

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Draïa Adrar



Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Hydrocarbures et Energies Renouvelables

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Thème :

**Traitement des eaux usées par filtration sur différents
types de sable**

Préparé par :

M. Benslimane Othmane

M. Touil Abdeldjabar

Membres de jury d'évaluation :

Dr. BOUSSEM Faïçal	Président	MCB	Univ. Adrar
M. BENABDELKABIR Abbas	Encadreur	MAA	Univ. Adrar
Dr. KHELIFI Omar	Co-encadreur	MCA	Univ. Adrar
M. RAHMOUNI Mustapha	Examineur	MAA	Univ. Adrar

Année Universitaire : 2021/2022



شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): بن عبد الوكيل عباس
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ Traitement des eaux usées par filtration sur différentes types de sable
من إنجاز الطالب(ة): عبد الحبار طويل
و الطالب(ة): بن سليمان عثمان
كلية: العلوم والتكنولوجيا
القسم: قسم المحروقات والطاقات المتجددة
التخصص: هندسة كيميائية
تاريخ تقييم / مناقشة: 06.06.2022 م
أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.
ويمكنهم إيداع النسخ الورقية (02) والالكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

ادرار في: 09 جوان 2022

مساعد رئيس القسم:



Remerciement

Au terme de ce modeste mémoire, je tien à remercier notre dieu ; qui nous a donné le courage pour arriver au bout de nos études

Je voudrais aussi exprimer toute ma gratitude et mes remerciements à:

M. BENABDELKABIR Abbas pour son encadrement, son aide, ses encouragements et ses conseils.

Dr. KHELIFI OMAR pour son aide, ses encouragements et ses conseils.

oupe de travail des laboratoires: A.N.R.H et laboratoire chimique d'université, pour leurs explications et collaborations.

Tous les amis qui travaillent avec nous dans laboratoire pour leur collaboration.

En fin, mon profonde gratitude aux membres du jury qui vont juger ce travail.

OTHMAN + DJABAR

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

*A celle qui attend mon retour à chaque coucher de soleil
A celle qui m'a comblé d'affection, d'amour et de tendresse,
et qui a veillé à culte de mon berceau pour consoler mes cris
de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le faire.*

Ma mère

*Ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à
aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu
moralement et matériellement*

Mon père

A mes très chères frères: Abdeallh et Mustapha et Salah.

Ames très chères sœurs:

Leïla; Soumia; Nacira

A mon binôme Djabar

*A toute la famille; sans oublier tous mes amis
A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

OTMAN

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

*A celle qui attend mon retour à chaque coucher de soleil
A celle qui m'a comblé d'affection, d'amour et de tendresse,
et qui a veillé à culte de mon berceau pour consoler mes cris
de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le faire.*

Ma mère

*Ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à
aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu
moralement et matériellement*

Mon père

A mes très chères frères: Abedhamid et Abedmajid.

A mon binôme Othman

*A toute la famille; sans oublier tous mes amis
A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loï*

DJABAR

Table Des Matières

Remercîment	II
Table Des Matières	V
Liste Des Tableaux.....	IX
Liste Des Figures.....	X
Liste Des Abréviations.....	XII
Introduction Générale	1
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées	
1.Introduction.....	3
2.Pollution des eaux	3
2.1.Définition de la pollution des eaux	3
2.2.Types de pollution.....	3
3.Définition des eaux usées	4
4.Origine des eaux usées.....	4
4.1. Eaux usées domestiques.....	4
4.2 Eaux usées industrielles.....	5
4.3. Eaux usées agricoles.....	5
4.4. Eaux pluviales	5
5.Caractéristiques des eaux usées.....	6
5.1. paramètres organoleptiques.....	6
5.2. paramètres physico-chimiques	6
5.3. paramètres de pollution.....	8
6. Normes internationales.....	10
7. Normes Algériennes	11
8. Conclusion	12

Chapitre II : Filtration sur sable

1. Introduction.....	14
2. Rôle de la filtration	14
3. Critères de choix du type de filtration	14
4. Evolution des techniques de filtration	15
4.1. Filtres ouverts	15
4.2. Filtres sous pression	16
5. Colmatage et régulation des filtres	16
6. différents procédés de filtration	16
6.1. Filtration par gravité	16
6.2. filtration par surpression	16
6.3. filtration sous pression réduite	16
7. Types de filtres	16
7.1. Filtres lents	16
7.2. Filtres rapides	16
8. Matériaux filtrants utilisés en traitement de l'eau	17
8.1. Types de matériaux	17
8.2. Choix des matériaux	17
9. Caractérisation du sable de filtration	18
9.1. Origine	18
9.2. Préparation et forme des grains	18
9.3. Courbe granulométrique	19
9.4. Masses volumiques absolue et apparente	20
9.5. Porosité d'une masse granulaire	21
9.6. perméabilité.....	21
10. Conclusion	21

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Introduction.....	24
2. Choisir le meilleur sable pour filtrer les eaux usées	24
2.1. analyse granulométrique.....	24
2.2. Mesure de Le potentiel Hydrogène (pH)	26
2.3. Mesure de conductivité électrique (CE).....	27
2.4. Porosité	28
3. Préparation de la solution mère de bleu de méthylène (BM)	29
3.1. Détermination de la longueur d'onde maximale d'absorption (λ_{max})	29
3.2. Courbe d'étalonnage	30
4. dispositif expérimental	31
4.1. Déroulement de l'expérience.....	31
5. Traitement et filtration des eaux usées à l'aide du meilleur sable	33
5.1. origine et nature de l'eau usée utilisée	33
5.2. Coagulation.....	33
5.3. Description dispositif de filtration.....	34
6. analyses physico-chimiques	35
6.1. PH, carbonates (CO_3^{2-}), bicarbonates (HCO_3^-), OH^-	35
6.2. Mesure de la conductivité électrique.....	36
6.3. Détermination du résidu sec	37
6.4. turbidité	38
6.5. Dosage des sulfates	39
6.6. Dosage de l'azote ammoniacal	40
6.7. Dosage des nitrates	41
6.8. Dosage des nitrites	42
6.9. Dosage des phosphates (PO_4^{3-})	43
6.10. Dosage des matières organiques par oxydabilité au permanganate	44
6.11. Détermination de la demande chimique en oxygène	45
6.12. Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO5)	47

Chapitre IV : Résultats et Discussions

1. Caractéristique physico-chimique de sol	50
1.1. Granulométrie	50
1.2. Composition chimique et minéralogique	56
2. Étude de la dégradation de BM	59
3. Caractéristique physico-chimique des eaux filtrées	60
3.1. pH.....	60
3.2. Conductivité électrique CE	60
3.3. Turbidité	61
4. paramètres de pollution	61
4.1. Ammonium	62
4.2. Nitrite et Nitrate	62
4.3. Phosphate	62
4.4. Matière organique	62
4.5. Demande Chimique en Oxygène (DCO)	62
4.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5)	62
5. Conclusion	63
Conclusion Générale.....	65
Références Bibliographique.....	66
المخلص.....	71
Résumé.....	71
Abstract	71

Liste Des Tableaux

Tableau I. 1: normes physico-chimiques de rejets de l'OMS (1989)	10
Tableau I. 2: valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur	11
Tableau II. 1: Domaines d'application des différents types de filtration	14
Tableau II. 2: compositions chimique et minéralogique d'un sable de filtration	19
Tableau III. 1: Valeurs d'absorbance à $\lambda_{\max}= 666$ nm pour le bleu de méthylène	30
Tableau III. 2: intervalles de volume de DBO5 après la détermination de DCO	48
Tableau IV. 1 : Résultats de l'analyse granulométrique du sable T (TIMIMOUN)	50
Tableau IV. 2 : Résultats de l'analyse granulométrique du sable AIN (AIN-BOUDA)....	50
Tableau IV. 3 : Résultats de l'analyse granulométrique du sable EL (EL-MENIA)	50
Tableau IV. 4 : Caractéristiques physiques du trois types de sable	51
Tableau IV. 5 : Résultats de l'analyse chimique et minéralogique.....	56
Tableau IV. 6 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées	60
Tableau IV. 7 : paramètres de pollution de l'eau filtrée.....	61

Liste Des Figures

Figure II. 1: Exemple de filtre (coupe schématique).....	15
Figure II. 2: Courbe granulométrique	19
Figure II. 3: Dispositif expérimental pour la détermination de la perméabilité	21
Figure III. 1: machine de tamisage.....	25
Figure III. 2: différents refus de tamis	25
Figure III. 3: : pH utilisé	26
Figure III. 4: Conductimètre utilisé.....	28
Figure III. 5: : solution de BM.....	29
Figure III. 6: Spectre d'absorption UV-Visible du bleu de méthylène.....	30
Figure III. 7: : courbe d'étalonnage	31
Figure III. 8: Montage de la filtration sur sable	32
Figure III. 9: filtration sur les trois échantillons de sable	32
Figure III. 10: Après 30 minutes d'ajoute sulfate d'aluminium	34
Figure III. 11: Pilote réelle utilisé	34
Figure III. 12: récupération de filtrat	35
Figure III. 13: Mesure de pH	36
Figure III. 14: Mesure de CE	37
Figure III. 15: Mesure de résidu sec	38
Figure III. 16: Turbidimètre	39
Figure III. 17: Dosage de MO.....	45
Figure III. 18: Détermination de DCO.....	46
Figure III. 19: Mesure de DBO5	48
Figure IV. 1: Distribution granulométrique des sables utilisés (T, EL, Ai)	51
Figure IV. 2: Evolution du module de finesse des sables.....	53
Figure IV. 3: Evolution des D10 avec le type de sable étudié	53
Figure IV. 4: Evolution des D60 avec le type de sable étudié	54
Figure IV. 5: Evolution des CU avec le type de sable étudié.....	54
Figure IV. 6: Evolution des porosités avec le type de sable étudié.....	55

Figure IV. 7: Evolution des perméabilités en fonction du type de sable étudié.....	55
Figure IV. 8: Comparaison des masses volumiques abs et app des différents sables	56
Figure IV. 9: Evolution des volumes inter-particulaires avec le type de sable étudié	57
Figure IV. 10: Evolution le pH avec le type de sable étudié.....	58
Figure IV. 11: Evolution le CE avec le type de sable étudié.....	58
Figure IV. 12: Comparaison de rendement entre les échantillons utilisé.....	59

Liste Des Abréviations

AIN	AIN - Bouda
T	Timimoun
EL	EL – Menia
BM	Bleu de Méthylène
ANRH	Laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
CE	Conductivité électrique
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
PH	Potentiel d'Hydrogène
ppm	Partie par million.
RS	Résidu sec
Sf	Sable fin
Sg	Sable gros
V	Volume
NTU	Nephelometric Turbidity Unit

Introduction Générale

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel.

Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

L'eau est un bien précieuse qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. Les pollutions présentes dans l'eau sont d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole.

Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu, les boues et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises.

En effet plusieurs méthodes et procédures permettent le traitement des eaux usées ; parmi lesquelles la filtration biologique sur sable. Cette technique est utilisée depuis 1900, cette méthode est largement utilisée pour les traitements des eaux usées municipales.

La filtration sur sable a été étudiée en différents points de vue surtout de côté rendement épuratoire. Au niveau de laboratoire physico-chimique et bactériologique, quelques projets de fin d'étude entament la filtration sur sable, ces travaux étudient l'effet de dimensionnement du filtre et le type de sable utilisé.

Notre travail porte sur l'étude pratique de l'effet de la filtration des eaux usées sur trois types de sable: Timimoun et Ain-bouda et El-menial, où on a suivi quelques paramètres physico-chimiques ainsi que les paramètres de pollution.

Ce mémoire contient deux grandes parties : la première partie consiste en une étude bibliographique sur les eaux usées, les différents modes de traitement, la filtration biologique et la caractérisation des supports filtrants.

La deuxième partie contient les différents matériels et les méthodes d'analyses réalisées aux eaux usées et les sables utilisés ainsi que les conditions opératoires opérées dans cette étude. Enfin, on termine par la présentation des différents résultats et leurs discussions.

Enfin une conclusion générale suivie des recommandations.

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

1.Introduction

Les eaux de surface constituent un écosystème où règne une communauté d'êtres vivants qui établissent des relations et interactions entre eux et leur milieu. Dans ce fragile équilibre, un seul facteur de l'écosystème est modifié, et c'est l'équilibre qui est perturbé. C'est ainsi que la présence ou la sur abondance d'un élément dans un écosystème dont il est normalement absent constitue une pollution. Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants. Ces polluants s'ils se retrouvent directement dans les milieux naturels perturbent les écosystèmes. Les eaux usées nécessitent d'être traitées avant leur évacuation dans le milieu récepteur, la protection de l'environnement en dépend [1].

2. Pollution des eaux :

2.1.Définition de la pollution des eaux

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Selon leurs natures, on distingue divers types de pollution [2].

2.1.1. Types de pollution :

2.1.1.1. Pollution physique :

Elle est due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [1].

2.1.1.2. Pollution chimique :

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements de polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines [3].

2.1.1.3. Pollution microbiologique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [4].

2.1.1.4. Pollution par le phosphore :

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire. [5].

Le phosphore est un élément nutritif, Sa présence en abondance dans les milieux hydrauliques superficiels est une problématique, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [6].

2.1.1.5. Pollution par l'azote :

L'élément azote existe principalement sous forme ionique (ammonium NH_4^+ , nitrite NO_2^- et nitrate NO_3^-) ainsi que sous forme gazeuse (N_2). L'origine de ces polluants est par ordre décroissant : L'utilisation massive des engrais, le développement industriel et le rejet des eaux résiduaires urbaines. Nos eaux usées contiennent de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Ces ions se transforment en milieu acide faible en ions nitrites qui sont toxiques pour l'organisme humain, puis en nitrates qui constituent aussi un agent fertilisant susceptible de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique [7].

3. Définition des eaux usées :

Les eaux usées constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme pour ses propres besoins et au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles, les eaux usées constituent un milieu de culture pour de très nombreuses espèces de microorganismes pathogènes et à ce titre elles pouvant être à l'origine de graves problèmes de santé publique surtout dans les pays où les conditions d'hygiène sont défavorables [8].

4. Origine des eaux usées :

Suivant l'origine et la qualité des substances polluante, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

4.1. Eaux usées domestiques :

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent [4, 9, 10] :

✚ Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides protides), et des produits détergents ;

✚ Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents ;

✚ Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées ;

✚ Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes.

4.2. Eaux usées industrielles :

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi- industrielles (station de lavage et graissage, station d'essences, etc. Qui sont caractérisés par une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution [11].

Elles sont très différentes des eaux usées domestique, Leur caractéristiques varient d'une industrie à l'autre, En plus de matière organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en substances chimiques, organique et métallique, selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir [12] :

- ❖ Des hydrocarbures (raffineries)
- ❖ Des métaux (métallurgie)
- ❖ Des acides, des bases et diverse produits chimiques
- ❖ De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermique)
- ❖ Des matières radioactives (centrales nucléaires)

4.3. Eaux usées agricoles :

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent Présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement des [13] :

- ❖ Fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou nonsur l'exploitation)
- ❖ Produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides).

