluble. Parmi les avantages de la précipitation:

- Homogénéité du mélange des sels obtenus lors de la précipitation ;
- Contrôle de la morphologie des produits ;
- Faible coût ;
- Haute pureté du produit ;
- Nécessitant pas de solvant organique [39].

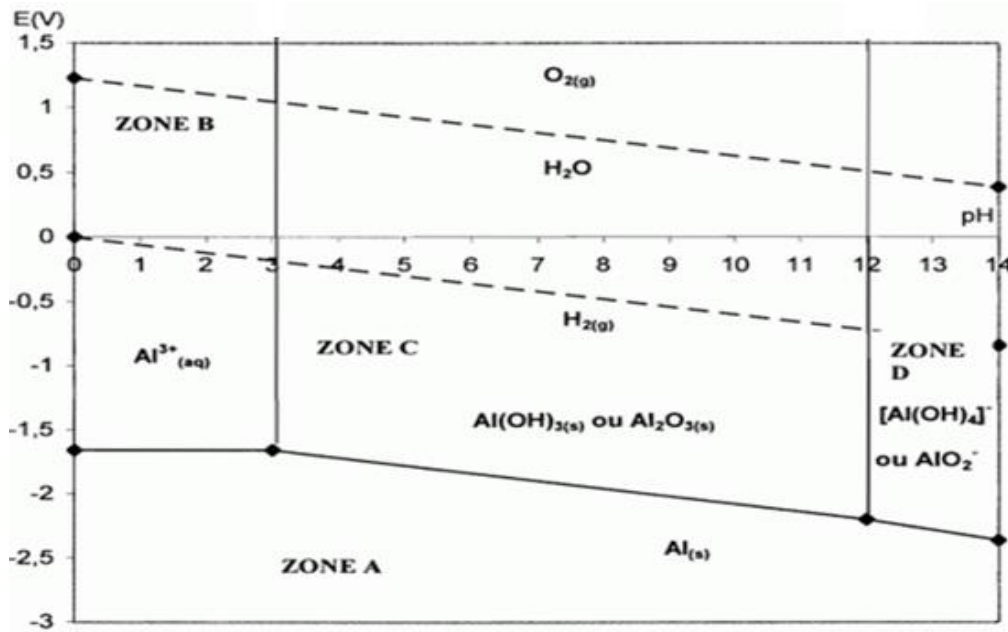


Figure I.8 : Diagramme de pourbaix de l'Aluminium [40].

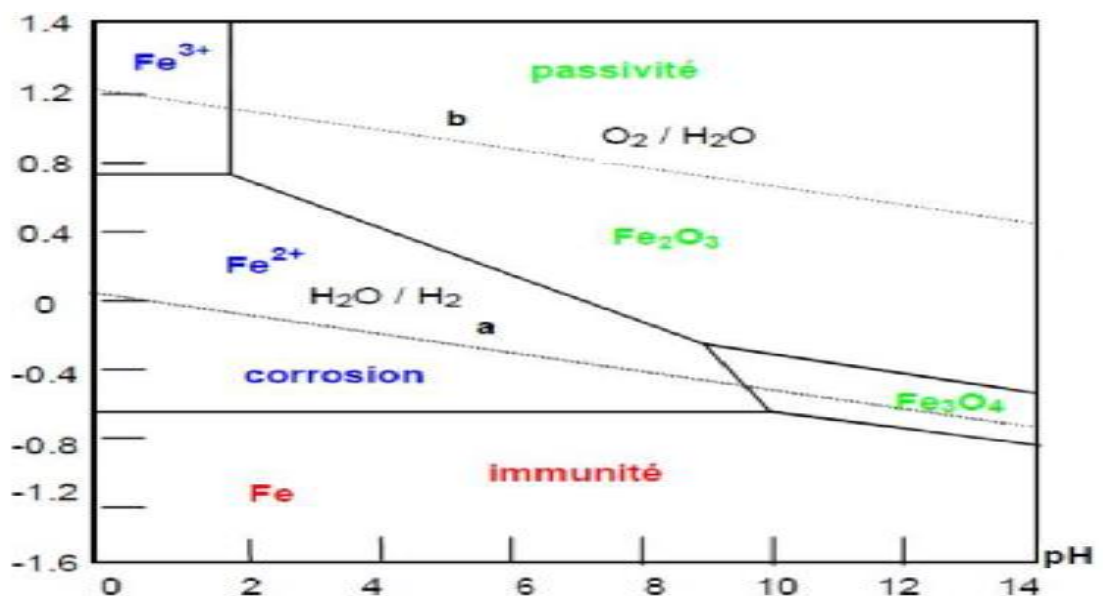


Figure I.9 : Diagramme de pourbaix de Fer [41].

Matériels et méthodes expérimentales

Dans ce chapitre, nous présentons les matériels, les produits, et les différentes méthodes expérimentales suivies pour faire précipiter d'éventuels ions résiduels.

Nous décrivons également les techniques d'analyse utilisées pour la caractérisation des échantillons telles que la DRX, le MEB, IR et la densité.

II.1 Matériels et produits utilisés

Tableau II.1 : Liste des produits et matériels utilisés

Matériels	Produits
Fioles de 200ml	Hydroxyde de sodium NaOH
Béchers	Acide chloridrique HCl
Pipettes	Acide Nitrique HNO ₃
Eprouvettes	Eau distillée
Plaques chauffantes agitateurs	
Barreau aimanté	
Balance	
Verres de montres	
Spatules	
Entonnoirs	
Burettes	
Papiers filtre N°5	

II .1.1 Préparation de la solution de l'eau régale à (1M)

L'eau régale est une solution résultant du mélange d'un volume d'acide nitrique pour deux volumes d'acide chlorhydrique aux mêmes concentrations.

II.1.1.1 Calcul des concentrations de HCl et HNO₃

$$C \text{ (mol.l}^{-1}\text{)} = \frac{10 \cdot \text{Teneur} \cdot \text{densité}}{\text{Masse molaire}} \quad (1)$$

Tableau II.2 : Caractéristiques des deux acides utilisés

	HCl	HNO ₃
Teneur (%)	37	65
Masse Molaire (g/mol)	36,5	63,01
Densité	1,19	1,33
Concentration (mol/l)	12,06	13,72

II.1.1.2 Calcul des volumes de dilution des solutions à 1 M

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \dots\dots\dots (2).$$

$$\implies V_1 = \frac{C_2 \cdot V_2}{C_1}$$

$$V_1 (\text{HCl}) = 1.200 / 12,06 = 16,6 \text{ ml.}$$

$$V_1 (\text{HNO}_3) = 1.200 / 13,72 = 14,6 \text{ ml.}$$

Pour préparer 200ml de chaque solution à 1M, il nous faut 16,6 ml de HCl (12,06mol/l) et 14,6 ml de HNO₃ (13,72 mol/l).

II.1.2 Préparation de la solution de l'hydroxyde de sodium à 4M

-Calcul de la masse

On a M (NaOH) = 40g/mol.

$$\left\{ \begin{array}{l} C \rightarrow 1000 \text{ ml} \\ n \rightarrow 200 \text{ ml} \end{array} \right. \implies \left\{ \begin{array}{l} 4\text{M} \rightarrow 1000 \text{ ml} \\ n \rightarrow 200 \text{ ml} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow n = \frac{4 \cdot 200}{1000} = 0,8 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \cdot M$$

$$m = 0,8 \cdot 40 = 32 \text{ g.}$$

Dans une fiole de 200 ml, on dissout 32g d'hydroxyde de sodium solide dans l'eau distillée puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

II.1.3 Procède de séparation des deux phases et séchage de la boue

Des boues ont été récupérées au niveau de la station de traitement de Tabarkoukte. Après décantation deux phases ont été obtenues: une eau pas très limpide qui surnage et de fines particules à l'état pâteux au fond du récipient

A l'aide d'une seringue, l'eau été siphonnée (phase A). Ensuite, par filtration sur papier filtre N° 5, de la phase inférieure, nous avons obtenu deux phases distinctes :

- le filtrat, sous forme liquide transparent (Phase B), qui a subit par la suite des analyses physico-chimiques.
- Un résidu solide dans le filtre qui a été séché à l'étuve à 100°C puis réduit en poudre a l'aide d'un mortier.

