

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des
Sciences de la terre Département de Biologie
**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme
de**

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Sciences de l'environnement

Par : BEN ACHOU Nesrine
CHOUIREB Ghouzail

Thème

**Traitement des eaux usées urbaines, par la
technique d'infiltration-percolation sur filtre à
sable cas commune de Berriane (Ghardaïa)**

**Soutenu publiquement le:
21/06/2022 Devant le jury:**

M. BOUNAB Choayb.	Maître de conférences B	Univ. Ghardaïa	Président
M. AOUADI Abdelhafid.	Maître de conférences B	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M^{me}MEBAREK OUDINA Asmahane	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2021/2022

Remerciements



Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier Mr. AOUADI Abdelhafid. D'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier Mr. BOUNAB Choayb et Mme. MEBAREK OUDINA Asmahane, pour nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à toute l'équipe de laboratoire de pédologie la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre université de Ghardaïa

Tous mercis à notre famille et notre gratitude pour leurs encouragements obstinés à persévérer dans le travail, et pour leur soutien continu qui nous a permis de terminer ce mémoire

le souci de n'oublier personne, nous remercions vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de nos études

Ghouzail et Nesrine

Dédicace



Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde :

*Ma mère et mon père pour leur amour et pour leur patience,
conseils, aide et aussi de m'avoir encouragée pour la réalisation de
ce travail, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les
étapes de ma vie*

A ma chère sœur : Fatiha et son mari Mostapha et sa fille Aicha

A mes chers frères:Ahmed ,Aissa , Abdelkader et Attallah

Aux femmes de mes chers frères

A mon binôme Nesrine et sa famille

*A mes chers amis proche :Nesrine,Oumelkhair, Imane ,Samia et
Ghazil*

A toute la famille CHOUIREB

*A tous les personnes qui ma aidé de près ou de loin à réaliser ce
modeste travaille.*

Ghouzail

Dédicace



Avec un grand plaisir, Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parent Abdallah et khaira, pour tous leurs sacrifices,
leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long
de mes études*

*À ma sœur et mon ami ma chère binôme Ghazil pour son
dévouement et fatigué dans ce travail*

À mes sœurs Amel, Fatoum

À mes frères Abdelkader, saade, Mohammed

À ma chère tante Fatima et ma cousine Halima

À Mes grands-parents et tout ma famille

À tout mes amis et mes collègues

À Mon fiancé pou son aide et encouragement

À tous ceux qui nous ont aidés dans ce travail de près ou de loin

Nesrine

Résumé

L'objectif de cette étude est de démontrer l'efficacité de la méthode d'infiltration percolation à travers le sable pour filtrer les eaux usées urbaine (commune de Berriane). Pour cela, nous avons installé quatre filtres qui sont des tubes de 15 cm de diamètre contenant différentes quantités de sable 25, 50, 75 et 100 cm. A travers les résultats obtenus, il a été constaté que les différents filtres ont un effet sur les propriétés physico-chimiques, le meilleur filtre selon la majorité des critères de l'étude est le filtre2 de 0.5 mètre. Enfin, les résultats de ce travail confirment que la technique étudiée apparaît très efficace et pratique pour résoudre le problème de dépollution des eaux usées. Il nous reste à mener d'autres études dans lesquelles nous installons des filtres à sable au niveau d'une des usines pour voir l'étendue de leur capacité à réduire leurs polluants environnementaux.

Motsclés: Infiltration percolation, Berriane, eaux usées, caractères physico-chimiques, restauration.

Abstract

The objective of this study is to demonstrate the effectiveness of the percolation infiltration method through sand for filtering urban wastewater (municipality of Berriane). For this, we have installed four filters which are 15 cm diameter tubes containing different amounts of sand 25, 50, 75 and 100cm. Through the results obtained, it was found that the different filters have an effect on the physico-chemical properties, the best filter according to the majority of the criteria of the study is the 0.5 meter filter2. Finally, the results of this work confirm that the technique studied appears very efficient and practical to solve the problem of sewage treatment. We have to carry out other studies in which we install sand filters at one of the plants to see the extent of their ability to reduce their environmental pollutants.

Keywords: physico-chemical characteristics, Berriane, wastewater, percolation infiltration, restoration.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو اظهار فاعلية طريقة الترشيح من خلال الرمل لتصفية المياه الملوثة الحضرية (بلدية بريان) لهذا قمنا بتركيب أربعة فلاتر أنابيب قطرها 15 سم تحتوي على كميات مختلفة من الرمل 25 و 50 و 75 و 100 سم. من خلال النتائج التي تم الحصول عليها، وجد أن المرشحات المختلفة لها تأثير على الخواص الفيزيائية والكيميائية، وأفضل مرشح وفقاً لغالبية معايير الدراسة هو مرشح 0.5 متر 2. أخيراً، تؤكد نتائج هذا العمل أن التقنية المدروسة تبدو فعالة جداً وعملية لحل مشكلة إزالة التلوث من مياه الصرف الصحي. ولا يزال يتعين علينا إجراء دراسات أخرى نقوم فيها بتركيب مرشحات رملية على مستوى أحد المصانع لمعرفة مدى قدرتها على تقليل ملوثاتها البيئية.