4.4. Eaux pluviales :

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de La terre,

des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents, etc. [14].

5. Caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique, ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyse. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes [15].

5.1. Paramètres organoleptiques :

5.1.1. Couleur :

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement [16]. La coloration d'une eau 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 [17].

5.1.2. Odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

✓ L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

✓ La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances [18].

5.2. Paramètres physico-chimiques :

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels.

5.2.1. Température :

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures

variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C [17].

5.2.2. Potentiel hydrogène (pH) :

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution bio disponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien

5.2.3. Turbidité :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [19].

5.2.4. Matières en suspension (MES) :

Ce sont des particules solides très fines qu'on peut voire à l'œil nue. Théoriquement, elles déterminent la turbidité de l'eau et limitent la pénétration de la lumière diminuant ainsi la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique [20].

MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} \quad \text{Équation (I.1)}$$

5.2.5. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau). Elle s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$ et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm/cm . La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [14].

5.2.6. Oxygène dissous (OD) :

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l [21].

5.2.7. Résidu Sec (RS) :

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l [22].

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée.

Le résidu desséché est ensuite pesé [23].

5.2.8. 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 (ions 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 [24].

5.3. Paramètres de pollution :

5.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO) :

Elle correspond effectivement à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné. L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le permanganate de potassium à chaud en milieu acide). La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO [25].

5.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO5) :

La demande biochimique en oxygène (DBO) est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après incubation durant 5 jours, à 20°C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solutionensemencée ou non [26].

Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité d'une eau.

La biodégradabilité traduit d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient k tel que [27] :

$$K=DCO/DBO5 \quad \text{Équation (I.2)}$$

Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ;

Si $1,5 < k < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

Si $2,5 < k < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

Si $k > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

5.3.3. L'azote :

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral, il constitue la majeure partie de l'azote total [21].

5.3.4. Nitrates NO_3^- :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs stimule le développement de la faune aquatique.

Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates [15,28].

5.3.5. Nitrites NO_2^- :

Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates. Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température [28].

5.3.6. Phosphore total (PT) :

Le phosphore se trouve dans les ERI sous formes :

- D'ortho phosphate, soluble PO_4H_2 .
- De polyphosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho phosphate.
- De phosphore non dissous.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie [6, 15].

Les phosphates PO_4^{3-} sont généralement responsables de l'accélération du phénomène

Eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration [17].

6. Normes internationales :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant [29] :

Tableau I. 1: *Tableau des normes physico-chimiques de rejets de l'OMS (1989) [30].*

Paramètres	Normes utilisées (OMS)	Unité
T	30	°C
pH	6.5-8.5	-
O ₂	05	mg/l
DBO ₅	30	mg/l
DCO	90	mg/l
MES	30	mg/l
Zinc	02	mg/l
Chrome	0.1	mg/l
Azote total	50	mg/l
Phosphates	2	mg/l
Hydrocarbures	10	mg/l
Détergents	01	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l

7. Normes Algériennes :

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau (I.2)

Tableau I. 2 : valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) [31]

Les paramètres	Les valeurs maximales	Unités
Températures	30	°C
pH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg/l
DBO5	35	mg/l
DCO	120	mg/l
Azote Kjeldahl	30	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0.1	mg/l
Aluminium	0.3	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Fer	03	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercuré total	0.01	mg/l
Plomb total	0.5	mg/l
Cuivre total	0.5	mg/l
Zinc total	03	mg/l
Huiles et Graisses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	10	mg/l
Fluor et composés	15	mg/l
Étain total	02	mg/l
Composés organiques chlorés	05	mg/l

8. Conclusion :

Compte-tenu des éléments présents dans les eaux usées, la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, la quantité et la composition de contaminants qui parvient dans l'environnement dépend de la population à l'origine de la production des eaux usées.

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eaux usées dans le milieu récepteur sont nombreuses, elles sont dues à la présence d'éléments polluants contenus dans l'eau sous forme dissoute ou particulaire, par conséquent, il faut traiter cette eau pour limiter, voir même éliminer les risques qui posent des problèmes sur la santé des habitants.

Chapitre II

Filtration sur sable

1. Introduction

La filtration est de procéder à la séparation la plus complète possible entre l'eau et les différentes sortes de particules en suspension. La séparation s'effectue à travers une masse granulaire. Que l'eau soit décantée (ou « flottée ») ou non, il faut toujours la filtrer pour que l'élimination des matières insolubles soit aussi complète que possible dans le but d'obtenir une eau avec une turbidité voisine de zéro. [32]

2. Rôle de la filtration :

Une filtration est souvent indispensable, ne serait-ce que par mesure de sécurité et pour parvenir à une clarification correcte de l'eau. La chaîne de traitement se termine donc, dans la grande majorité des cas, par un filtre ou plus exactement par une batterie de plusieurs filtres, permettant de maintenir le fonctionnement de l'installation lorsqu'un des filtres est à l'arrêt pour une anomalie. Les particules à éliminer peuvent exister à l'état naturel dans les ressources à l'état d'argiles, limons, sables, plancton, bactéries, parasites et des virus [33].

3. Critères de choix du type de filtration en fonction de la qualité d'eau et du prétraitement :

Les critères de choix présentés dans ce chapitre sont valables pour la filtration utilisée en tant que méthode de clarification (l'aspect biologique n'est pas pris en compte). Le tableau (II.1), présenté ci-après, indique les domaines possibles d'application des différents types de filtration en fonction de certaines caractéristiques de l'eau brute. Ce tableau est valable pour énumérer les techniques les techniques utilisées pour le traitement des eaux superficielles. [34]

Tableau II. 1 : Domaines d'application des différents types de filtration

Prétraitement avant filtration	Type de filtration	Qualité de l'eau brute			
		Turbidité (NTU)	Couleur (CU)	Algues (unités/ml)	Coliformes totaux (100 ml)
Coagulation-floculation-séparation	Filtration rapide mono ou bicouche	Pas de restriction	<75	Pas de restriction	<5000
Coagulation-floculation	Filtration rapide mono ou bicouche	< 15	<40	< 1 000	<500
Coagulation-contact	Filtration rapide mono ou bicouche	<15	<20	< 1 000	<500
Coagulation directe	Filtration rapide en mono ou en bicouche.	<15	<20	< 1 000	<500
Microtamisage	Filtration lente.	< 10	<5	<200	<800

4. Evolution des techniques de filtration :

En fonction des performances qu'ils peuvent réaliser, il existe différents types de filtres :

- De la vitesse de filtration (V), exprimée par le quotient du débit (Q) sur la surface de la masse filtrante (S_f), soit :

$$V = Q / S_f \quad \text{Équation (II.1)}$$

- Des pertes de charge (perte d'énergie potentielle se traduisant par une différence de niveau d'eau) qu'ils occasionnent,
- Du cycle de filtration (durée de fonctionnement entre deux opérations de lavage).

4.1. Filtres ouverts :

De conception française, le filtre de ce type est constitué généralement d'un bassin rectangulaire en béton armé, divisé en deux compartiments horizontaux par un faux-plancher situé à quelques décimètres au-dessus du radier. Un matériau filtrant (le plus souvent du sable) est déposé sur ce faux-plancher pour constituer un lit dont l'épaisseur est de l'ordre de 1 m, (de 0,70, à 1,20m).

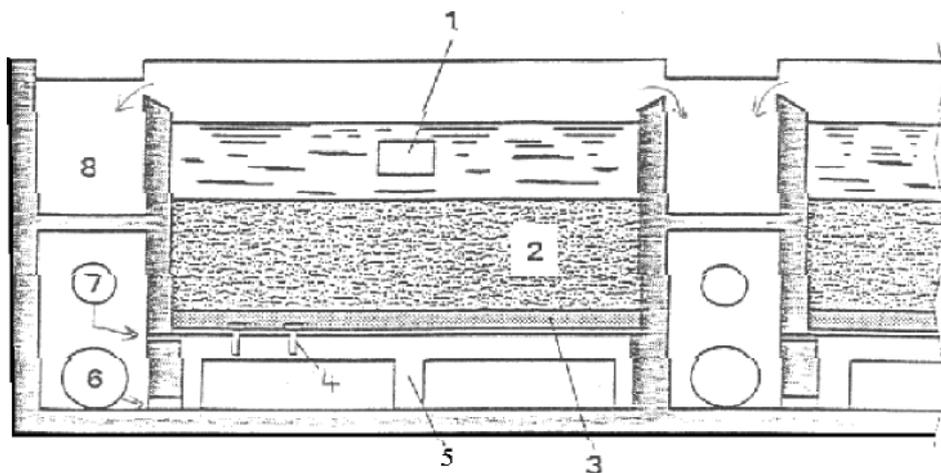


Figure II. 1: Exemple de filtre (coupe schématique).

- 1- Admission de l'eau. 2- Sable filtrant. 3- Plancher de béton.
- 4- Crépines (passage de l'eau filtrée, ainsi que de l'eau et de l'air de lavage).
- 5- Poutres de soutien. 6- Sortie de l'eau filtrée et admission de l'eau de lavage.
- 7- Admission de l'air de lavage. 8- Goulotte d'évacuation des eaux sales de lavage.

L'eau décantée est admise au-dessus du lit filtrant, traverse celui-ci de haut en bas, ainsi que le faux-plancher qui comporte les dispositifs nécessaires à cet effet pour pénétrer dans le faux fond (entre faux-plancher et radier) où elle est filtrée et débarrassée de ses impuretés les plus fines dans le but de l'évacuer à l'extérieur. [35]

4.2. Filtres sous pression :

Les filtres de ce type sont en cuves fermées, cylindres horizontaux ou verticaux suivant les surfaces de filtration désirées et fonctionnent sous pression. Dans ces filtres fermés, les dispositifs de régulation sont adaptés à leur mode de fonctionnement et les planchers filtrants souvent remplacés par des raquettes perforées, munies elles-mêmes de buselures ou simplement noyées dans du gravier.

5. Colmatage et régulation des filtres :

Le mécanisme de la filtration consiste dans l'adsorption et la rétention sur les grains de matériaux filtrant des particules flocculées. Le "colmatage" qui se produit ainsi accroît la perte de charge due au fonctionnement du filtre. Cette dernière se manifeste par la différence de niveau entre le plan d'eau sur le filtre et le plan d'eau dans une cuve de réception d'eau filtrée, à la sortie du filtre qui fonctionne à un débit donné. [35]

6. Différents procédés de filtration :

6.1. Filtration par gravité :

Le mélange est soumis uniquement à la pression atmosphérique. Le liquide passe à travers le support filtrant, qui peut être du sable par exemple, tandis que le solide est récupéré sur le support filtrant.

6.2. Filtration par surpression : La suspension arrive sous pression dans le filtre.

6.3. Filtration sous pression réduite :

Le mélange est soumis d'un côté du filtre à la pression atmosphérique et de l'autre côté, où sort le filtrat, à une dépression réalisée grâce à une pompe à vide. Lors du passage d'une suspension à travers un milieu filtrant, le fluide circule à travers les ouvertures tandis que les particules sont arrêtées. En s'enchevêtrant, ces dernières finissent par former un second milieu filtrant pour les autres particules qui se déposent d'une manière continue sous forme de gâteau dont l'épaisseur va en croissant au fur et à mesure de l'écoulement de la suspension. [32]

7. Types de filtres :

Les filtres sont classés en fonction de différents types suivant la vitesse de filtration :

7.1. Filtres lents : 1 à 2 m/h : Ils sont efficaces mais exigent de grandes surfaces.

7.2. Filtres rapides : 4 à 25 m/h : Ils sont les plus rapides. Il en existe deux catégories

- Les filtres ouverts ou filtres rapides gravitaires où la couche d'eau à filtrer est de 0.5m
- Les filtres sous pression [36].

8. Matériaux filtrants utilisés en traitement de l'eau :

Les matériaux de filtration rencontrés dans le traitement des eaux sont divers. Ils doivent présenter les qualités suivantes, à savoir :

- Etre insolubles,
- Etre non friables,
- Ne larguer aucune substance susceptible d'altérer la qualité de l'eau. [37]

8.1. Types de matériaux : Les trois matériaux les plus employés sont :

8.1.1. Sable :

Le sable utilisé en filtration est un matériau naturel, à base de silice, provenant de rivières, de gisements naturels, de dunes, ou obtenu à partir de galets marins. Sa densité réelle est d'environ 2.5 à 2.7.

8.1.2. Sable concassé :

Est obtenu par un broyage de silex de carrière ou de galets de mer, suivi d'opérations de lavage, séchage et tamisage. Il présente des grains anguleux, favorables à la rétention des particules lors de la filtration.

8.1.3. Sable roulé :

Est un sable naturel, tamisé après lavage et séchage. Contrairement au sable concassé, il possède des grains arrondis.

8.1.4. Anthracite :

L'anthracite est un matériau à base de carbone, obtenu par calcination de matériel végétal tel que le bois ou la tourbe. Il se présente sous la forme de grains durs et anguleux.

8.1.5. Charbon actif :

Le charbon actif est également un matériau à base de carbone, obtenu par calcination et activation de bois, houille, tourbe ou noix de coco. [38]

8.2. Choix des matériaux :

8.2.1. Nature du matériau :

Pour une clarification, les matériaux les plus courants sont le sable et l'anthracite. Le sable est employé seul en tant que monocouche, ou associé à de l'anthracite dans les filtres bicouches. Les supports de filtration biologique (déferrisation, démanganisations, nitrification, dénitrification) sont le sable et le charbon actif en grains.

8.2.2. Choix de la granulométrie :

Le choix de la granulométrie des matériaux repose sur plusieurs critères, dont :

- la qualité de l'eau à filtrer,
- la vitesse de filtration,
- la hauteur de la couche filtrante,
- la qualité d'eau filtrée qui est recherchée,
- la perte de charge disponible,
- la durée de cycle souhaitée.

Ces critères ne peuvent être considérés de façon indépendante. [39]

8.2.3. Sable de filtration :

Parmi les matériaux granulaires utilisés en traitement d'eau, il y a le sable est le milieu le plus couramment mis en œuvre, qu'il s'agisse de production d'eau destinée à la consommation humaine, d'eaux de piscine, d'eaux pour utilisation industrielle ou de filtration d'eaux issues de stations d'épuration en traitement tertiaire. Le sable doit répondre à certaines exigences afin d'être apte à la filtration. Il convient de plus de connaître ses caractéristiques afin de choisir le sable le mieux adapté à l'application pour laquelle il est destiné. [40.41]

9. Caractérisation du sable de filtration :

9.1. Origine : Le sable peut être extrait de rivières ou provenir de régions côtières (galets).

9.2. Préparation et forme des grains :

9.2.1. Préparation :

- **Sable de rivière :** lavage → séchage → dépoussiérage → tamisages successifs ;
- **Sable de mer :** lavage → broyage → séchage → dépoussiérage → tamisages successifs.

9.2.2. Forme des grains :

- Sable de rivière roulé : arêtes arrondies ;
- Sable de mer broyé : angles à arêtes vives.