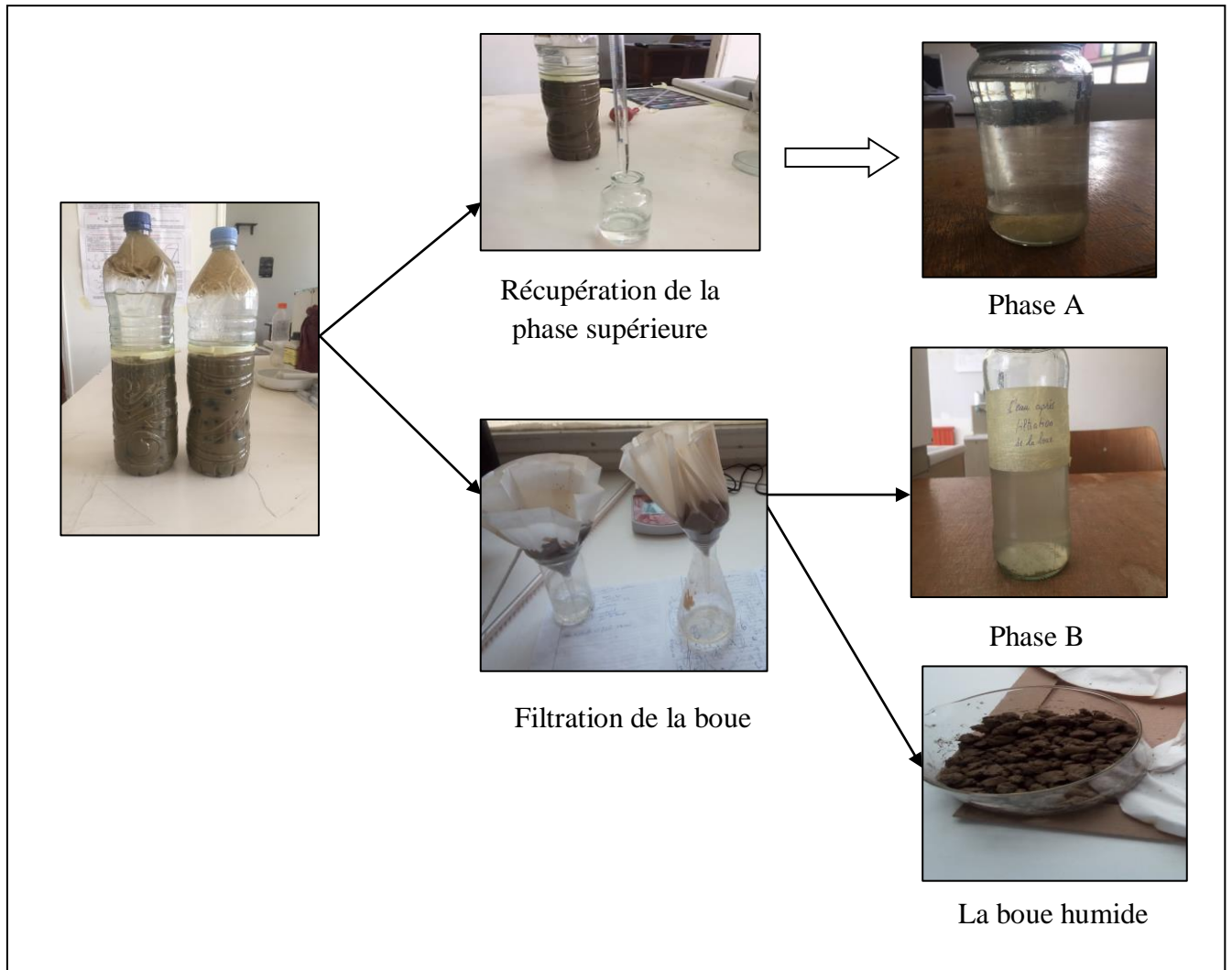


Figure II.1 : Protocole de séparation des phases.

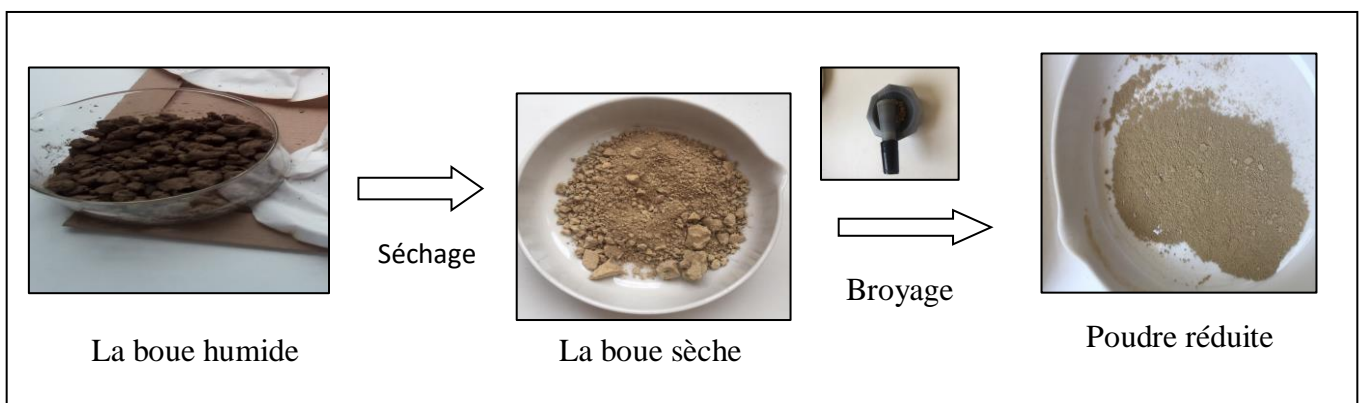


Figure II.2 : Protocole de séchage de la boue.

II.1.4 Mise en solution de la boue

10g de la poudre ont été versés dans 100 ml de solution d'eau régale, sous agitation magnétique (1000 tour /min) et chauffage à 100°C pendant 30 min. Le mélange ainsi obtenu a été laissé décanter puis filtré :

- Une solution de couleur jaune orangé est obtenue et a été précipitée par NaOH (4M).
- Le résidu solide a été séché à l'étuve.