الكلمات المفتاحية: الخصائص الفيزيائية والكيميائية، بريان، مياه الصرف الصحي، الترشيح، .

Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste des abréviations	
Tableau de matière	
Introduction générale	
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I.1. Origine des eaux usées	01
I.1.1. Origine domestiques et urbaines	01
I.1.2. Origine industrielles	01
I.1.3. Origine agricoles	01
I.1.4. Origine pluviales	02
I.2. Caractères physico-chimiques	02
I.2.1. Paramètres physique	02
I.2.1.1. Température	02
I.2.1.2. Conductivité	02
I.2.1.3. Potentiel d'hydrogène	02
I.2.1.4. Odeur	03
I.2.1.5. Couleur	03
I.2.2. Fraction Organique	03
I.2.2.1. Turbidité	03
I.2.2.2. Oxygène dissous	04
I.2.2.3. Matières en suspension	04
I.2.2.4. Demande biologique en oxygène	04
I.2.2.5. Demande chimique en oxygène	04
I.2.3. Fraction minérale	05
I.2.3.1. Azote	05
I.2.3.2. phosphore	05
I.2.3.3. Nitrites	05
I.2.3.4. Nitrates	05
I.3. Impacts du rejet des eaux usées au milieu récepteur	06
I.3.1. Impact sanitaire	06
I.3.2. Impact environnementale	06
I.3.2.1. Impact sur les eaux	06
I.3.2.2. Impact sur les sols	06
I.3.2.3. Impact sur l'air	07
I.3.3. Impact socio-économique	07
I.4. Traitement des eaux usées	07
I.4.1 Prétraitement	07
I.4.1.1. Dégrillage	08
I.4.1.2 Dessablage	08
I.4.1.3. Degraissage et Deshilage	08

I.4.2. Traitements physico-chimiques(primaires)	08
I.4.2.1.Décantation	08
I.4.2.2. Coagulation – Flocculation	08
I.5.2.3. Flottation	09
I.4.2.4. Filtration	09
I.4.3. Traitementsbiologique(secondaires)	09
I .4.3.1. Procédés intensifs	09
I 4.3.2.Procédés extensifs	09
I .4.4. Traitement tertiaires et Boues	10
I.4.4.1. Traitements tertiaires	10
I.4.4.2 Boues	10
I.5.Réutilisation des eaux usées	11
I.5.1.Définition	12
I.5.2.Catégories de réutilisation de l'eau	12
I.5.3.Usages des eaux usées épurées en agriculture	13
I.5.4. Utilisations urbaines et irrigation des cultures vivrières	13
I.5.5.Réutilisations et recyclage industriels	13
I.5.6. La REUT en zone urbaine	14
I.5.7. Amélioration des ressources	14
I.6. Filtration sur sable	15
Chapitre II: Matériels et Méthodes	
II. Introduction	16
II.1. But Principal	16
II.2. Prélèvement et échantillonnage	16
II.3. Matérielles d'étude	16
II.3.1. Matériels de l'essai	16
II.3.2.Les eaux usées	16
II.4. Méthode d'étude	16
II.4.1. Dispositif expérimental	16
II.4.2. Méthode de dosage des paramètres physicochimique	18
II.4.2.1. Détermination du pH et de température	18
II.4.2.2. Détermination de conductivité électrique	19
II.4.2.3. Détermination de turbidité	19
II.4.2.4. Détermination de l'oxygène dissous	19
II.4.2.5. Détermination de la matière sèche	19
II.4.2.6. Détermination de la matière minérale	20
II.4.2.7. Détermination de la matière organique	21

II.5. Analyse statistique	22
Chapitre III : Résultats et discussion	
III. Introduction	23
III.1. Dureté de l'infiltration des eaux usées	23
III.2. Effet de l'infiltration sur la couleur des eaux usées	23
III. 1.3. Paramètres physicochimiques	24
III. 1.3.1. Température	25
III. 1.3.2. Potentiel d'hydrogène pH	26
III. 1.3.3. Conductivité électrique	27
III. 1.3.4. Turbidité	28
III. 1.3.5. Oxygène dissous	29
III. 1.3.6. Matière sèche	30
III. 1.3.7. Matière minérale	31
III. 1.3.8. Matière organique	33
Conclusion générale	34
Références bibliographiques	