A granulométrie égale, l'augmentation de la perte de charge au travers du lit filtrant est légèrement plus importante avec des grains roulés qu'avec des grains anguleux, car ces derniers s'imbriquent moins bien que les premiers, d'où des sections de passage plus importantes. On en déduit qu'à granulométrie égale, la qualité de l'eau filtrée peut être meilleure avec un lit constitué de grains à arêtes arrondis. [42]

Tableau II. 2 : compositions chimique et minéralogique représentatives d'un sable de filtration

Composition chimique		Composition minéralogique	
SiO ₂	87,00%	Rutile (oxyde de titane)	0,02%
Al ₂ O ₃	6,61%	Chlorite	0,47%
CaO	0,11%	Gypse	0,06%
MgO	0,07%	Mica	3,45%
Fe ₂ O ₃	0,45%	Feldspath (aluminosilicate)	28,19%
Na ₂ O	1,10%	Quartz	66,87%
K ₂ O	3,51%		
SO ₃	0,03%		

9.3. Courbe granulométrique :

C'est le tracé de la courbe de pourcentage de la masse (tamisât) de chaque fraction granulométrique passant à travers une série de tamis d'essais en fonction de l'ouverture de la maille du tamis.

Elle est établie conformément à la norme ISO 2591-1. La répartition granulométrique permet de déduire deux valeurs caractérisant le sable

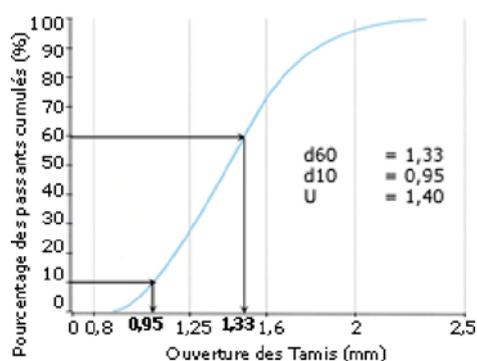


Figure II. 2 : Courbe granulométrique

- La taille effective, d_{10} , correspondant à l'ouverture de maille théorique par laquelle passe 10% des particules ;
- Le coefficient d'uniformité, U , qui est le rapport de l'ouverture de maille de tamis qui permet le passage de 60% de particules, à l'ouverture de maille de tamis permettant le passage de 10% des particules :

$$U = d_{60}/d_{10}.$$

- La taille effective, d_{10} , doit être choisie en fonction de la nature de l'eau devant être filtrée et du type de filtration. La tolérance admise par rapport à la valeur nominale annoncée par le producteur est de $\pm 5\%$. Le coefficient d'uniformité U doit être inférieur à 1,5.
- Plus la valeur de U se rapproche de 1, meilleure est l'homogénéité obtenue pour le lit filtrant, ce qui permet de réduire les pertes de charge et d'obtenir une rétention en profondeur des matières en suspension.

Il est également important que les proportions de particules les plus fines et les plus grossières définies par la courbe de répartition granulométrique soient les plus faibles possibles.

9.4. Masses volumiques absolue et apparente :

9.4.1. Masse volumique absolue :

Elle est définie comme étant le rapport de la masse divisée par volume à l'exclusion du volume poreux et des cavités internes. Elle varie de 2,6 à 2,7 kg/l suivant l'origine du sable et en particulier de sa teneur en silice. Plus celle-ci est élevée, plus la masse volumique absolue est élevée.

9.4.2. Masse volumique apparente :

Où masse volumique des particules : Définie par le rapport de la masse divisée par son volume incluant les pores et les cavités internes, elle dépend également de la composition chimique du sable, mais aussi de sa granulométrie. Plus la taille effective est importante, moins grande est la masse volumique apparente. La comparaison entre les deux masses volumiques, absolue et apparente, permet de définir le volume inter-particulaire servant à la rétention des matières. Ainsi, pour un sable de TE d_{10} de 0,95 mm, la masse volumique apparente est de l'ordre de 1,46 kg/l (sable de rivière roulé à 87% de silice) tandis que la masse volumique absolue est de 2,60 kg/l ; le volume inter-particulaire est de 44% : [43.44] Par définition, on a :

$$V_i = 1 - \left(\frac{M_{vap}}{M_{vab}} \right) \quad \text{Équation (II.2)}$$

où V_i , M_{vap} et M_{vab} sont le volume interparticulaire, la masse volumique apparente et la masse volumique absolue du sable respectivement.

$$V_i = 100 \times \left(1 - \left(\frac{1.46}{2.6} \right) \right) = 44\% \quad \text{Équation (II.3)}$$

9.5. Porosité d'une masse granulaire :

La porosité d'une couche de matériau granulaire, encore appelée fraction de vide, est la proportion de vide existant entre les grains de matériau empilés. La porosité, notée ε est désignée par un nombre sans dimension (ou un pourcentage)

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\text{volume réel du matériau}}{\text{volume apparent du matériau}} \right) \quad \text{Équation (II.4)}$$

La porosité d'un empilement de grains ne dépend que de leur forme et de leurs dispositions géométriques relatives et non de leur taille. Pour un lit filtrant composé de grains anguleux (sable, anthracite), la porosité obtenue après tassement du matériau est de l'ordre de 0,35 à 0,40.

9.6. Perméabilité :

Ce paramètre est exprimé par le coefficient de perméabilité K qui figure dans **la loi de Darcy**

$$Q = K.A. DH/L \quad \text{Équation (II.5)}$$

Où Q , A , L , DH sont le débit de l'eau, l'aire de la couche mesurée perpendiculairement à la direction de l'écoulement, l'épaisseur de la couche et la chute totale de pression à travers la couche, exprimée en hauteur d'eau respectivement Elle est déterminée en utilisant le dispositif faisant l'objet de la Figure II. 3. [45]

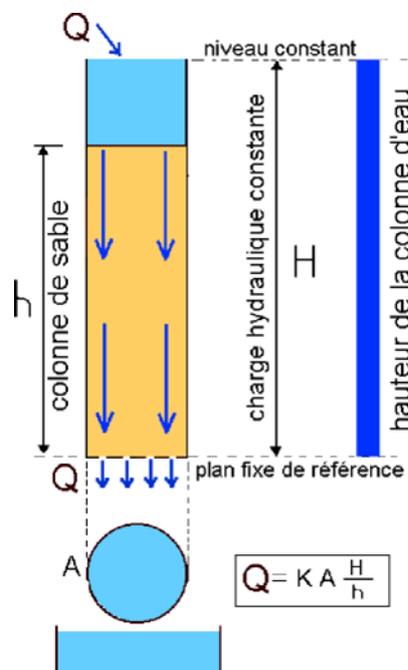


Figure II. 3 : Dispositif expérimental pour la détermination de la perméabilité.

10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de faire une synthèse bibliographique sur la filtration sur sable et ses mécanismes aussi nous avons détaillé plus particulièrement sur les différents types de filtres et à la fin nous concluons que cette méthode de traitement peut éliminer les MES existant dans les eaux contaminés.

Chapitre III

Matériels et méthodes

1. Introduction

Toutes les analyses réalisées dans cette étude, ont été fait au sein de deux laboratoires ;

1- Laboratoire de l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH) ;

2- Laboratoire de chimie de l'université d'Adrar.

L'objectif de notre travail expérimental est de faire des expériences de filtration par différents types de sable (El-Menia, Timimoun et Ain-bouda) afin de faire une comparaison entre les différents types et de choisir le meilleur type de sable pour le traitement des eaux usées.

2. Choisir le meilleur sable pour filtrer les eaux usées :

2.1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique ou bien la granulométrie est l'opération de laboratoire qui admet de déterminer la répartition des particules d'un échantillon suivant leur dimension. Ce processus peut se faire par fois par le tamisage humide : lorsqu'on ajoute l'eau pour les sables très fines ou par le tamisage à sec, qu'est le contraire de la méthode précédent [46].

2.1.1. Principe :

Le principe de cette manipulation consiste à prendre un échantillon de sable après verser dans une colonne de tamis dont les tamis sont classés dans l'ordre croissant (de bas à haut). La pesée des refus des tamis permet de tracer la courbe granulométrique.

2.1.2. Mode opératoire :

Organiser premièrement la série de tamis selon leur dimension croissante de bas en haut (80 μm à 2 mm), on mettre le fond pour éviter la perte de poussière ou récupérer les éléments fins qui passant à travers ces tamis

- Puis verser 1kg de sable sur le tamis supérieur.
- Fermer bien la colonne par le couvercle
- Faire l'agitation mécanique à peu près 5 min.

Les tamis utilisés sont normalisés et peuvent être de l'Association Française de Normalisation (AFNOR)



Figure III. 1: machine de tamisage

- Après le tamisage de sable étudié chaque tamis a son spécial refus. On mesure le poids récupérer.



Figure III. 2 : différents refus de tamis

- Enfin on calcule le pourcentage refus cumulés :
- ✓ **Pourcentage refus cumulés R (%)** : Est la masse de refus du tamis ayant la plus grande maille. Soit R_1 la masse de ce refus et on rajoute R_2 la masse du deuxième refus. Pour calculer ce pourcentage on utilise la relation suivante :

$$R (\%) = (100 \cdot R) / M_s \quad \text{Équation (III.1)}$$

Avec :

R : Est la masse de refus cumulés (g).

M_s : Est la masse totale de sable (la somme de refus).

- ✓ **Pourcentage de passant cumuler (tamisât) T (%)** : Le tamisât est la partie de matériau qui passe au travers du tamis.

$$T (\%) = 100 - R (\%) \quad \text{Équation (III.2)}$$

2.2. Mesure de Le potentiel Hydrogène (pH) :

Le pH fait partie d'une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques des sols, car la spéciation, et donc la mobilité et la biodisponibilité des éléments traces métalliques sont liées à sa valeur. Le pH est défini par la relation : $\text{pH} = -\log \text{H}^+$ [47]



Figure III. 3 : pH utilisé

2.2.1. Principe :

La mesure du pH s'effectue sur une suspension de terre fine. Le pH eau mesure l'acidité réelle et prend en compte les ions H_3O^+ libres dans la solution du sol.

2.2.2. Matériels utilisés :

- Agitateur mécanique ;
- Balance ;
- Barre de verre ;
- Bêchers de 100 ml ;
- Capsule ;
- Entonnoir ;
- Flacons de plastique ;
- PH-metre (BASIC 20) ;
- Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;
- Spatule.

Pour l'étalonnage d'appareil a été utilisé les deux solutions :

- Solution étalon de pH= 7 (pour l'eau distillée) ;
- Solution étalon de pH = 9 (pour les sels).

2.2.3. Mode opératoire :

- Peser 20 g de sable (inférieure de 2 mm) déjà séché ;
- Mélanger le 20 g de sable avec 50ml de l'eau distillé et agiter par la barre de verre durée de 1 min ;
- Mettre le mélange dans les flacons ;
- Agiter par l'agitateur mécanique jusqu' a 2 heures ;
- laisser reposer 1 heure ;
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans le liquide surnageant et effectuer la mesure ;
- Lire la valeur de pH après la stabilisation de lecture.

2.3. Mesure de conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique est une mesure de la capacité d'une eau à laisser circuler un courant électrique. Cette mesure a un lien direct avec la quantité de sels dissous dans l'eau (solides totaux dissous). Plus la quantité de sels dissous dans l'eau est élevée, plus la conductivité électrique sera élevée. [47]

2.3.1. Matériel utilisé :

- Agitateur mécanique (Heidolph-REAX2) ;
- Balance (KERN- €W "Max= 600g, Min= 0.5 g) ;
- Barre de verre ;
- Bêchers de 100 ml ;
- Capsule ;
- Conductimètre (HANNA instruments –HI 8633) ;
- Entonnoir ;
- Flacons de plastique ;
- Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;
- Spatule.



Figure III. 4 : Conductimètre utilisé.

2.3.2. Mode d'opérateur :

- Peser 20 g de sable (inférieure de 2 mm) déjà séché ;
- Mélanger le 20g de sable avec 100 ml de l'eau distillé ;
- Mettre le mélange dans les flacons ;
- Agiter par l'agitateur mécanique jusqu' a 2 heures ;
- Laisser reposer 1 heure ;
- Plonger l'électrode du conductimètre dans le liquide surnageant et effectuer la mesure
- Lire la valeur de CE après la stabilisation de lecture.

2.4. Porosité :

On calcule la porosité, e , d'un matériau en divisant le volume des vides dans ce matériau par le volume totale du matériau.

2.4.1. Mode d'opérateur :

On peut mesurer la porosité dans un cylindre de verre ou de plastique, de diamètre intérieur D , dans lequel on verse une hauteur h de milieu filtrant.

- peser le récipient vide ;
- Remplir le récipient manuel ;
- peser le sable pour calcul la densité approché ρ_{ap} ;
- Mette dans un bécher un volume d'eau, ajouté le sable de masse connu et noté le volume pour calculer la densité réel ρ_r .
- La porosité est donnée par : $e = \rho_r / \rho_{ap}$

3. Préparation de la solution mère de bleu de méthylène (BM) :

Pour préparer la solution mère, nous avons pris 50 mg du bleu de méthylène (BM) et nous l'avons dilué avec l'eau distillée jusqu'à 1 litre dans une fiole jaugée. Après agitation, à l'aide d'une plaque d'agitation magnétique, nous avons obtenu une solution homogène de couleur bleu foncé.

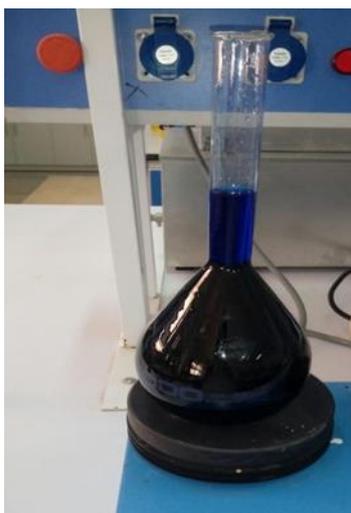


Figure III. 5 : Solution de BM.

3.1. Détermination de la longueur d'onde maximale d'absorption (λ_{max}) :

Avant d'entamer l'étude cinétique sur le colorant, il est nécessaire de déterminer (λ_{max}) pour laquelle l'absorbance est maximale

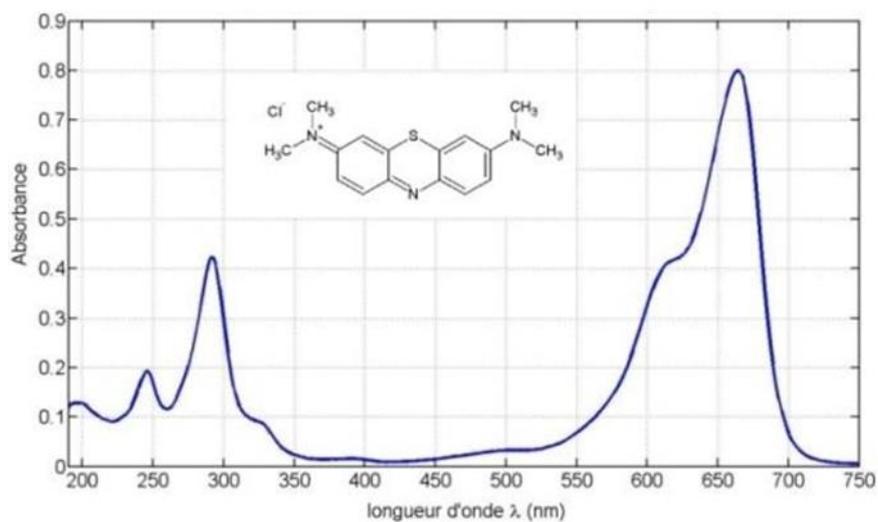


Figure III. 6 : Spectre d'absorption UV-Visible du bleu de méthylène [48].