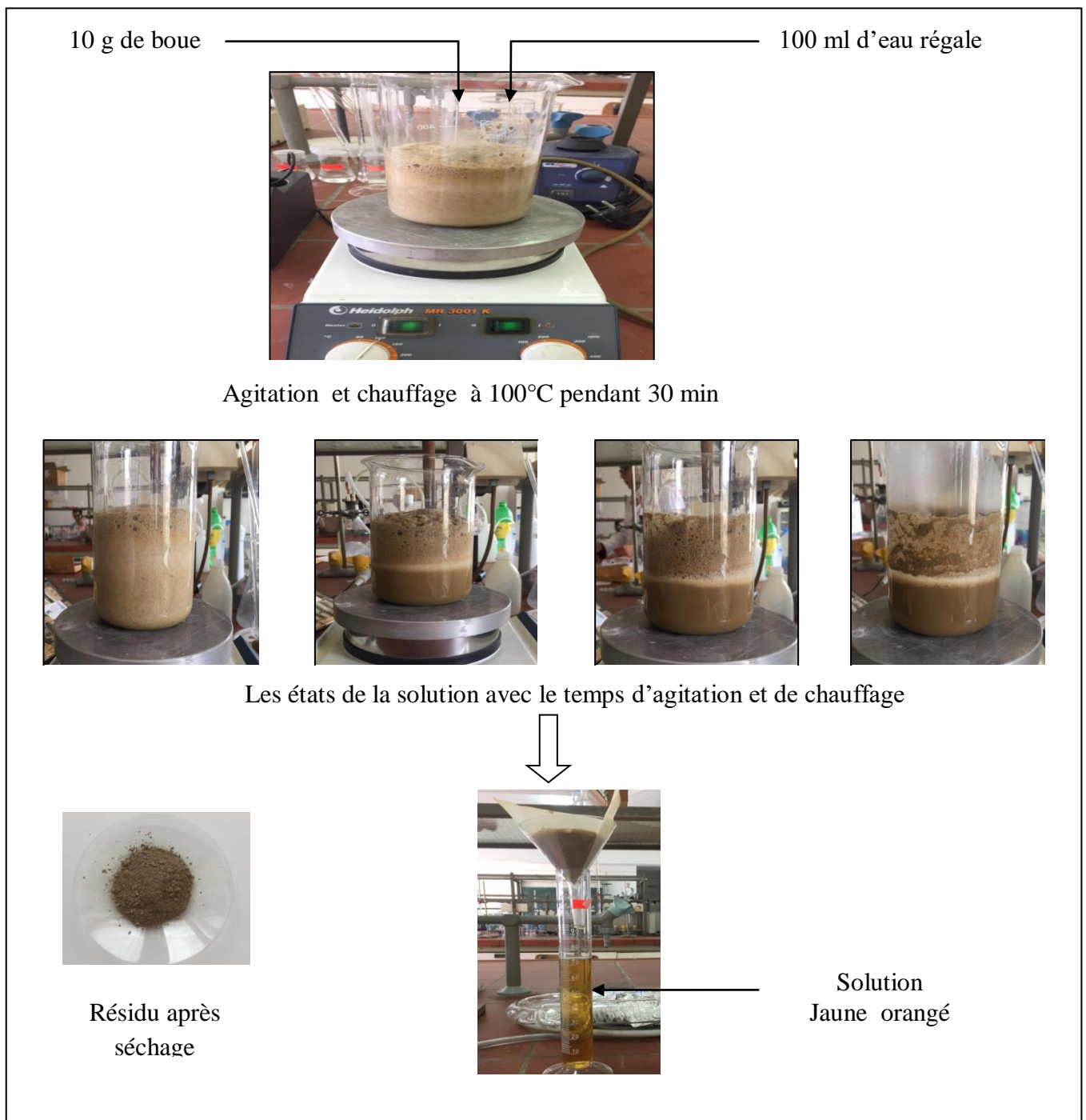


Figure II.3 : Protocole de mise en solution de la boue.

II.1.5 Précipitation de la solution jaune par NaOH 4M

Nous avons précipité la solution jaune orangée par l'hydroxyde de sodium (4M), sous agitation magnétique à 1000 tr/min à pH contrôlé jusqu'à la formation d'un précipité marron à PH=8,5. Après décantation, nous avons filtré le mélange pour séparer le précipité ainsi formé. Ainsi nous avons obtenu, un précipite humide de couleur marron et une solution transparente. Par la suite, nous avons séché le précipite à l'étuve jusqu'à obtention d'une poudre de masse constante.

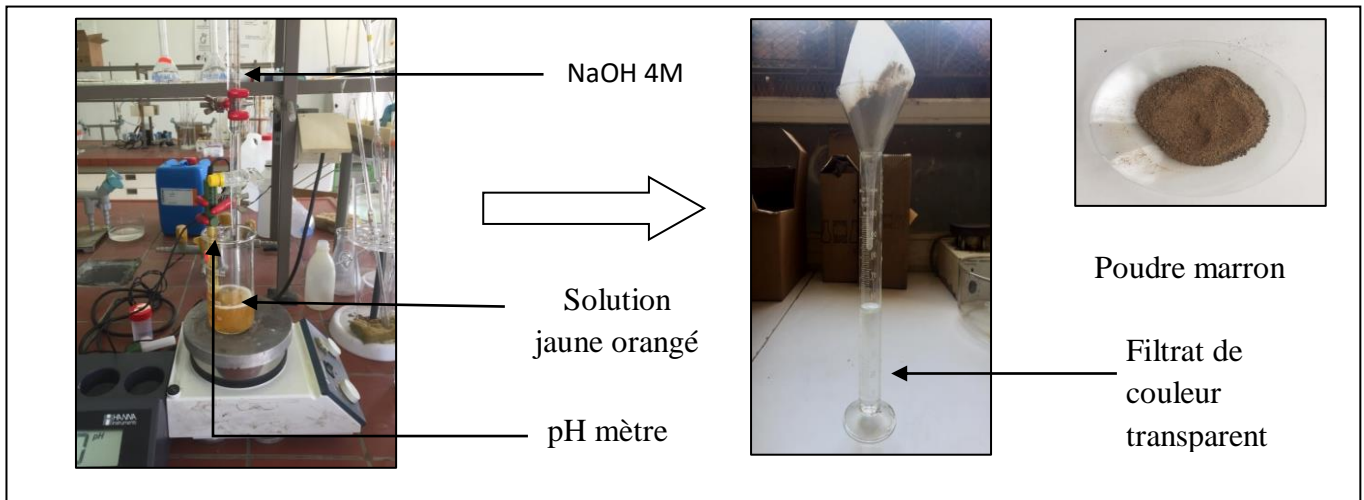


Figure II.4 : Protocole de dosage de la solution jaune orangé par NaOH.

La solution transparente a subit un deuxième traitement à la soude 4M.

II.1.6 Deuxième précipitation de la solution par NaOH 4M

Nous avons effectué un deuxième dosage pour la solution transparente à pH contrôlé jusqu'à la formation d'un précipité blanc à pH=12,5. Après décantation suivie d'une filtration, nous avons obtenu, un précipite blanc humide, et une solution transparente. Nous avons séché le précipite jusqu'à masse constante.

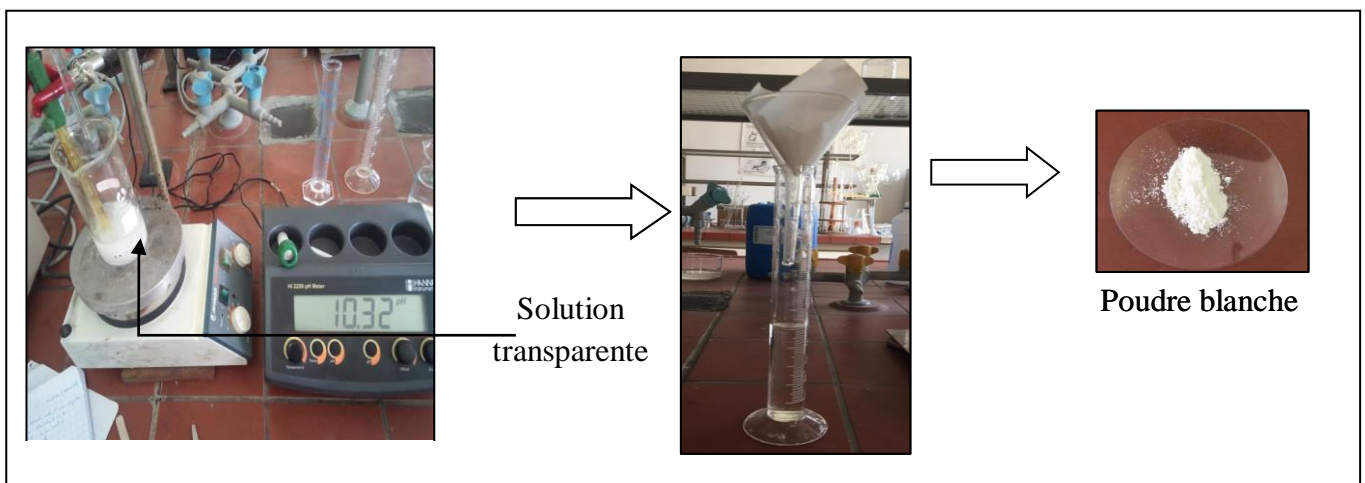


Figure II.5 : Protocole de dosage de la solution transparente par NaOH.

II.2 Techniques et méthodes de caractérisation

II.2.1 Analyses physico-chimiques

a. Absorbance à 254 nm

La mesure de l'absorbance à 254 nm est un indice caractéristique des substances possédant une ou plusieurs doubles liaisons. Cette mesure peut nous renseigner sur le contenu organique d'une eau, notamment la fonction aromatique. L'absorbance (densité optique) lue sur un spectrophotomètre peut permettre une estimation de la teneur en substances humiques d'une eau naturelle (eau de surface).

Mode opératoire

Les mesures de l'absorbance ont été réalisées à 254 nm à l'aide d'un spectrophotomètre avec un trajet optique de 1cm ; en remplissant la cellule (cuve en quartz) avec l'échantillon à analyser tout en s'assurant que la cellule est propre et bien essuyée avec du papier de cuisine puis effectuer les mesures [42].



Figure. II. 6 : Spectrophotomètre

Les mesures de l'absorbance ont été réalisées à 254 nm à l'aide d'un spectrophotomètre caractérisé par un trajet optique de 1cm. L'échantillon à analyser est placé dans une cellule (cuve en quartz) essuyée avec du papier de cuisine afin d'éviter toute interférence lors de la mesure [42].

b. Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (platine) de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m). Elle s'exprime généralement, en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) [43].

Pour éviter le phénomène d'électrolyse, il est nécessaire que la tension appliquée soit suffisamment faible.

Mode opératoire

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; et effectuer la mesure. La valeur limite de la conductivité est de $2800 \mu\text{S}/\text{cm}$ [44].



Figure. II.7 : Conductimètre

c. Mesure de la turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension, notamment, colloïdales (argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc). L'appréciation de l'abondance de ces particules dans l'eau mesure son degré de turbidité.

Le principe consiste à comparer l'intensité de la lumière diffusée par l'échantillon d'eau et celle de la lumière transmise par une gamme étalon constituée de solutions de formazine (étalon) [43].

Mode opératoire

Remplir la cuve de mesure avec l'échantillon à analyser et bien essuyer avec du papier de cuisine. Il est recommandé d'effectuer la mesure aussi rapidement que possible après le prélèvement, tout en agitant vigoureusement les échantillons avant la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. Cette mesure est obtenue directement en NTU et la norme Algérienne est de 5 NTU [44].



Figure. II. 8 : Turbidimètre

d. Mesure du pH

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présents dans l'eau ou les solutions. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ [43].

Mode opératoire

Tremper l'électrode dans un bécher contenant une quantité suffisante pour couvrir l'électrode. L'eau à analyser doit être sous faible agitation afin d'éviter la fixation de bulles d'air qui peuvent altérer la mesure. Attendre la stabilisation de l'affichage de l'appareil, puis noter le pH. Le pH optimal de l'eau est compris entre 6,5 et 8,5 [44].



Figure II.9 : pH mètre

II.2.2 Méthodes de caractérisation

a. Diffraction des rayons X sur poudre (D.R.X.)

Cette technique permet, l'obtention de diffractogrammes (Intensités diffractées /angle 2θ). Les angles des pics de diffraction, obtenus lors de l'analyse d'un échantillon, sont comparés à des angles de pics de diffraction de composés déjà connus, compilés dans les bases de données JCPDS. La comparaison des angles de diffraction permet de déduire la nature du composé analysé [45].

b. Observation par microscope électronique à balayage MEB

La microscopie électronique à balayage nous permet de visualiser la texture microscopique des matériaux, la forme, les dimensions des phases solides et de contrôler l'homogénéité des préparations étudiées grâce à sa capacité d'observer les échantillons avec des agrandissements très importants jusqu'à 50000X. Cela permet la détection des défauts en surface d'échantillon [46].

c. Mesure de la densité d'une poudre

La densité d'une poudre est le rapport de sa masse volumique ρ_{poudre} sur la masse volumique du corps de référence (généralement c'est l'eau, $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ g/cm}^3$).

$$\rho_{\text{poudre}} = m / V \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Où : m : masse de la poudre et V : volume de la poudre.

La masse d'une poudre est mesurée à l'aide d'une balance analytique.

Le volume d'une poudre est déterminé par déplacement d'un volume d'eau dans un pycnomètre. Le protocole suivant permet sa détermination:

-On pèse la poudre et on obtient la masse $m_1 =$ masse de la poudre

-On pèse le pycnomètre vide on obtient la masse $m_2 = m_{\text{pyc}}$.

-On remplit d'eau le pycnomètre jusqu'au trait de jauge. On pèse l'ensemble ce qui nous donne $m_3 = m_2 + m_{\text{eau}}$ d'où on tire la masse de l'eau :

$$m_{\text{eau}} = m_3 - m_2 ; m_{\text{eau}} = V_{\text{eau}} = V_1 \text{ car } d_{\text{eau}} = 1$$

➤ $V_1 = m_3 - m_2 \equiv$ Volume d'eau que contient le pycnomètre.

-On introduit la poudre de masse m_1 dans le pycnomètre rempli d'eau jusqu'au trait de jauge.

Une telle opération déplace un volume d'eau équivalent au volume d'eau. L'excès d'eau va déborder. On ajuste le volume d'eau dans le pycnomètre jusqu'au trait de jauge. Le volume d'eau V' restant dans le pycnomètre est inférieur à V_1 . On pèse l'ensemble (pycnomètre+ eau+ poudre). On obtient $m_4 = m_2 + m'_{\text{eau}} + m_1$. D'où on tire :

$$m'_{\text{eau}} = m_4 - m_2 - m_1.$$

$$m'_{\text{eau}} = V'_{\text{eau}} \text{ car } d_{\text{eau}} = 1.$$

➤ $V'_{\text{eau}} = m_4 - m_2 - m_1.$

$$V'_{\text{eau}} + V_{\text{poudre}} = V_1 \text{ on en déduit que } V_{\text{poudre}} = V_1 - V'_{\text{eau}}$$

$$\text{or on a } V_1 = m_3 - m_2 \text{ et } V'_{\text{eau}} = m_4 - m_2 - m_1 \quad V_{\text{poudre}} = m_3 - m_2 - m_4 + m_2 + m_1$$

➤ $V_{\text{poudre}} = m_3 - m_4 + m_1$

d. Spectroscopie infrarouge

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier FTIR (Fourier Transformed Infra Red) est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau à analyser. Elle permet la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques et la détermination des fonctions chimiques présentes dans le matériau.

Le spectre infrarouge du composé étudié est dans la zone comprise entre 4000 et 400 cm^{-1} [47].

Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous présentons les résultats des analyses effectuées sur les échantillons liquides (solutions A et B) et solides (poudres marron et blanche) ainsi que leurs interprétations.

III.1 Analyses physico-chimiques des phases liquides A et B

Tableau III.1 : Résultats physico-chimiques de l'analyse à $T_{\text{ambiante}} = 26,6^{\circ}\text{C}$.