La longueur d'onde du maximum d'absorption de BM est observée pour 666 nm.

3.2. Courbe d'étalonnage :

La courbe d'étalonnage sert à déterminer les concentrations résiduelles en colorant, pour cela on a préparé par dilution plusieurs solutions filles à partir de la solution mère pour couvrir un domaine de concentration variant de 5 mg/l jusqu'à 25 mg/l. puis on a mesuré les absorbances correspondantes en utilisant un spectrophotomètre UV-visible et en fixant la longueur d'onde du maximum d'absorption de BM, les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau III. 1 : Valeurs d'absorbance à $\lambda_{max} = 666 \text{ nm}$ pour le bleu de méthylène.

C_{BM} (mg/l)	0.5	10	15	25
Absorbance	0.139	1.489	2.155	3.404

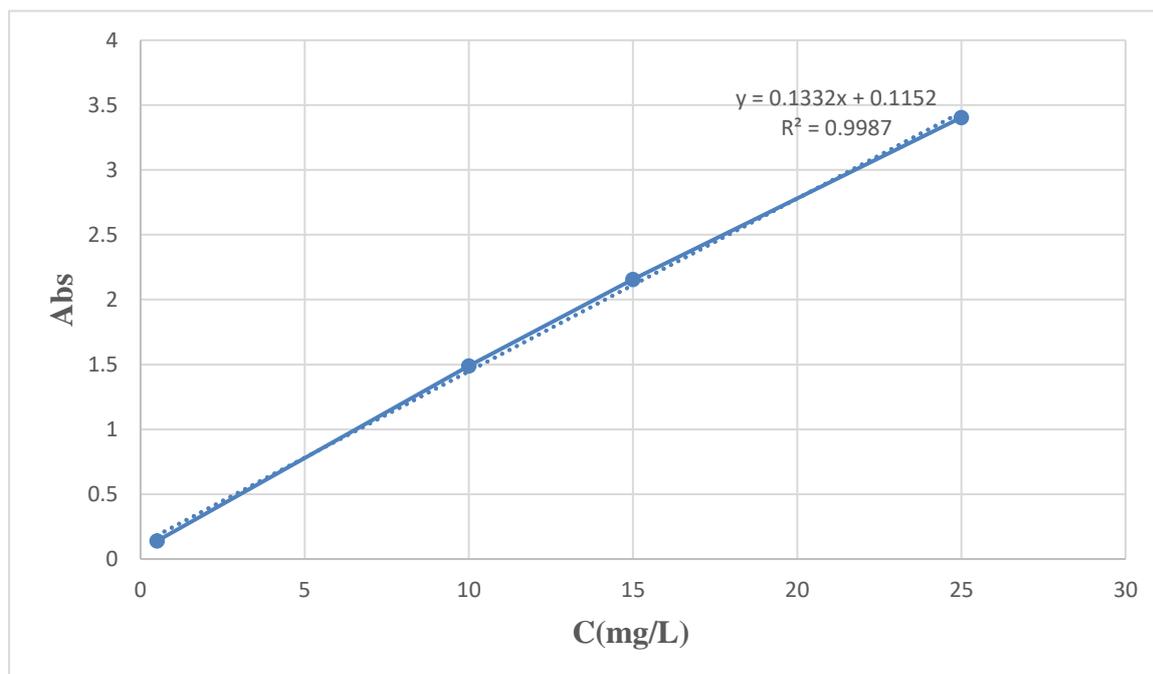


Figure III. 7 : Courbe d'étalonnage.

4. Dispositif expérimental :

Dans notre expérience on a utilisé des tuyaux d'évacuation en PVC de 4.5 cm de diamètre et d'une hauteur de 50 cm. Ces tubes sont attachés à des supports métalliques par des pinces. Elles sont fermées en bas par un filet filtrant pour éviter le passage de sable mais au contraire il permet le flux de colorant et sont ouvertes en haut pour verser ce dernier

4.1. Déroulement de l'expérience :

On a utilisé le sable de Ain-Bouda sous forme d'un mélange c.à.d. sans analyse granulométrique, nous avons choisi la hauteur des sables de 30 cm d'après les résultats ultérieurs, notre étude concerne à comparer entre le sable de Ain-Bouda et Timimoun El-Menia à une hauteur de 30 cm car, c'est la meilleure hauteur

Après le placement des colonnes de filtration on a mis des béciers en bas de chacune pour récupérer les filtrats. On a versé ensuite 500ml de colorant BM à traiter. Les opérations de filtration ont été effectuées dans les mêmes conditions opératoires pour éviter toute interférence.

Les mêmes opérations ont été effectuées pour les échantillons de Timimoun et El-Menia.

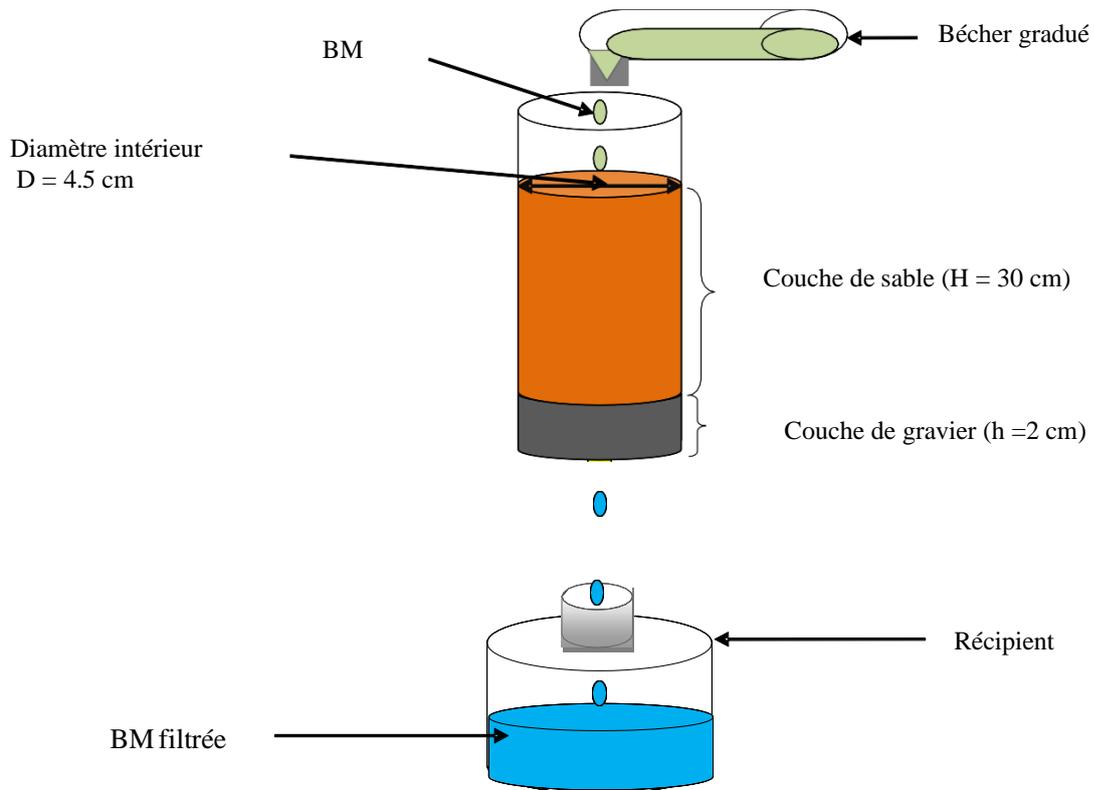


Figure III. 8 : Montage de la filtration sur sable.

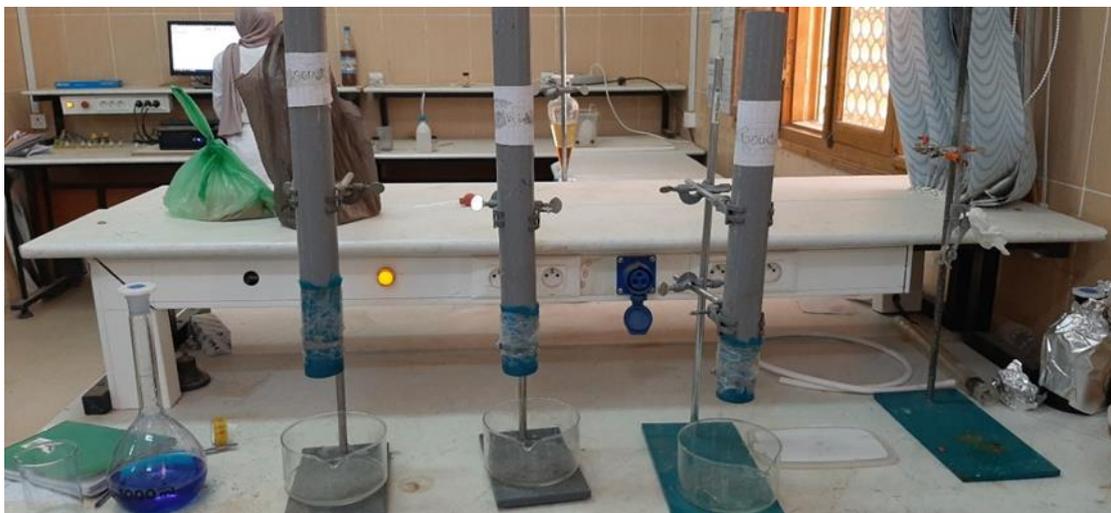


Figure III. 9 : filtration sur les trois échantillons de sable.

5. Traitement et filtration des eaux usées à l'aide du meilleur sable :

5.1. Origine et nature de l'eau usée utilisée :

L'eau usée utilisée dans cette étude est sortie d'eau lavage de machine à domicile.

5.2. Coagulation :

Est une étape importante dans le traitement des eaux, elle sert à déstabiliser en agglomérant les particules de très faible diamètre (colloïdes) car leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre à l'aide d'un réactif chimique qui est le coagulant ; ces coagulants tel que les sels d'aluminium réduisent la matière organique, la couleur, la turbidité et le taux de microorganismes dans l'eau [49].

5.2.1. Solutions de coagulant :

Au cours de nos essais, nous avons utilisé comme réactif coagulant le sulfate d'aluminium en poudre $Al_2(SO_4)_3$, préparé par dissolution dans l'eau distillée. Une solution mère de 10 g/l est préparée périodiquement

5.2.2. Processus de coagulation :

L'efficacité de la clarification dépend d'abord du coagulant utilisé. Les plus efficaces sont des sels de métaux, à base d'aluminium ou de fer

La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes : (le cas du sulfate d'aluminium est très significatif). La réaction est présentée de la façon suivante [50] :



L'étape 1 est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires poly chargés positifs se forment pour neutraliser la charge primaire négative des colloïdes. C'est la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement. L'étape 1 dépend de la température et nécessite un pH compatible avec l'existence de ces intermédiaires polys chargés. Le temps de formation de ces composés est de l'ordre de 0,5 s.

L'étape 2 permet la formation du précipité $Al(OH)_3$. Elle dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés : les sels d'aluminium ou de fer réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes insolubles.

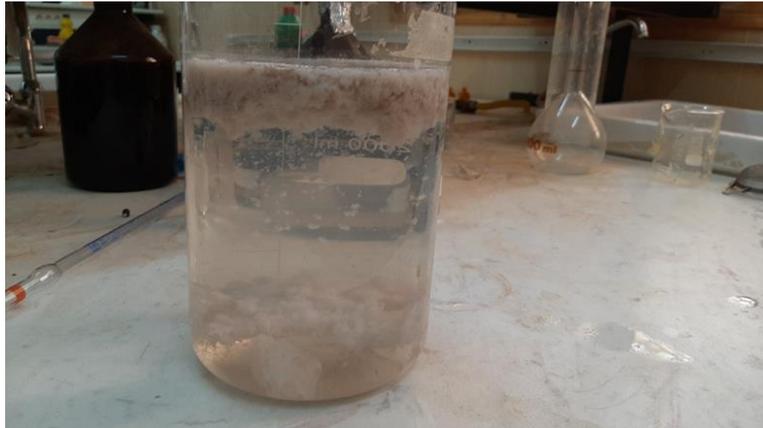


Figure III. 10 : Après 30 minutes d'ajoute sulfate d'aluminium.

5.3. Description dispositif de filtration :

Le pilote expérimental est constitué d'une colonne du sable, La colonne est constituée d'un tube de PVC d'une hauteur de 70 cm et de diamètre intérieur est de 4.5 cm.

L'eau est versée dans le réservoir de façon intermittente. Elle passe lentement à travers le diffuseur et s'infiltre en traversant les couches biologiques, de sable et de graviers. L'eau filtrée s'écoule naturellement vers le tuyau d'évacuation (Figure III. 11).



Figure III. 11 : Pilote réelle utilisé.

5.3.1. Conditions opératoires :

L'eau usée est alimentée en discontinu de façon manuelle avec un volume 2L débit on :

$$Q= 4\text{ml/heure}$$

Pour le milieu filtrant composé par deux couches

- Couche de gravier (2 cm).
- Couche de sable (60 cm).

Pour une période de 1 h, des mesures de pH, de CE, de turbidité, ainsi que les concentrations de quelque polluant ont été effectuées pour l'eau filtrée. Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués dans des flacons en plastique, d'une capacité de 1l, préalablement stérilisés.



Figure III. 12 : récupération de filtrat

6. Analyses physico-chimiques :

6.1. PH, carbonates (CO_3^{2-}), bicarbonates (HCO_3^-), OH^- :

L'utilisation de la méthode potentiométrique pour le dosage des carbonates, bicarbonates et les OH^- offre de nombreux avantages. Elle évite toute erreur d'estimation particulière aux méthodes utilisant des indicateurs colorés. En outre elle est particulièrement intéressante dans le cas d'eaux troubles ou colorées. [51]

6.1.1. Principe :

Les carbonates n'existant qu'à $\text{pH} > 8,3$ et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3. Au cours d'un dosage acidimétrique doublé d'une mesure de pH , à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon

6.1.2. Réactifs :

- Solution tampon $\text{pH}/10$ et $\text{pH}/4$;
- Solution H_2SO_4 à 0,01 N.

6.1.3. Mode opératoire :

La mesure du pH est simple on prend un bécher après rinçage par de l'eau distillée on le remplit par de l'eau analysé.

- On allume le pH-mètre (bouton On/Off) ;
- On rince l'électrode par de l'eau distillée ;
- On ajoute à la burette (elle doit être rincée par de l'eau distillée) H_2SO_4 à 0,01 N ;
- On émerge l'électrode dans le bécher contenant de l'eau à analyser et on observe la valeur de pH.

1) Si $\text{pH} > 8,3$

On ouvre la burette goutte à goutte et on arrête quand le pH-mètre indique $\text{pH}=8,3$; on note le volume d'acide sulfurique V_1 versé.

2) Si pH est compris entre 4,4 et 8,8

On ajoute à la burette H_2SO_4 à 0,01 N jusqu'à obtenir $\text{pH} = 4.4$; on note le volume d'acide V_2 ml versé.

- Si $V_2 < 5$ ml prendre 40 ml de PE ;
- Si $V_2 > 10$ ml prendre 10 ml de PE.



Figure III. 13 : Mesure de pH.

6.2. Mesure de la conductivité électrique :

6.2.1. Définition :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de platine de 1 cm^2 de surface, séparés par une distance de

1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S} / \text{cm}$).[51]

6.2.2. Principe :

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

6.2.3. Matériel :

- Conductimètre

6.2.4. Mode opératoire :

- ❖ Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, avec de l'eau distillée ;
- ❖ Plonger l'électrode complètement dans un récipient contenant l'eau à analyser ;
- ❖ Agiter l'échantillon afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide, cette agitation permet d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes ;
- ❖ Noter la valeur finale affichée dans le conductimètre. Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure III. 14 : Mesure de CE.

6.3. Détermination du résidu sec :

6.3.1. Principe :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé. [51]

6.3.2. Matériel :

- Capsule en porcelaine ;
- Balance analytique ;
- Etuve réglable.

6.3.3. Mode opératoire :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement. Les résultats sont donnés en mg/l.

$$(PP - PV) \times 10 \times 1000 = \text{mg/l de RS}$$

D'où

PP : est le poids plein de la capsule.

PV : est le poids vide de la capsule.

Remarque : Les eaux contenant des matières en suspension (turbides) doivent être filtrées.



Figure III. 15 : Mesure de résidu sec.

6.4. Turbidité :

6.4.1. Principe :

La turbidité mesure une propriété optique de l'eau qui résulte de là de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentes dans l'eau [50].

6.4.2. Mode opératoire :

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Entrer le numéro du programme mémorisé pour la turbidité ;
- Ajuster la longueur d'onde ;
- Placer le blanc (eau distillée) ;

- Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro" ;
- Retirer le blanc et placer la prise d'essai de l'échantillon ;
- Appuyer " READ " et le résultat en NTU s'affiche.



Figure III. 16 : Turbidimètre.

6.5. Dosage des sulfates :

6.5.1. Principe :

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 495 nm [51].

6.5.2. Réactifs :

- Solution de chlorure de baryum et de gélatine
- Solution mère de sulfate a 10 g/l
- Solutions étalons de SO_4^{2-} .

6.5.3. Mode opératoire :

- ❖ On place les PE (5ml) dans des fioles de 50ml ;

Les PE des solutions étalent, le témoin (H_2O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir :

- ❖ On ajoute à chaque PE, 5 ml de la solution de BaSO_4 et de gélatine préalablement diluée 1/6. Compléter avec l'eau distille Q.S.P 50 ml ;
- ❖ On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures ;

- ❖ On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495 nm en réglant le zéro avec le témoin.

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates exprimés en mg/l

6.6. Dosage de l'azote ammoniacal :

6.6.1. Principe :

L'ammonium, en milieu alcalin et en présence d'hypochlorite de sodium donne avec le phénol une coloration bleue. On utilise du nitro prussiate de sodium comme catalyseur. La quantité d'hypochlorite doit être ajustée avec soin. Si l'hypochlorite est en défaut, la coloration se développe mal et irrégulièrement. S'il est en excès, il peut attaquer des composés azotés organiques qui peuvent perdre leur groupement NH pour donner des aldéhydes et de l'ammoniac. Il peut causer la chlorination du phénol qui entraîne une perte d'hypochlorite et provoque l'apparition de phénols chlorés insolubles. [51]

6.6.2. Réactifs :

- Solution mère d'ammonium à 1 g/l (NH_4^+) ;
- Solution d'ammonium à 10 mg/l (NH_4^+) ;
- Solutions étalons de (NH_4^+) ;
- Solution tampon et compléxante ;
- Solution phénate de sodium ;
- Solution nitroprussiate de sodium ;
- Solution d'hypochlorite de sodium à 2° chlorométrique ;
- Dosage de l'hypochlorite de sodium.

6.6.3. Mode opératoire :

La réaction colorimétrique s'effectue en opérant le mélange suivant :

- ❖ PE : 20 ml ;
- ❖ Réactif mélangé : 2 ml ;
- ❖ Hypochlorite à 2° Cl : 0,5 ml.

La coloration bleue se développe à partir du moment. On laisse les flacons à l'obscurité pendant une heure et demie. La coloration reste stable plusieurs heures. On effectue la mesure colorimétrique à 625 nm.

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en azote ammoniacal exprimés en mg/l.

6.7. Dosage des nitrates :

6.7.1. Principe :

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie : diazotation avec l'acide sulfanilique et copulation avec l' α - Naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520 nm. [51]

6.7.2. Réactifs :

- Solution de sulfate de cuivre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ;
- Solution d'hydrazine ($\text{NH}_2\text{-NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$) à 0,1 N ;
- Solution de Soude (NaOH) à 0,05 N ;
- Solution d'acide sulfanilique ($\text{H}_2\text{N SO}_3$) ;
- Solution α -Naphtylamine ;
- Solution d'E.D.T. A ;
- Solution d'acétate de sodium ($\text{NaCOO-CH}_3, 3\text{H}_2\text{O}$) ;
- Solution mère de nitrate à 1000 mg/l ;
- Solutions étalons de nitrates.

6.7.3. Mode opératoire :

Effectuer le dosage dans des flacons brun, de préférence. Réaliser le mélange suivant en introduisant dans le flacon :

- Ajouter 1 ml prise d'essai, 5 ml de solution de soude à 0.05 M et 5 ml de mélange réducteur ;
- Agiter après chaque ajoutassions et on laisse repose de 1 heure ;
- Ajouter 40 ml du mélange colorant ;
- Mettre à l'obscurité le mélange préparé pendant $\frac{1}{4}$ heure ;
- Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant $\frac{1}{4}$ heur ;
- Mesurer sa densité à 520 nm.

La courbe d'étalonnage donne directement les teneurs des échantillons de nitrates en mg/l.

6.8. Dosage des nitrites :

6.8.1. Principe :

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l' α -Naphthylamine (réactif de Griess), on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520 nm. [51]

6.8.2. Réactifs :

- Solution d'acide sulfanilique;
- Solution d' α -naphthylamine;
- Solution tampon d'acétate de sodium;
- Solution d'E.D.T.A à 5g/l ;
- Solution étalon des nitrites à 100 mg/l.

6.8.3. Mode opératoire :

On met dans les flacons:

- 50 ml de prise d'essai;
- 1 ml de solution d'E.D.T.A ;
- 1 ml d'acide sulfanilique;
- Agiter et attendre 10 mn;
- Ajouter;
- 1 ml d' α -naphthylamine;
- 1 ml de la solution de tampon acétate;

Agiter et attendre 30 mn;

- Effectuer la mesure colorimétrique à 520 nm.

6.9. Dosage des phosphates (PO_4^{-3}) :**6.9.1. Principe :**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium $\text{MO}_7(\text{NH}_4)4\text{H}_2\text{O}$, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développent une coloration bleue pouvant être dosée colorimétriquement à une longueur d'onde de 710 nm [51].

6.9.2. Réactifs :

- Solution d'acide ascorbique à 10 g/l ;
- Solution molybdate d'ammonium ;
- Solution mère de phosphate (PO_4^{-3}) à 1g/l
- Solution de PO_4^{-3} à 10mg/l ;
- Solutions étalons de PO_4^{-3} .

6.9.3. Mode opératoire :

Au moment du dosage mélanger la solution molybdique et la solution d'acide ascorbique dans les proportions suivantes :

- 3 volumes de la solution molybdique ;
- 1 volume de la solution de l'acide ascorbique ; On ajoute dans des tubes à essai

20 ml prise d'essai

5 ml des réactifs mélangés,

Porter au bain marie à 80°C durant 10 mn,

Laisser refroidir puis mesurer l'absorption à une longueur d'onde de 825 nm ;

6.10. Dosage des matières organiques par oxydabilité au permanganate :

L'oxydabilité au permanganate consiste en l'oxydation modérée par le permanganate des matières réductrices dans l'eau. Le permanganate oxyde de préférences les matières organiques d'origines végétales en milieu acide et celles d'origine animale en milieu basique. Or celles-ci sont les plus susceptibles d'indiquer une pollution humaine ou animale, donc une eau dangereuse pour la consommation.

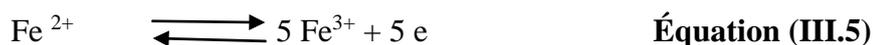
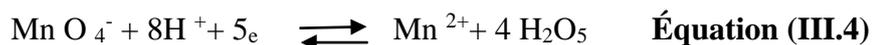
Une eau est suspecte à partir de 2 à 3 mg d'oxygène consommé par litre d'eau en milieu alcalin, ou 3 à 5mg en milieu acide [51].

6.10.1.Principe :

On oxyde l'échantillon par un excès connu de permanganate de potassium, en milieu acide et à chaud :



Le permanganate n'ayant pas réagi est réduit par un excès connu de sulfate ferreux ammoniacal :



L'excédent de sulfate ferreux est titré par le permanganate. la réaction étant incomplète, la reproductibilité des résultats est particulièrement sensible à la rigueur des conditions opératoires. Le degré d'oxydation des matières organiques dépend du rapport des concentrations du permanganate MnO_4^- et de sa forme réduite Mn^{2+} . On rend ce rapport pratiquement constant en diluant la prise d'essai, de telle sorte que la quantité de permanganate introduite soit en net excès par rapport à celle du permanganate consommé. L'expérience a montré que le permanganate consommé ne devait pas excéder les 20 % du MnO_4^- introduit, pour obtenir des valeurs reproductibles.

6.10.2.Réactifs :

- Solution d'acide sulfurique au 1/2 ;
- Solution de permanganate de potassium N/20 ;
- Solution de permanganate de potassium N/80 ;
- Solution de sulfate ferreux ou sel de MOHR N/80 ;
- Solution de bicarbonate de sodium a 10 %.

6.10.3.Mode opératoire :

- On ajoute dans un erlenmeyer 100ml d'eau à analyser et 10ml d'acide sulfurique au 1/4
- Porter à ébullition pendant 10 minutes et ajouter dans les solutions bouillantes 10 ml de la solution de KMnO_4 précédemment diluée N/80.
- Refroidir rapidement et ajouter 10 ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80
- Doser l'excès de sulfate ferreux par du permanganate du témoin (eau distillée).
- Si on trouve $\text{O}_2 > 3.5 \text{ mg/l}$, recommencer en diluant l'échantillon.



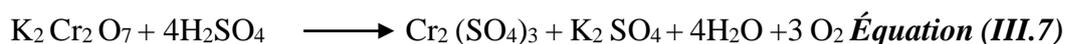
Figure III. 17 : Dosage de MO.

6.11. Détermination de la demande chimique en oxygène :

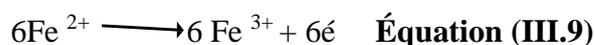
La demande chimique en oxygène (D.C.O) est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation énergétique des matières et minérales présentes dans l'eau. Elle complète la mesure de la D.B.O5 en tenant compte des matières organiques difficilement dégradables en 5 jours.[51]

6.11.1. Principe :

En milieu acide, le bichromate de potassium oxyde les matières organiques :



On fait agir un excès de bichromate de potassium en milieu acide sur l'échantillon étudié, puis on dose à l'aide de sulfate ferreux l'excès de bichromate.



Pour obtenir une meilleure oxydation de certaines substances organiques, on ajoute un sel d'argent qui joue le rôle de catalyseur.

Pour éviter l'oxydation des chlorures qui ne jouent aucun rôle dans le déficit en oxygène d'une cour d'eau, on ajoute un sel mercurique qui forme du chlorure mercurique stable et très peu oxydable.

6.11.2. Réactifs :

- Solution d'acide sulfurique a 4 mol/l
- Solution de sulfate d'argent à 10 g/l
- Solution de dichromate de potassium 0,04 mol/, contenant du sulfate de mercure (II)
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium a 0,12 mol/l
- Solution de ferroïne

6.11.3. Mode opératoire :

On mette dans le récipient :

- 10ml d'échantillon.
- 5 ml dichromate $K_2Cr_2O_7$ (0.04mol)
- Quelques régulateurs d'ébullition.
- 15ml d'acide sulfurique contenant sulfate d'argent. En agitant soigneusement le tube.
- Mettre 1 ou 2 gouttes d'acide sulfurique sur le col rode, après l'ébullition de 2 heures, retirer les tubes et Laisser refroidir. Transvaser le contenu du tube dans un erlenmeyer de 250 ml, rincer et diluer avec environ 75 ml d'eau distillée.
- Titrer l'excès de bichromate de potassium avec la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium. En présence d'une ou deux gouttes de ferroïne.

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre



Figure III. 18 : Détermination de DCO

6.12. Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO5) :

6.12.1. Définition :

La demande biochimique en oxygène (DBO5) est la masse d'oxygène moléculaire dissoute nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation par oxydation (mais aussi pour la transformation) des matières organiques contenus dans l'eau, dans des conditions définies et dans un espace de temps donné.[51]

6.12.2. Principe :

L'oxygène nécessaire à l'oxydation de la matière organique est apporté à l'échantillon par une eau de dilution préalablement aérée et éventuellementensemencée.

La dilution de l'échantillon doit être telle qu'au bout de 5 jours la concentration enoxygène dissous soit encore égale à la moitié de la concentration initiale, ceci afin d'éviter les fermentations anaérobies qui fausseraient les résultats.

Cette dilution est déterminée approximativement par une mesure préalable de l'oxydation au permanganate.

L'eau de dilution doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Une minéralisation suffisante pour assurer le développement des micro- organismes. On reconstitue à partir d'eau distillée la composition type d'une eau de rivière exempte de pollution en y ajoutant un certain de sel, selon la formule préconisée parL'AFNOR.
- Une teneur en oxygène dissous voisin de saturation.
- Une flore microbienne adaptée aux matières polluantes. L'eau de dilution doit êtreensemencée par une résiduaire exempte de pollution industrielle afin d'éviter l'apport d'éléments toxiques.si l'échantillon provient d'eau d'égout urbain, l'ensemencement est inutile.

Mais certains effluents industriels peuvent contenir des substances non dégradables par des souches banales : dans ce cas, on ensemence l'eau de dilution à l'aide d'eau prélevée en aval du point de rejet dans la rivière. [51]

6.12.3. Mode opératoire :

- L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air.
- Prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon, celle-ci dépend de l'origine de l'échantillon industrielle ou urbain, de la couleur, de l'odeur et de la charge en matières en suspension.
- Voici le volume de l'échantillon d'après la DBO présumée



Figure III. 19 : Mesure de DBO5.