	N°essais	PH	Turbidité (NTU)	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Absorbance 254 nm
Phase A	1	7,64	9,97	805	0,1234
	2	7,56	6,95	774	0,1033
	3	7,51	5,16	825	0,121
	Moyenne	7,57	7,36	801,33	0,1159
Phase B	1	7,52	79,7	1052	0,6844
	2	7,57	80,7	1058	0,6914
	3	7,62	82,5	1057	0,6951
	Moyenne	7,57	81,0	1055,67	0,6903

A température ambiante, les valeurs moyennes du pH des deux phases A et B sont égales mais les valeurs moyennes de la turbidité, la conductivité et l'absorbance de la phase B sont supérieures à celles de la phase A.

Tableau III.2 : Résultats physico-chimiques de l'analyse à $T = 50^{\circ}\text{C}$.

	N° Essais	pH	Turbidité (NTU)	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Absorbance 254 nm
Phase A	1	7,4	2,95	982	0,1143
	2	7,48	2,66	982	0,1198
	3	7,49	2,91	964	0,1146
	Moyenne	7,46	2,84	976	0,1162
Phase B	1	7,4	88,7	1072	0,6893
	2	7,5	87,7	1070	0,6976
	3	7,56	84,9	1087	0,699
	Moyenne	7,49	87,1	1076,33	0,6953

A 50°C , les valeurs moyennes du pH des deux phases A et B sont presque égales tandis que les valeurs moyennes de la turbidité, la conductivité et l'absorbance de la phase B sont supérieures à celles de la phase A.

Tableau III.3 : Résultats physico-chimiques de l'analyse à T = 4,7°C.

	N° Essais	PH	Turbidité (NTU)	Conductivité (µs/cm)	Absorbance 254 nm
Phase A	1	7,77	2,33	800	0,1818
	2	7,78	3,71	892	0,2246
	3	7,77	2,54	895	0,1104
	Moyenne	7,77	2,86	862,33	0,1723
Phase B	1	7,97	51,9	1018	0,7032
	2	7,82	53,2	1002	0,7241
	3	7,9	53,9	1019	0,709
	Moyenne	7,90	53	1013	0,7121

A 4,7°C, les valeurs moyennes du pH des deux phases A et B sont approximativement égales, contrairement aux valeurs moyennes de la turbidité, la conductivité et l'absorbance de la phase B qui sont supérieures à celles de la phase A.

L'examen des tableaux (III.1, III.2 et III.3) révèle que:

- Les valeurs du pH des phases A et B sont du même ordre de grandeur, aux erreurs expérimentales près, pour une la température donnée. Cependant le pH diminue légèrement de 7,90 à 4,7°C à 7,49 à 50°C en passant par 7,57 à 26,6°C.
- On note que la concentration en colloïdes est beaucoup plus faible dans la phase A que dans la phase B. Lors de la décantation les "grosses" particules entraînent les plus fines expliquant ainsi une plus faible turbidité. Dans la phase B la turbidité est beaucoup plus importante traduisant une forte concentration en particules fines en suspension. Du papier filtre à porosité plus faible, plus adéquat, aurait diminué la concentration des colloïdes en suspension. Par ailleurs on note que la turbidité augmente avec la température dans la phase B.
- La conductivité est plus importante dans la phase B par rapport à la phase A. il apparait que le phénomène de transport est proportionnel à la concentration en particules en suspension. La conductivité augmente également avec la température.
- L'absorbance augmente avec la concentration en particules en suspension dans l'eau mais elle est indépendante de la température.

III.2 Techniques de caractérisation des poudres

III.2.1 Observations par microscopie électronique à balayage MEB

Les images des poudres, obtenue par microscopie électronique à balayage sont illustrées sur les figures III.1 et III.2.

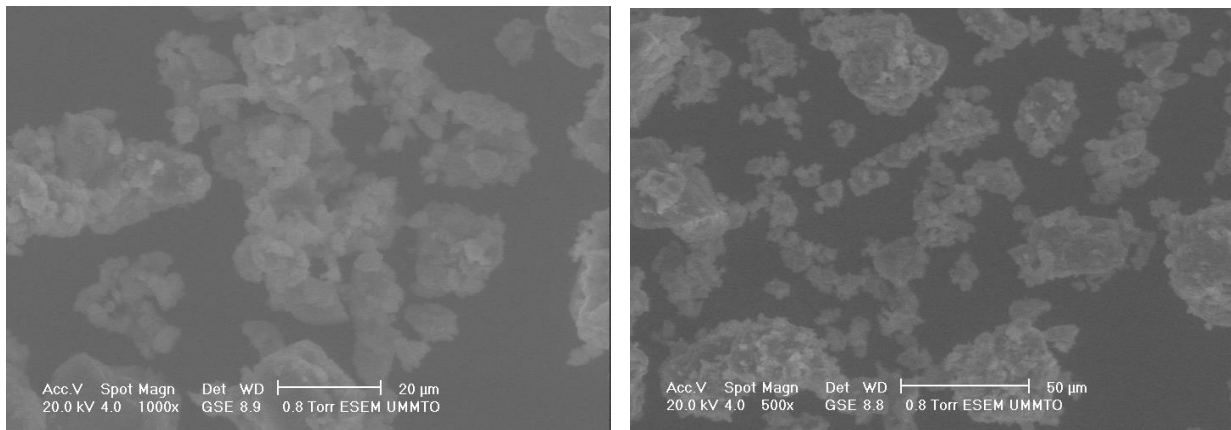


Figure III.1 : Image MEB de la poudre marron

L'observation par microscopie électronique à balayage montre que les particules qui constituent la poudre marron sont de dimensions différentes avec des contours irréguliers.

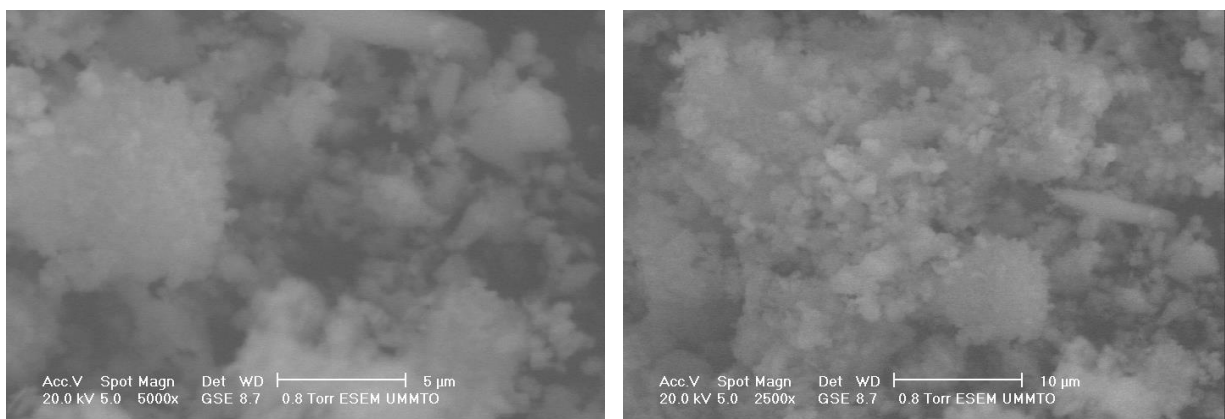


Figure III.2 : Images MEB de la poudre blanche

L'observation par microscopie électronique à balayage montre que les particules qui constituent la poudre blanche sont de taille micrométrique et non-homogène en termes de dimensions. L'état de surface est très irrégulier.

III.2.2 Diffraction des rayons X (DRX)

Les enregistrements des rayons diffractés par les poudres sont effectués dans un intervalle d'angles 2θ variant de 5 à 90 degrés.