Tableau 3. 1: intervalles de volume de DBO5 après la détermination de DCO.

la charge	DBO présumée (mg/l)	Prise d'essai	Facteur
très faible	0 – 40	432	1
Faible	0 – 80	365	2
Moyenne	0 – 200	250	5
plus que la moyenne	0 – 400	164	10
un peu chargée	0 – 800	97	20
Chargé	0 – 2000	43.5	50
très chargé	0 – 4000	22.7	100

la charge	DBO présumée	Prise d'essai	Facteur
très faible	0 -35	428	0.1
faible	0 - 70	360	0.2
moyenne	0 - 175	244	0.5
plus que la moyenne	0 - 350	157	1.0
chargée	0 - 700	94	2.0
très chargée	0 - 1400	56	4.0

Chapitre IV

Résultats et Discussions

1. Caractéristique physico-chimique de sol :

1.1. Granulométrie

Tableau IV. 1: Résultats de l'analyse granulométrique du sable T (TIMIMOUN).

D (mm)	Masse (g)	R	Rc	Tc
0.500	00	00	00	100
0.315	0.72	0.072	0.072	99.93
0.200	868.51	68.851	86.923	13.1
0.160	49.37	4.937	91.86	8.14
0.080	61.32	6.132	98.18	1.82

Tableau IV. 2 : Résultats de l'analyse granulométrique du sable AIN (AIN-BOUDA).

D (mm)	Masse (g)	R	Rc	Tc
2.00	00	00	00	100
1.60	0.10	0.01	0.01	99.99
1.25	0.28	0.028	0.038	99.962
0.630	2.52	0.252	0.29	99.71
0.500	8.89	0.889	1.179	98.821
0.315	136.34	13.634	14.813	85.187
0.200	586.20	58.620	73.433	26.657
0.160	65.40	6.540	79.973	20.027
0.080	193.44	19.344	99.317	0.683

Tableau IV. 3 : Résultats de l'analyse granulométrique du sable EL (EL-MENIA).

D (mm)	Masse (g)	R	Rc	Tc
1.25	00	00	00	100
0.630	7.36	0.736	0.736	99.264
0.500	18.58	1.858	2.594	97.4
0.315	107.92	10.792	13.386	86.6
0.200	416.82	41.682	55.068	44.9
0.160	146.40	14.640	69.708	30.3
0.080	293.46	29.346	99.054	0.95

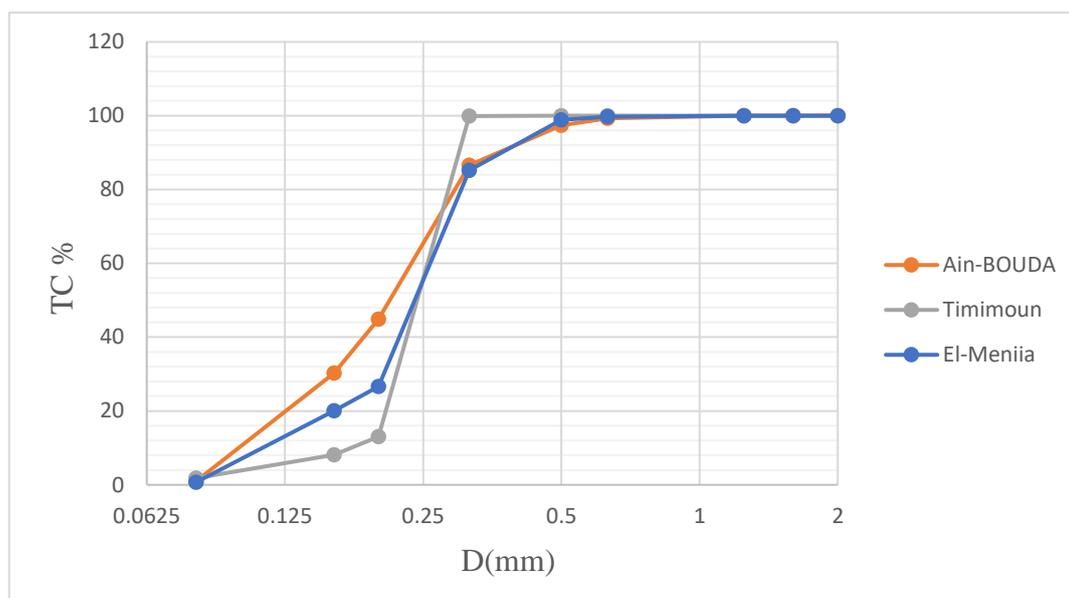


Figure IV. 1: Distribution granulométrique des sables utilisés (T, EL, Ai).

La Figure IV.1 donne l'allure correspondant à la variation des pourcentages du tamisât des trois sables (T, EL, Ai) en fonction du diamètre des tamis. Cette étude nous montre la présence de trois types distincts de granulométrie. Pour une maille de 0.5mm, le pourcentage de tamisât est de 100% (T) ; il est de 98% pour le type EL, alors qu'il est de 86% pour le sable de Ain Bouda. Pour une ouverture de maille de 1mm, on note les pourcentages sont de 100% (T), de 99.80% (EL) et de 99,40% (Ai). A partir de cette courbe de distribution, on peut déduire les caractéristiques physiques des trois types de sable.

Suivant cette courbe granulométrique on déduit les Caractéristiques physiques des sables

Tableau IV. 4 : Caractéristiques physiques du trois types de sable.

Origine du sable.	T	EL	Ai
Module de finesse	0.91%	0.95%	0.83%
Diamètre effectif	0,18	0,113	0,103
D10 (mm)			
D60 (mm)	0,238	0.261	0,261
Coefficient	1,32	2.30	2,53
D'uniformité (CU)			
Porosité (ϵ)	0,45	0,4	0,35
Perméabilité (K)	0,0340	0,0159	0,0119

On définit le module de finesse (MF) par le rapport de la somme de masse de refus cumulés (R) sur la masse totale de l'échantillon.

$$MF = \frac{\sum \text{Masse des refus cumulés}}{\text{Masse totale de l'échantillon.}} \quad \text{Équation (IV.1)}$$

D_{10} , est l'ouverture de maille théorique par laquelle passe 10% des particules ; alors que D_{60} correspond à l'ouverture de maille théorique par laquelle passe 60% des particules de sorte que le coefficient d'uniformité (CU) soit défini par :

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Équation (IV.2)}$$

Cependant, la porosité (ε) est, par définition, le rapport du volume du vide sur le volume total apparent du lit.

$$\varepsilon = \frac{V_{app} - V_{réel}}{V_{app}} \quad \text{Équation (IV.3)}$$

Conformément à la loi de Darcy, la perméabilité du lit (K), en m/sec, peut être définie par la loi empirique suivante :

$$K = \frac{Q}{A \times (h/l)} \quad \text{Équation (IV.4)}$$

Où Q le débit volumique exprimé en m^3/s , A la section du fût vide traversé par le fluide en m^2 et h/l , le gradient hydraulique de l'écoulement.

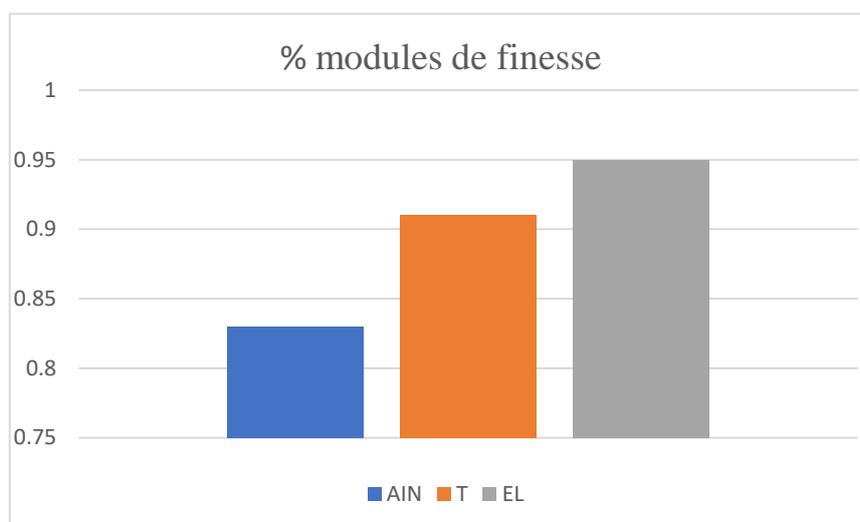


Figure IV. 2 : Evolution du module de finesse des sables.

Le milieu filtrant est constitué d'un sable propre. On remarque d'après l'histogramme qui représente la variation des modules de finesse des trois types de sable que le sable **Ai** est plus approprié car il se caractérise par le module de finesse le plus bas.

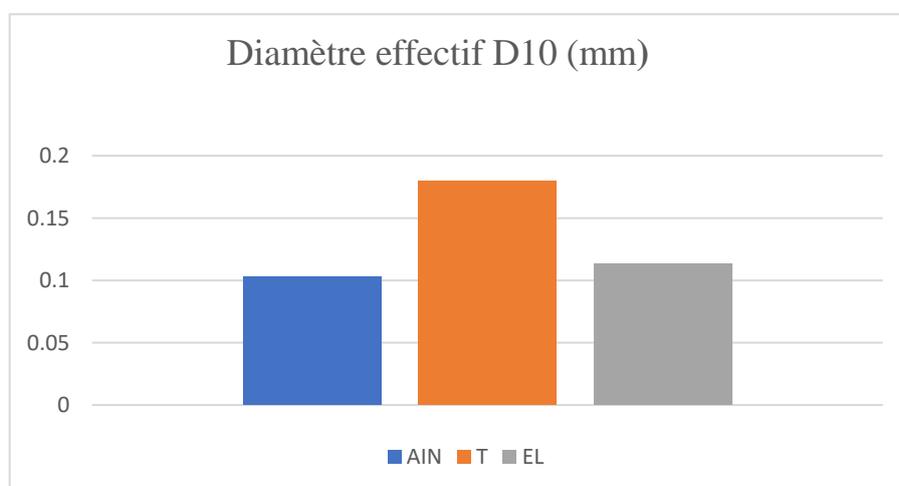


Figure IV. 3 : Evolution des D10 avec le type de sable étudié.

Le sable filtrant doit avoir un diamètre effectif (D10) compris entre 0,25 et 1mm. La valeur typique généralement étant de 0,35 mm L'histogramme représentatif de la variation des diamètres effectifs D10 des différents sables montre que le sable **Ai** possède un D10 minimum (0,3mm) par rapport aux autres sables, c'est-à-dire le sable **Ai** possède des grains fins.

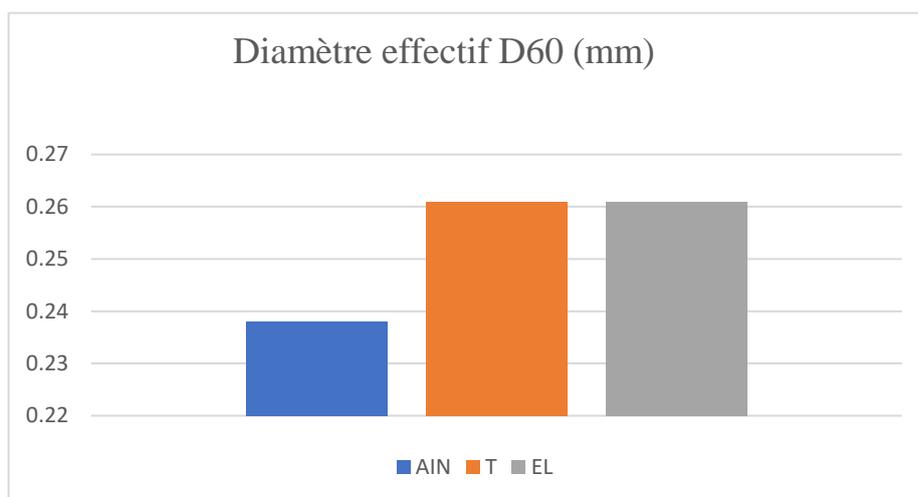


Figure IV. 4 : Evolution des D60 avec le type de sable étudié.

La diversité 60 %, exprimée en millimètre ou en microns, est donnée par l'ouverture de maille laissant passer 60 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse, qui est de 0,238 pour le sable **Ai**, 0.261 pour le sable **EL** et de sable de **T**. Donc le sable **Ai** a un D60 minimum par rapport à **EL** et **T**. Cette remarque nous confirme que Ai est le sable le plus fin.

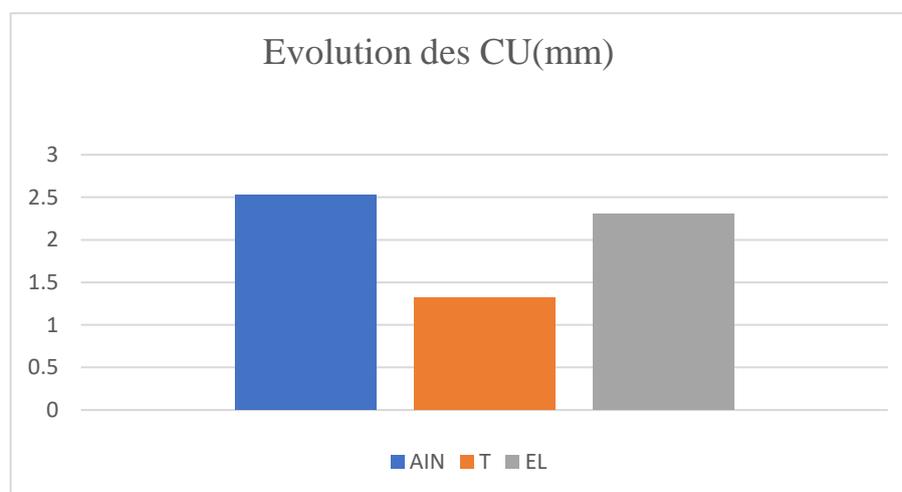


Figure IV. 5 : Evolution des CU avec le type de sable étudié.

Suivant l'histogramme qui représente l'évaluation des CU des différents types de sable, on constate une diminution du coefficient d'uniformité CU qui passe de 2,5 pour le sable **Ai**, 2.30 de **EL** à 1,32 pour celui de **T**. Ce qui montre une légère différence du CU pour les trois types de sables. Le coefficient d'uniformité CU donne une indication très précise relative à l'homogénéité granulométrique de la masse filtrante

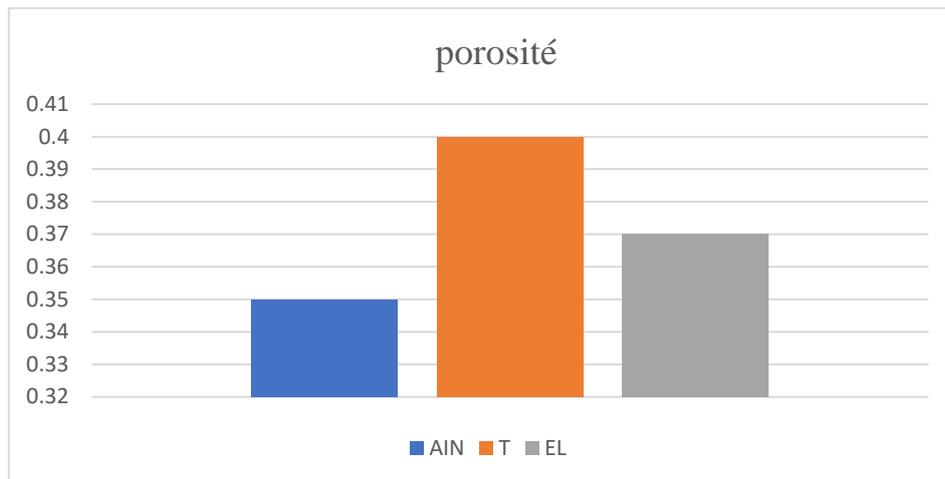


Figure IV. 6 : Evolution des porosités avec le type de sable étudié.