Les spectres sont illustrés ci-dessous :

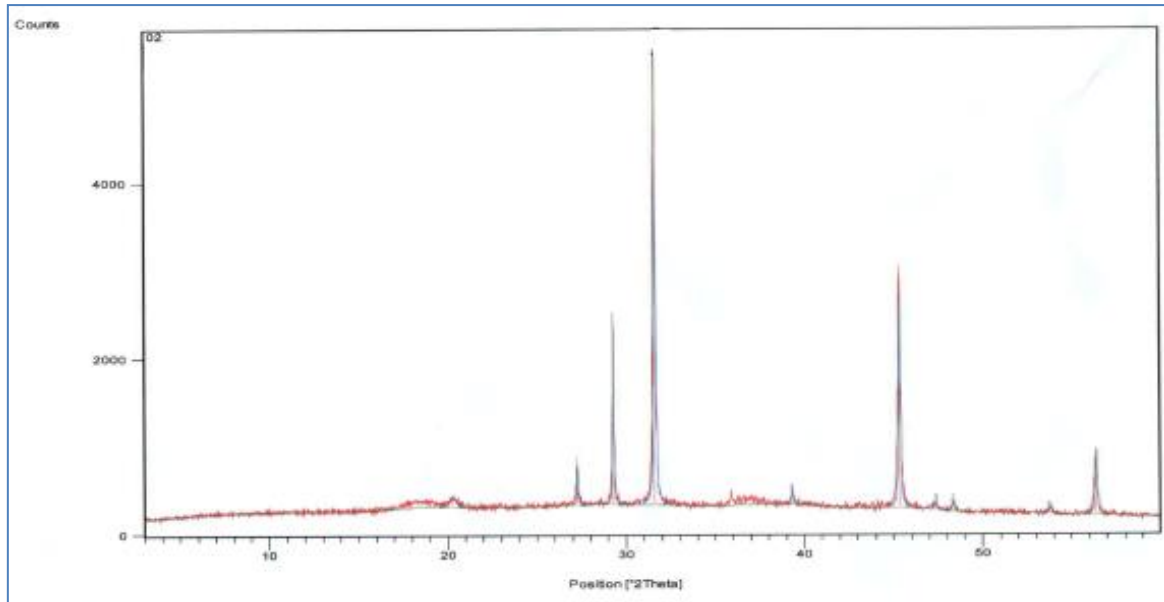


Figure III.3 : Diffractogramme de rayons X de la poudre marron

Le spectre de diffraction obtenu présente des pics intenses et étroits ce qui traduit une bonne cristallinité de la poudre. Malheureusement nous n'avons pas l'enregistrement du spectre (*raw) afin d'indexer les pics, à l'aide du programme EVA, et déduire la nature du ou des composés.

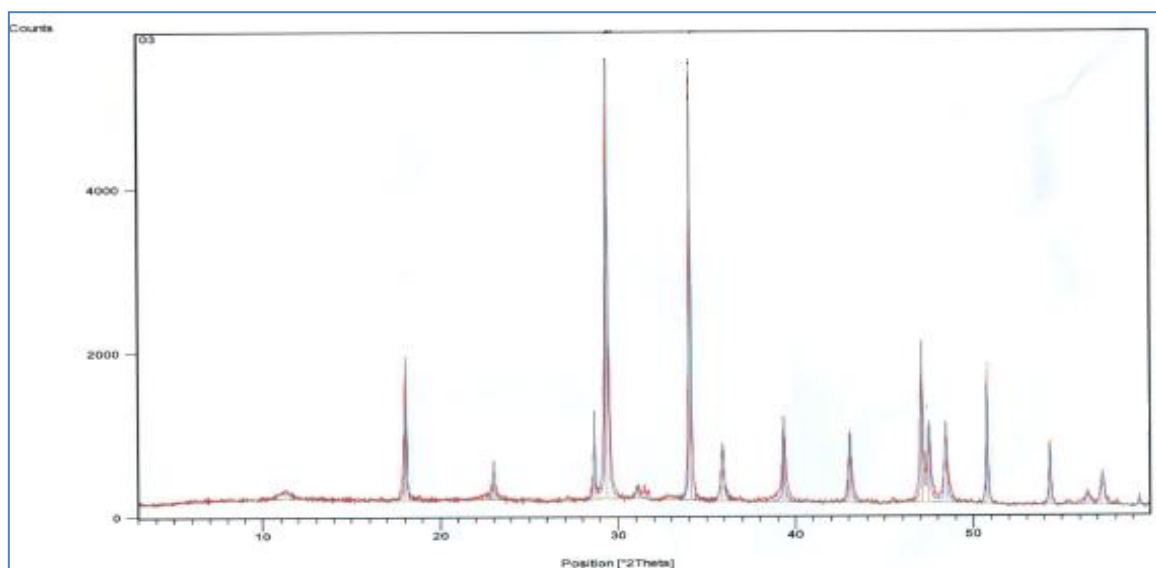


Figure III.4 : Diffractogramme de rayons X de la poudre blanche.

Le spectre présente une série de pics de diffraction étroits et relativement intenses. Ce qui traduit une présence de cristallites bien cristallisées et de faible diamètre. Comme dans le cas précédent nous n'avons pas l'enregistrement complet du spectre (*raw) pour indexer les pics, à l'aide du programme EVA, et déduire la nature du ou des composés.

III.2.3 Mesure de la densité des poudres

Les valeurs des densités effectuées sur les deux échantillons sont consignées dans le tableau suivant : les valeurs consignées représentent une moyenne arithmétique de trois mesures.

Tableau III.4 : Les densités théoriques et expérimentales

	Densité expérimentale	Densité théorique	$\Delta d/d$ %
Poudre marron	3,2	Fe(OH) ₃ : 3,4	5,8
Poudre blanche	2,50	Al(OH) ₃ : 2,42	3,2

Les densités des deux poudres marron et blanche, sont proches des densités théoriques respectives des hydroxydes de fer et d'aluminium.

III.2.4 Caractérisation par spectroscopie infrarouge

Les bandes d'adsorption, par la spectroscopie infra rouge sont démontrées dans les figures suivantes :