D'après l'histogramme qui représente la variation des porosités des différents types de sable, on constate que le sable **Ai** possède la valeur de la porosité la plus faible soit 0,35 par rapport à celle du sable de **EL**. Ce dernier, sa porosité est de 0,37, alors que celui de **T** elle est de 0,4. De tels résultats confirment que le sable de Ain-Bouda possède la fraction de vide minimum. La porosité d'un empilement de grains ne dépend que de leurs formes géométriques et de leurs dispositions spatiales relatives dans la matrice et non de leur taille.

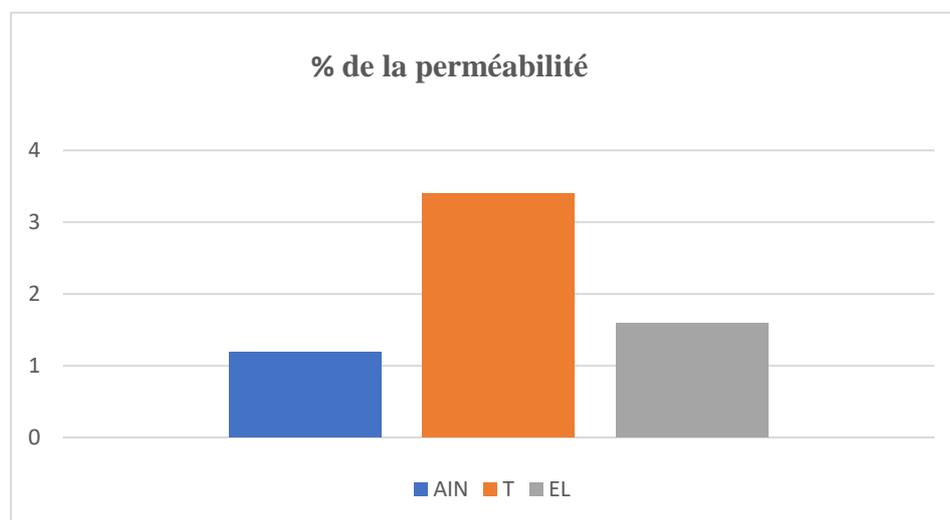


Figure IV. 7 : Evolution des perméabilités en fonction du type de sable étudié.

Suivant l'histogramme qui représente la variation des perméabilités des différents types de sable, on constate que le sable **Ai** possède la valeur de la perméabilité la plus petite 0,0119 par rapport à celle du sable de **EL** qui est de 0,0159 et celui de **T** qui est de 0,0340. Une masse filtrante perméable assure un grand débit de l'eau filtrée.

1.2. Composition chimique et minéralogique :

Tableau IV. 5 : Résultats de l'analyse chimique et minéralogique.

Origine des sables.	T	EL	Ai
Lieu de prélèvement	Dunes de TIMIMOUN	Dunes de EL-MENIA	Dunes de Ain-Bouda
Masse volumique absolue	2,63	2,62	2,86
Masse volumique apparente	1,39	1,4	1,50
Volume inter-particulaire (%)	47,14	46,56	47,55
PH	8.6	8.2	7.80
CE en ms	0.282	0.204	1.08

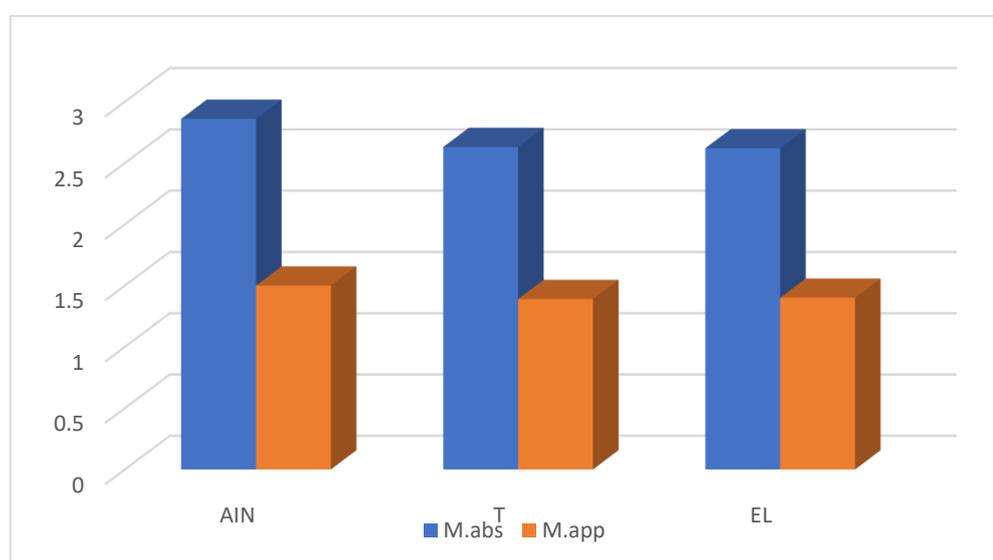


Figure IV. 8 : Comparaison des masses volumiques absolues et apparentes des différents sables.

Le sable utilisé en filtration est un matériau naturel. Sa densité réelle est d'environ 2,5 à 2,7. On remarque d'après l'histogramme (Figure IV. 7) qui représente la variation des masses volumiques absolue (réelle) et apparente des différents sables que la densité apparente d'un matériau granulaire est inférieure à sa densité réelle car elle tient compte de la porosité. Les meilleurs sables à exploiter sont ceux de **Ain-Bouda**.

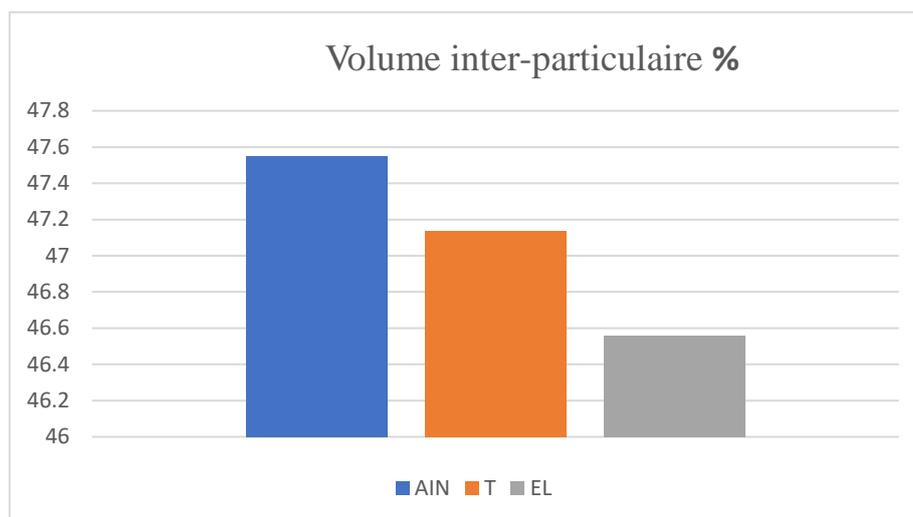


Figure IV. 9 : Evolution des volumes inter-particulaires avec le type de sable étudié.

***Volume inter-particulaire** = $100 - ((\text{La masse volumique apparente} \times 100) / \text{La masse volumique absolue})$

La comparaison entre les deux masses volumiques, absolue et apparente, permet de définir le volume inter-particulaire qui est responsable de la capacité de rétention des matières en suspension. Sur la base des données regroupées et présentées graphiquement à travers l'histogramme, on constate que le sable de Ain-Bouda a un taux de rétention supérieur à celui des deux autres sables analysés.

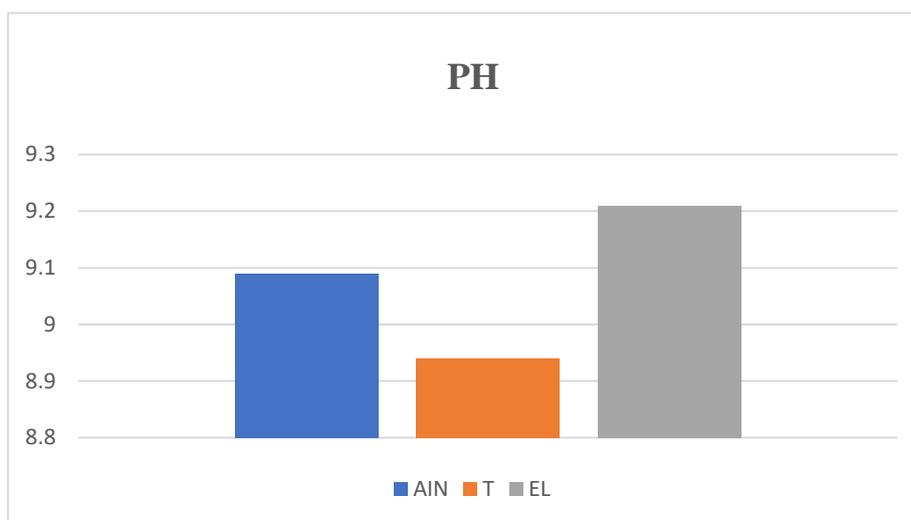


Figure IV. 10 : Evolution le PH avec le type de sable étudié.

On peut dire que le sable de région de EL-MENIA est beaucoup plus basique par rapport au sable de AIN -BOUDA et TIMIMOUN.

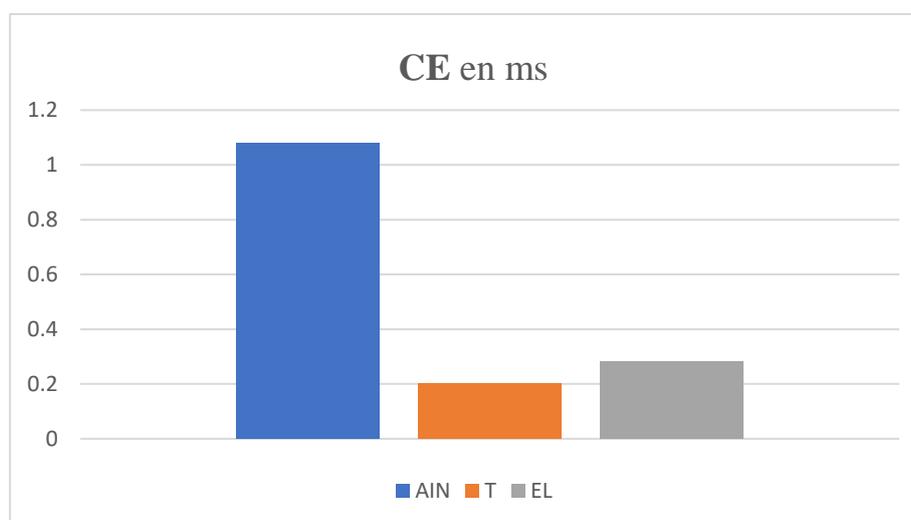


Figure IV. 11 : Evolution le CE avec le type de sable étudié.

Les sels présents dans le sable de AIN-BOUDA sont supérieur à celle de EL-MENIA et TIMIOUNE, commeconséquence la valeur de conductivité est plus élevée pour l'échantillon de AIN-BOUDA.

2. Étude de la dégradation de BM :

L'étude est basée sur la détermination de rendement de filtration selon la relation suivant:

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{c_0 - c}{c_0} \times 100 = \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) \times 100$$

C_0 = concentration initial de solution mère (1g/L)

C = concentration final après la filtration en (mg/L)

Comparison de rendement entre les échantillons utilisé:

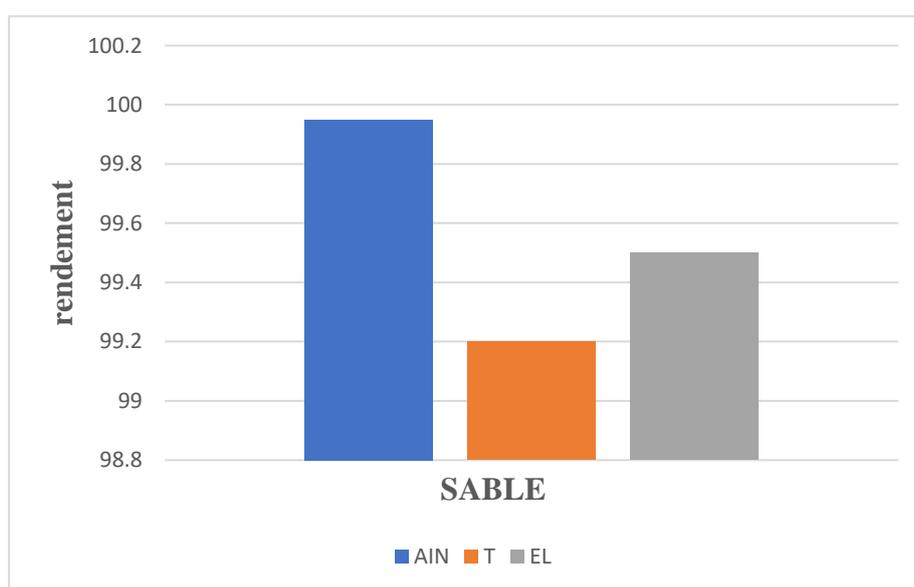


Figure IV. 12 : Comparison de rendement entre les échantillons utilisé.

Illustre le rendement de l'élimination du RC des trois échantillons, sable de Ain-Bouda et sable de EL-Menia et de Timimoun. Après les résultats trouvés nous constatons que le sable de Ain-Bouda est plus efficace pour l'élimination de BM puisque, il a le rendement le plus élevé par rapport à l'autre sable. Cela peut être expliqué par les valeurs de diamètre effective D_{10} où la valeur de D_{10} de Ain-Bouda est plus faible que la valeur de D_{10} des autres sables car plus la valeur de D_{10} est faible plus la qualité de filtrat est meilleure.

Donc, nous concluons que le sable de **Ain-Bouda** est plus efficace pour le traitement des eaux polluées en **utilisant le mélange de ce sable.**

3. Caractéristique physico-chimique des eaux filtrées :

Tableau IV. 6 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.

Les échantillons	Eau usée	Coagulation	1 ^{er} Filtrat	2eme filtrat	Normes
PH	9.52	6.80	6.85	6.76	$6.5 \leq X \leq 9$
CE ms/cm	7.70	7.76	2.76	2.76	2.80
Turbidité NTU	1200	300	5	4.89	5.00

3.1. PH :

Selon Rodier et al (2005), le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans des phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température. [1]

Pour l'eau brute la valeur du pH est de 9.52 ; cette valeur indique que ces eaux proviennent généralement des rejets domestiques (eau du savon, fèces, urine et ordures).

D'après le tableau (IV. 6), l'addition du sulfate d'aluminium provoque une baisse du pH de l'eau, de 9,52 à 6.80.

Pour les eaux filtrées les valeurs révèlent une augmentation au début de la filtration (6.80 à 6.85) ; après certain temps, la valeur de pH diminue pour atteindre la valeur de 6.76. Dans les deux phases, les valeurs respectent les normes internationales de rejet des eaux usées. Comme conséquence le pilote de filtration gravitaire sur sable donne des résultats encourageants qui nous conduisent à dire que cet échantillon de sable est utilisable à l'échelle industrielle.

3.2. Conductivité électrique CE :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. [2]

Effet de la coagulation sur la conductivité : La multiplication des ions tels H⁺ dans l'eau provoque l'élévation des valeurs de la conductivité électrique en présence de températures élevées de la solution, ceci selon la réaction d'hydrolyse suivante :



La présente étude montre que la filtration sur sable a un effet sur la diminution aller de 7.76 à 2.76 ms/cm comme valeur minimale de CE.

3.3. Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes.[1]

La turbidité de l'eau usée est de 1200 NTU, ces eaux contiennent une quantité de l'huile, des lubrifiants, du goudron, des matières en suspension, des métaux lourds.

Effet de la coagulation sur la La turbidité Les sels d'aluminium donnent le meilleur rendement d'abattement de turbidité (1200 à 300)
Après le passage de l'eau usée sur le filtre, la turbidité diminuée jusqu'à 5 NTU au début de filtration ; ceci est due à l'efficacité de filtre sur sable.

4. Paramètres de pollution :

Tableau IV. 7 : paramètres de pollution de l'eau filtrée

Les échantillons	L'eau filtré	Normes des rejets
Ammonium NH_4^+ mg/l	3.854	<0.5mg/l
Nitrite NO_2^- mg/l	0.08	1mg/l
Nitrate NO_3^- mg/l	0.02	<1mg/l
Phosphate PO_4^- mg/l	0.08	0 a 0.1
MO mg/l	19.60	5
DCO mg/l O_2	280	125-300
DBO5 mg/l	155	30-100

4.1. Ammonium :

L'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, et dont la présence est anormale, traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Cela explique l'élévation des teneurs en NH^+ de l'eau usée avant le traitement. [1]

Pour l'eau filtré la valeur d'ammonium est de 3.854, cette valeur est très élevée.

4.2. Nitrite et Nitrate :

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfite-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac [3]

On signale que la concentration de nitrite dans l'eau filtré est de 0.08 mg/l, et de nitrate est 0.02 mg/l.

4.3. Phosphate :

Les phosphates font partie des anions fixés par le sol ; leur présence dans les eaux liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique L'eau filtré est contient une quantité de phosphate 0.08 mg/l, cette valeur est respectée les normes internationales.

4.4. Matière organique :

On remarque que l'eau filtré est très chargée en matière organique, après la filtration, la concentration de matière organique diminue à 19.60 mg/l.

4.5. Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

La DCO (demande chimique en oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant.

La valeur de DCO de l'eau filtré est 280 mg/l.

4.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5) :

La DBO5, ou demande biochimique en oxygène indique la quantité de matières organiques présentes dans les eaux usées. La valeur de DBO5 de l'eau brute est 155 mg/l donc les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables.

5. Conclusion :

A partir de ce chapitre, on peut conclure que la filtration sur sable des eaux usées reste un moyen très efficace dans le domaine de traitement des eaux. Les caractéristiques physico-chimiques analysées dans le laboratoire de l'ANRH montre une évolution typique pour l'ensemble des éléments constituants aux eaux. A ce point l'utilisation des sables extraites de région d'étude à l'échelle industriels est très possible.

Conclusion Générale

La filtration est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide au travers d'un milieu poreux. La filtration est une technique très utilisée que ce soit dans le domaine de l'agro-alimentaire, de la pharmacie ou par de nombreuses espèces animales, principalement aquatiques.

La filtration sur sable joue un rôle très important dans les traitements des eaux usées grâce à son faible cout, surtout dans les régions où les sables sont disponibles en grandes quantités comme les régions Sahariennes.

A travers ce travail, nous avons tenté d'étudier l'influence de la filtration des eaux usées de la ville d'Adrar sur les sables de Timimoune et Ain-Bouda et El-Menia, ou les analyses physico-chimiques tels que pH, turbidité, MO et les paramètres de pollution tels que DCO et DBO5 ont été suivis.

Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques de ces sables montrent que sont de type sable, pauvre en matière organique.

Au terme de noter l'étude, et selon les résultats obtenus, nous avons vu que les paramètres physico-chimiques des eaux filtrées a travers de mouilleur sable (Ain-Bouda), respectent normes internationale de rejet, ce qui donne un avantage pour ce type de traitement non couteu

Références Bibliographique

- [1] RAHOU. K. B. Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-kerma ORAN, mémoire de master, département de génie chimie, université d'Oran, Algérie, (2014).
- [2] BENELMOUAZ A, « Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia », Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master En Hydraulique, université Abou bekr Belkaid, Algérie 2015.
- [3] AROUA A. L'homme et son milieu. Edition société national. Alger, (1994).
- [4] BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, France, (2005).
- [5] BOUAFIA.S; dégradation des colorants textiles par procédés d'oxydation avancée basée sur la réaction de fenton; Thèse de doctorat; Université Saad Dahleb de Blida; Algérie, 2010.
- [6] MIZIA. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA. Algérie, 2006.
- [7] HRRLEKAS.F; « Couplage des procédés membranaires aux technique physico-chimiques ou biologique pour le traitement des rejets liquides de l'industrie de textile », Thèse de doctorat, université cadi ayyad, de MARRAKECH, Maroc, 2008.
- [8] BOUZIANI M. l'eau de la pénurie aux maladies, édition Ibn khaldoun, Blifert, chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets, Algérie, 2000.
- [9] CHOCAT. B. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Techniques et documentations, Paris, France, (1997).
- [10] FRANCK.R. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, France, (2002).
- [11] KHADRAOUI A., TALEB S. Qualité des eaux de sud Algérie. Pollution et impact sur le milieu. Ed. Khyam. Algérie, 2008.
- [12] TAIB. A, Aptitude Physicochimique Des Eaux Epurées De Step De Boumerdes A L'irrigation, Mémoire De Master, Algérie, 2014.
- [13] GERARD G, L'eau Usages et polluants, Edition Tome II, paris, 1999.
- [14] DESJARDINS R, Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique, 1997.

- [15] MEKHALIF F, « Reutilization des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d’appoint dans un circuit de refroidissement», université du 20 Aout 1955, Skikda, mémoire de magistère, Algérie, 2009.
- [16] REJSEK, analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, édition scrérén CPDP Aquitaine, Bordeaux, France, (2002).
- [17] RODIER J, L’analyse de l’eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème}Edition, Dunod, paris, France, (2005).
- [18] RODIER. J, (l’Analyse d’eau). 5^{ème} édition.France, (2005).
- [19] METAHRI Mohammed Saïd, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi-Ouzou, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Algérie, 2012.
- [20] M. HADJ S, A. Guessoum, H. Salhi, N. Tidjani, “Modélisation floue des actions de contrôle de la quantité de PAC dans un processus d’épuration des eaux”, département de chimie industrielle JSTRE 2009.
- [21] LADJEL.F, Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA, Boumerdes, 2006.
- [22] KHELILI. R, LAZALI. D: Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l’eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla), 2015.
- [23] RODIER. J, L’analyse de l’eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer) 8^{ème} édition, France, 1996.
- [24] GAUJOUS.D, Pollution des milieux aquatiques (aide-mémoire) 2^{ème} édition, France, 1995.
- [25] RAKREK Z, La station d’épuration de Chlef performances épuratoires et rendements, Université de Tlemcen, Master Hydraulique, Algérie, 2013.
- [26] RODIER, Analyse de l’eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau demer.7^{ème}édition, France, 1984.
- [27] OULARBI R, « Traitement des eaux usées urbaines de la ville de Ain defla par électrocoagulation », université djilali bounaama, Mémoire de Master en Chimie, Algérie, 2015.
- [28] RODIER J, « (L'analyse de l'eau » 9^{ème} édition, Dunond, Paris, 2009.
- [29] YAHLATENE S et TAHIRIM El Tladj, « Réflexion sur la caractérisation physicochimique des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran », université de science et de technologie d’Oran USTO, mémoire d’ingénieur, Algérie, 2010.
- [30] OMS, L’utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève,1989.

- [31] Journal Officiel de la République Algérienne N° 26; 24 Rabie El Aouel 1427; 23 avril
- [32]. L'Actualité Chimique, septembre-octobre 1991.
- [33]. JEAN RODIER, "L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer", 7^{ème} édition, 1984.
- [34]. Documents de Wacker, "le Nobel", 99 Cours Gambetta, 69446 Lyon Cedex 03.
- [35]. Technologie Génie Chimique (ANGLARET - KAZMIERCZAK) Tomes 1 (schémas de filtre notamment), 199
- [36]. MOUCHET (P.). – Traitement des eaux avant utilisation. Filières et applications G 1172 (2000). Traité Environnement, volume G1.
- [37]. BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC, Sols Analyse granulométrique des sols inorganiques, BNQ 2501-025, Ministère de l'Industrie et du Commerce, 1987.
- [38]. Materials News International, revue de Dow Corning, 113 rue des Sars, 59600 Maubeuge
- [39]. Techniques de l'Ingénieur, "Silicones", 1995
- [40]. Les silicones, Rhône-Poulenc, Techno-Nathan, 1988.
- [41]. Journal of Chemical Education, 11 (63) 956, novembre 1986.
- [42]. Documents et informations Photowatt, 33 rue St Honoré, 38300 Bourgoin Jallieu.
- [43]. Pour la Science, juin 1987, n°147, janvier 1990, n°172 février 1992.
- [44]. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, n°483, mai 1990.
- [45]. MOHAND-SAID O, "Traitement des eaux", office des publications universitaires, 5-2001. édition 2.10.4334.
- [46] A.K. Verechaguine; «support de cours : matériaux de contraction», école supérieure de génie civil, Bénin, 2015/2016.
- [47]: RAHAOUI. F, "Etude de la mobilité de certains ETM dans un sol en domaine routier, approche expérimentale et théorique", Mémoire de magister, Université de Tlemcen 2009.
- [49] URIONS.I., 2005. Techniques d'épuration des eaux usées. Techniques et dimensionnement
- [50] BEAUDRY J. P., (1984). « Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada. P27-41.
- [51]: Mode opératoire de l'A.N.R.H.
- [52]: DJIDDI. H, "Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation d'essence foristeire urbaine", Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine, 2006/2007.
- [53]: Analyse physico-chimique cette fiché a été rédigée par l'équipe technique des RéFEA
- [54]: BELGHITIM.L., CHAHLAOUIA., BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R.1 "Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quatenaire

dans la région de Meknès (Maroc), Université Moulay Ismail, Juin2013.

Webgraphie:

[48]: specter UV-Visible:

<https://www.maxicours.com/se/cours/spectres-ultraviolet--visible/>



EPIC. ANRH

Direction Régionale Sud Ouest

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATE ET POPULAIRE
وزارة الموارد المائية
MINISTRE DES RESSOURCES EN EAU
الوكالة الوطنية للموارد المائية
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
المديرية الجهوية للجنوب الغربي

NOM DU DEMANDEUR

ETUDIANT

ANALYSE DEMANDEE

A. POLLUTION

DATE DE RECEPTION

23-02-2022

DATE DE PRELEVEMENT

23-02-2022

N° DE LABORATOIRE

DESIGNATION

SORTIE D'EAU L'AVAGE DE MACHINE ADOMICILE

RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUE	RESULTATS	Minéralisation globales	Resultats
PH	6.76	Calcium mg/l	-
Conductivité (ms/cm)	2.76	Magnesium mg/l	-
Temperature Terrain °C	-	Sodium mg/l	-
Turbidité eau brute Terrain (l)	4.89	Potassium mg/l	-
Turbidité eau déc. (NTU)	-	Chlorure mg/l	-
Résidu sec à 110° (mg/l)	1715	Sulfate mg/l	-
MES (mg/l)	-	Bicarbonates mg/l	-

PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS	Minéralisation globales	Resultats
Ammonium NH4+ (mg/l)	3.854	TH (°FR)	-
Nitrite NO2- (mg/l)	0.08	TAC (°FR)	-
Nitrate NO3- (mg/l)	0.02	Minéralisat. (mg/l)	-
O.Phosphates PO4 --- (mg/l)	0.08	Somme ions (mg/l)	-
Fluorure F-	-	SiO2 (mg/l)	-
Matières Organiques(mg/l O2)	19.60		
DCO (mg/l O2)	280		
DBO5 (mg/l O2)	155		

CHEF DU LABORATOIRE

ANRH/ D.R.S.O : B.P 364 Adrar (W.ADRAR) - 364 أدرار - م.ص ب 049.36.04.67
Tél: 049.36.04.67 Fax: 049.36.03.95

الملخص:

لا يزال الرمل هو الدعم الحبيبي الأكثر استخداما على نطاق واسع لترشيح وإزالة المواد الصلبة العالقة بغض النظر عن نوع الماء (الشرب أو الصناعي أو المنزلي). استخدمنا في هذه الدراسة ثلاثة أنواع من الرمال (عين بودة، تيميمون، المنيعه). أجرينا تجارب ومقارنات لاختيار أفضل نوع من الرمل لترشيح. أظهرت النتائج التجريبية أن رمل عين بودة هو أفضل رمل لترشيح مياه الصرف الصحي المنزلية (مياه الغسيل). أثناء ترشيح مياه الصرف الصحي المأخوذة من مخرج الغسالة بواسطة رمال عين بودة، أظهرت نتائج التحليل الفيزيائي الكيميائي للمياه المعالجة فعالية الترشيح وأيضاً معايير التلوث التي تحترم معايير التصريف.

الكلمات المفتاحية: الماء المستعمل، التصفية بالرمل، التلوث

Résumé:

Le sable reste le support granulaire le plus utilisé pour la filtration et l'élimination des matières en suspension quelque soit le type d'eau (potable, industriel ou à usage domestique). Dans cette étude, nous avons utilisé trois types de sable (Ain Bouda, Timimoun et Al Mania). Nous avons mené des expériences et des comparaisons pour sélectionner le meilleur type de sable pour la filtration. Les résultats expérimentaux ont montré que le sable Ain Bouda est le meilleur sable pour la filtration des eaux usées domestiques (eau de lavage). Lors de la filtration de l'eau usée prélevée à la sortie de la machine à laver par le sable de Ain Bouda, les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau traitée ont montré l'efficacité de la filtration mais aussi les normes de pollution respectant les normes de rejet.

Mots clés: Eaux usées, filtration du sable, pollution

Abstract:

Sand is still the most widely used granular support for filtering and removing suspended solids regardless of the type of water (drinking, industrial or domestic). In this study we used three types of sand (Ain Bouda, Timimon, Impregnable). We conducted experiments and comparisons to choose the best type of sand for filtration. Experimental results showed that Buda's eye sand is the best sand for filtering household wastewater (washing water). During the filtration of wastewater from the washing machine exit by the sands of Ain Buda, the results of the chemical physical analysis of the treated water showed the effectiveness of filtration as well as pollution standards that respect discharge standards.

Key words : used water, sand filtering, pollution