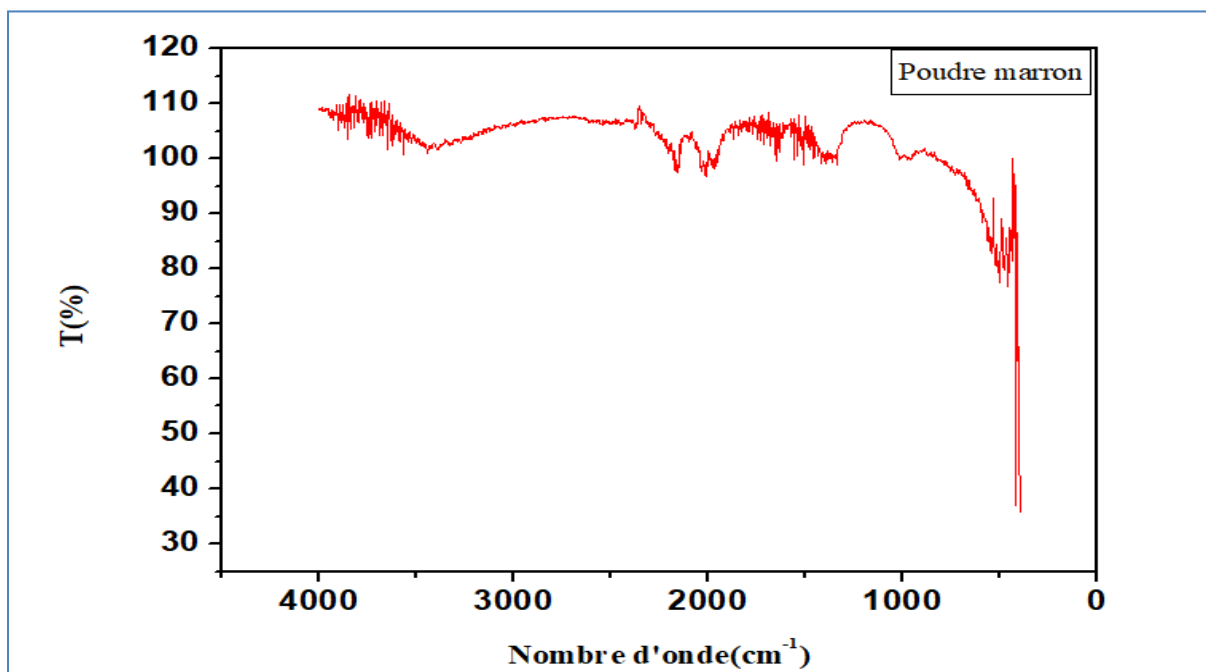


Figure III.5 : Spectroscopie IR de la poudre marron

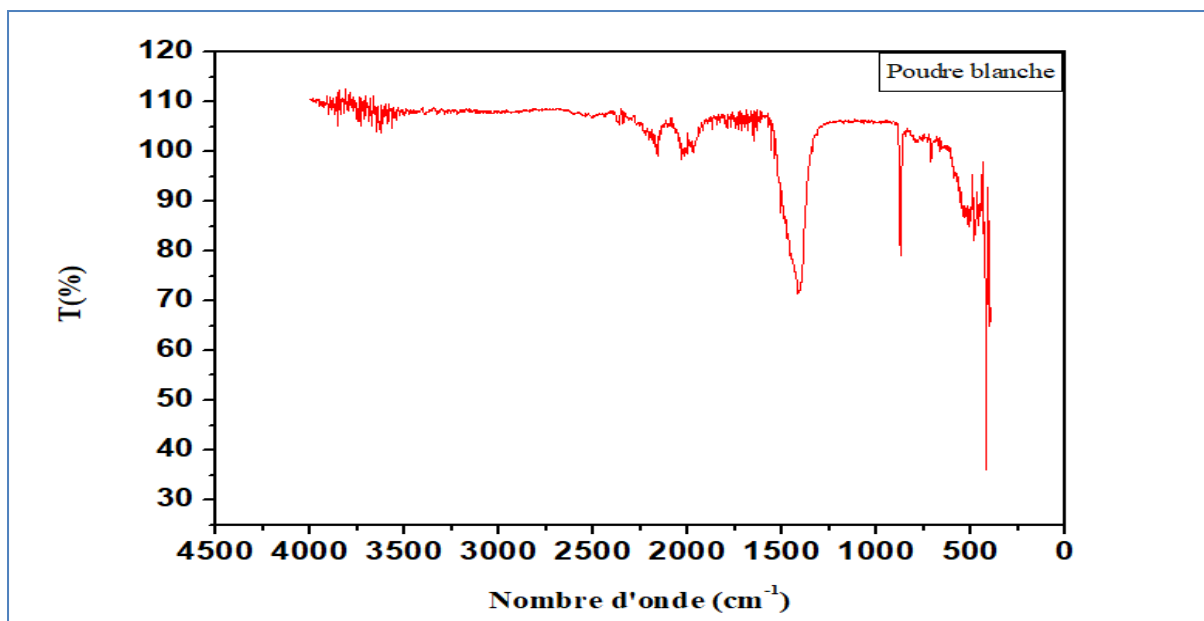


Figure III.6 : Spectroscopie IR de la poudre blanche

L'examen des spectres fait apparaître des bandes d'adsorption mentionnées dans le tableau III.5 :

Tableau III.5 : Les bandes caractéristiques des hydroxydes

Produits	Nombres d'onde (cm ⁻¹)	Types de vibration
Poudre marron	478	Déformation de la liaison Fe-O
	2000-2500	Allongement de la liaison O-H
Poudre blanche	440-500	Déformation de la liaison O-Al
	750- 1000	Allongement de la liaison O-H
	980-1100	Allongement de la liaison O-H

Les bandes d'adsorption observées confirment la présence des liaisons caractérisant les hydroxydes de Fer et d'Aluminium dans les poudres marron et blanche, principalement celles qui correspondent aux vibrations des liaisons Fe-O et Al-OH.

Conclusion générale

La gestion des déchets est une étape cruciale, afin de limiter les impacts négatifs sur l'environnement et d'économiser les ressources naturelles, tout déchet doit être traité en fonction de sa nature.

Dans la station de purification, le traitement des eaux génère des quantités considérables de boues, qui sont ensuite stockées dans un bassin de lagunage.

Dans ce travail nous avons traité une boue récupérée au niveau de la station de traitement de TAKSEBT. Après décantation et filtration les différentes phases liquides et solides obtenues ont été analysées.

Les phases liquides obtenues par prélèvement (A) et par filtration (B), ont subi des tests physico-chimiques (pH, Turbidité, Absorbance et Conductivité). Les poudres ont été analysées par différentes techniques telles que la mesure de densité, l'observation microscopique à balayage, la diffraction des rayons X et par spectroscopie Infra- Rouge.

Les résultats de ces analyses sont les suivants :

- Le pH des deux phases A et B diminue avec la température ;
- La turbidité et la conductivité de la phase B augmentent avec la température.
- L'observation des poudres au MEB a mis en évidence des grains de dimensions différentes et relativement basses. L'état de surface des grains est irrégulier.
- Les analyses par DRX révèlent des pics intenses et étroits traduisant l'existence de cristallites de faibles diamètres et bien cristallisées. Confirmant ainsi les observations réalisées au MEB. Malheureusement nous n'avons pas pu identifier la nature des poudres.
- Les mesures de densité effectuées sur les poudres (3,2 ; 2,50) sont proches des densités théoriques (3,4 ; 2,42) respectivement de l'oxyde de Fer et d'Hydroxyde d'Aluminium.
- Les bandes d'adsorption observées dans le domaine infrarouge ont confirmé la présence des liaisons caractérisant les hydroxydes d'aluminium pour la poudre blanche et l'Hydroxyde de Fer pour la poudre marron.

- [1] **OTV**, « Traiter et valoriser les boues », Livre collection d'OTV Edition (1997).
- [2] **SBONY J.**, « Traitement des boues hydroxydes » **71° ANNEE-N°6 T.S.M.** (1976).
- [3] Règlement sur l'eau potable (1984) 116 G.O.II, 2123, CENTRE SAINT-LAURENT, 1996, Rapport-synthèse sur l'état de Saint- Laurent, France.
- [4] https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_de_surface#Bibliographie.
- [5] **Robillard Joris**, 2011, «Techniques alternatives en assainissement pluvial», Montpellier, Agro Paris Tec, pp1-23.France.
- [6] **SIBEUD E.**, 2015, «Aménagement et eaux pluviales», Guide Méthodologique : Page 4.
- [7] **LEVÊQUE C.** ; 1996, « Ecosystème aquatiques», Paris : Hachette, 160 p .France.
- [8] **Guerene H.** et **Gamella C.**, 1978, «Le traitement des eaux publiques industrielles et privées», Ed. Elyrols.
- [9] **Leclech B.**, 1998, Environnement et agriculture. Bordeaux, France, Synthèse Agricole, 2ème édition, pp1-342.
- [10] **Collas R.**, 1977, «La pollution des eaux», Presses universitaire de Paris, France, 4ème édition, pp 1-128.
- [11] **Boeglin Jean-Claude**, 2001, «Propriétés des eaux naturelles», Technique de l'ingénieur, traité environnement 110, V1.
- [12] **LOUNNAS A.**, 2009, «Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HAMADI-KROMA de Skikda», Thèse de Magister, Université du 20 Aout 1955 Skikda. Algérie.
- [13] **Rolland V.**, 2003, «Eau, environnement et santé publique», introduction à l'hydrologie 2ème édition, Lavoisier 397p.
- [14] **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N.** et **BRUNET R.**, 2009, «L'analyse d'eau». 9ème Ed, Dunod, Paris. ISBN978-2-10-054179-9
- [15] **REJSEK F.**, 2002, « ANALYSE DES EAUX», Aspects réglementaires et techniques. Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. ISBN 2-86617-420-8 ; (M.96).
- [16] **Rejsek**, 2002, «Analyse des eaux», aspect règlementaire et technique, Edition centre régionale de documentation pédagogique CRDP, d'aquitaine, France 330p.
- [17] **MAKHOUKH M.**, 2011, Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya, Maroc.
- [18] **JOEL G.**, Novembre 2003, «La qualité de l'eau potable», technique et responsabilités, Paris, France.

- [19] **GAUJOUS D.**, 1995, «La pollution des milieux aquatiques »: aide-mémoire, 2ème édition Lavoisier, Paris, France, ISBN : 2-7430-0021-X.
- [20] **RODIER J.**, 2005, «L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer», 8ème édition, Dunod, Paris.
- [21] **BEER M.**, 2010, Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable, In. **KEMMOUM D.** et **BEDDEK F.**, «qualité physico-chimique et biologique de l'AEP de la ville de Tizi-Ouzou», Thèse ingénieur d'état en agronomie, UMMTO, Algérie.
- [22] **DEGREMONT**, 1989, Mémento Technique de l'eau, 9ème édition Lavoisier, Tome I, Paris, France.
- [23] **METAHRI M S.**, 2012, « Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes», Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse doctorat, UMMTO, Algérie.
- [24] **PROULX F.** et *al.* 2009, « les goûts et les odeurs dans l'eau potable», Revue des composés responsables et des techniques de mesure, École supérieure d'aménagement du territoire.
- [25] **BEHLOUL S.**, 2009, « Evaluation de la matière organique dans l'eau du barrage de Timgad», Thèse magister en chimie de l'eau, Université el hadj Lekhdar Batna, Algérie.
- [26] **Potelon J.L.**, 1998, « Le guide des analyses de l'eau potable», 1ere Edition, la lettre du cadre territorial 253p.
- [27] **DIRECTION GENERALE DE LA SANTE**, 2003, «qualité des eaux distribuées dans les unités de distribution de plus de 5 000 habitants», 8, Avenue de Ségur – Paris, France.
- [28] **BACHA D.**, 2011, «Elaboration de membranes d'affinité pour la récupération du chrome hexavalente», Thèse magister, UMMTO, 8p.Algerie.
- [29] Directives de qualité pour l'eau de boisson Genève, OMS, 1985-86.
- [30] **KETTAB A.**, 1997, «TRAITEMENT DES EAUX», les eaux potables, Edition office de publications universitaires, 1-place centrale de Ben-Aknoun, Alger, p 11.
- [31] **DEGREMONT**, 2005, Mémento technique de l'eau, Tome II, 10ème édition, Lavoisier Tec et Doc, Paris, France.
- [32] **KETTAB A.**, 1992. Docteur d'état en hydraulique, maître de conférences à l'E.N.P, « Traitement des eaux (les eaux potables) ».
- [33] **DESJARDINS R.**, 1997, «Le traitement de l'eau», 1ere Edition de l'école polytechnique de Montréal, Canada.

- [34] **CARDOT C.**, 1999, « Génie de l'environnement les traitements de l'eau », paris, France, page 9.
- [35] <http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/TraitementPotable/1FiltrationLentePG1.htm>.
- [36] <http://www.safewater.org>.
- [37] **JARID H., AMZIL K.**, 2012, «Optimisation de la filtration sur Sable pour le traitement des eaux potables à la compagnie minière Guemassa (CMG)», UNIVERSITE CADI AYYAD MARRAKECH, Maroc.
- [38] **HARCHEB L.**, 2014, «Elimination des métaux lourds par les procédés biotechnologiques», Mémoire de master : ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDROLOGIE-ARBAOUI Abdallah, Algérie.
- [39] **MADOU N.**, 2017, «synthèse et caractérisation d'oxyde par précipitation des sels précurseurs», Thèse doctorat : chimie des matériaux universitaire Mohamed Khider, BISKRA, Algérie.
- [40] <https://www.chimix.com/an10/bts10/eau02.html>.
- [41] **CHAKRI S.**, 2015, «Compréhension des mécanismes d'inhibition de la corrosion des armatures métalliques des bétons par molécules d'origine biologique.», Thèse de doctorat-spécialité chimie des matériaux, Université Pierre et Marie CURIE. Ecole doctorale388-chimie physique et chimie analytique de paris centre, France.
- [42] **Ngrisan N.I., Zanariah C.W., Ngah C.W., Ahmad M., Kuswandi B.**, *Sensors and actuators B* 203(2014):465-40.
- [43] **Rodier, Legube B., Merlet N., Coll.**, 2009, « L'analyse de l'eau », 9ème édition, Dunod.
- [44] «Journal officiel de la république algérienne», N° 18 eau potable, 2011.
- [45] **ADELIN T.**, 2006, Optimisation de la précipitation des métaux lourds en mélange et valorisation des boues d'hydroxyde métalliques obtenues : Application aux effluents de traitement de surfaces, Thèse Doctorat, L'école nationale supérieure des mines de Saint-Etienne, France.
- [46] **Elayane J., Bchitou R., Bouhaouss A.**, 2015, «Caractérisation d'un catalyseur commercial utilisé pour l'hydrodémétallation du gasoil sous vide VGO», *J. Mater. Environ. SCI.* 6(9) 2534-2541.
- [47] **AIT SALEM D.**, 2018, «Adsorption d'un colorant sur un matériau naturel», Mémoire de master, Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou faculté des sciences département de chimie, Algérie.

Annexe**Bilan économique**

10 g de boue			
Produits utilisés		Poudres obtenues	Pourcentage
100 ml	2/3 HCl : 66,7 ml	Résidu : 6,03g	60,3 %
d'eau régale	1/3 HNO ₃ : 33,3 ml	Poudre marron : 2,57g	25,7 %
NaOH : 15,69 ml		Poudre blanche : 0,33 g	3,3 %

Résumé

Nous avons tenté à travers ce travail de récupérer les hydroxydes métalliques présents dans la boue de la station de purification de Taksebt. Après décantation la partie solide de la boue a été attaquée à l'eau régale. Nous avons obtenu une solution de couleur jaune orangé et un résidu de couleur marron. La solution jaune orangé a été précipitée à l'aide d'une solution NaOH 4M. Il y a eu formation d'une solution et d'un précipité marron. La solution a subi une deuxième attaque avec une solution de soude 4M qui a donné une solution et un précipité de couleur blanche. Après ces deux attaques nous avons obtenus une poudre marron et une poudre blanche. Ces dernières ont été analysées par différentes techniques telles que la mesure de densité, MEB, DRX et IR. De tels résultats montrent l'existence des ions Al^{3+} et Fe^{3+} dans une boue rejetée par la station de traitement de Taksebt.

Mots clés : Hydroxydes métalliques, Précipitation, MEB, DRX, IR.

Abstract

We tried through this work to recover the metallic hydroxides present in the sludge of the Taksebt purification station. After decantation the solid part of the sludge was attacked with aqua regia. We obtained a yellow-orange solution and a brown residue. The yellow-orange solution was precipitated with 4M NaOH solution. A brown solution and a brown precipitate were formed. The solution underwent a second attack with a 4M sodium hydroxide solution which gave a white solution and precipitate. After these two attacks we obtained a brown powder and a white powder. These were analyzed by different techniques such as density measurement, SEM, XRD and IR. Such results show the existence of Al^{3+} and Fe^{3+} ions in a sludge rejected by the Taksebt treatment plant.

Key words: Metal hydroxides, Precipitation, SEM, XRD, IR.