LISTE DE TABLEAUX

N°	TITRE	PAGE
01	Classification des eaux d'après leur pH	03
02	Classes de turbidité usuelles (NTU, néphélobimétrie turbidité unit)	04
03	Forme de réutilisation des eaux usées	12
04	Variations de durée de l'infiltration des eaux usées	23
05	Couleur des filtres avant et après l'infiltration	24

LISTE DE FIGURES

N°	TITRE	PAGE
01	Schéma récapitulatif de principales voies de traitements des eaux usées et des boues	11
02	Matérielles d'étude	17
03	Composant des différents filtres	17
04	PH mètre	18
05	Conductivité mètre (4520)	18
06	Turbidimètre AL250T-IR	19
07	Oxymètre (inoLab-oxi7310)	19
08	Creusées	20
09	Balance	20
10	Etuve chauffée	20
11	Dessiccateur	20
12	Four à moufle	21
13	Couleur des filtres	24
14	Variation temporelle de la température T(C°) dans tous les filtres	25
15	Variation temporelle de pH dans tous les filtres.	26
16	Variation de la conductivité dans tous les filtres étudiés.	27
17	Variation de la turbidité (NTU) dans tous les filtres étudiés	28
18	Variation temporelle d'O ₂ (mg/l) dissous dans tous les filtres.	29
19	Variation de la matière sèche dans tous les filtres étudiés	30
20	Variation de la matière minérale dans tous les filtres étudiés	32
21	Variation de la matière organique dans tous les filtres étudiés	33

Liste des sigles et abréviations

DBO	Demande Biologique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
EB	Eau Brute
EE	Eau épurée
EUT	Eaux Usées Traités
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FNSA	Fédération Nationale des Syndicats de l'Assainissement et de la maintenance industrielle
MES	Matière En Suspension
MM	Matière Minérale
MO	Matière Organique
MS	Matière Sèche
MTH	Maladies à Transmission Hydrique
NTU	Néphélobimétrie Turbide Unit
O₂	Oxygène dissous
ONA	Office National d'assainissement
PH	Potentiel d'hydrogène
REUT	Réutilisation des eaux usées
T	Température

Introduction

Introduction générale

En Algérie, l'eau est un élément de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable (Djeddi, 2006). L'eau c'est la vie, mais à cause de problème de la pollution de celles-ci et l'accroissement de sa consommation par les individus et industries on doit obligatoirement conserver les sources d'eau contre la pollution et la contamination (Dengou, 2017).

La gestion durable de l'eau est l'un des principaux axes du développement durable, dans la mesure où cette dernière doit répondre aux besoins des générations actuelles et satisfaire les générations futures. L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies. Les agriculteurs, notamment ceux des régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (Hannachi et al, 2014).

Toutes fois, l'évacuation des eaux usées dans le milieu naturel cause des plusieurs risques environnementaux, ce qui rend obligatoire leur traitement avant d'être rejetées dans la nature. Actuellement, les eaux usées ne sont épurées et rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe dans le milieu naturel. Pour lutter contre la pollution des eaux naturelles, éviter les maladies d'origine hydrique et protéger le milieu récepteur on a recours à des solutions fiable telle que : la construction des stations d'épuration. Il y'a plusieurs méthodes et procédés de traitement : parmi elles la filtration physique en utilisant des substrats tels que le sable (méthode qui a donnée d'assez bon résultat) il y'a en plusieurs travaux sur l'utilisation des sables, les résultats obtenus ont montré qu'il y avait plusieurs paramètres qui influencent sur ce type de traitement. L'infiltration-percolation sur sable est un traitement physique très répandue en raison du faible cout énergétique qu'elle entraîne, du peu de technicité demandée pour son simple entretien et de sa facilité d'intégration au site (Dengou, 2017).

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'essayer de réduire les risques de pollution du milieu extérieur résultant du déversement d'eaux usées sans traitement, par un prétraitement représenté par des filtres à sable.

Pour cela, nous avons installé quatre filtres qui sont des tubes de 15 cm de diamètre contenant différentes quantités de sable 25, 50, 75 et 100 cm. Afin de déterminer la qualité des filtres, nous mesurons les paramètres suivants avant et après le processus de filtration: la température, le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité, La turbidité, L'oxygène dissous, la matière sèche, la matière minérale et la matière organique.

Notre étude est présentée en 3 chapitres comme suit : Dans le premier chapitre, on a fait un rappel bibliographique sur l'origine, les caractères et les méthodes de traitement des eaux usées. Le deuxième chapitre dans laquelle nous présentons le matériel et les méthodes utilisés. Dans le troisième chapitre les résultats et les discussions.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

Définit les eaux usées sont comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout (Ramade, 2000). Ils regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines) (Baumont *et al*, 2004).

I.1. Origine des eaux usées

Il existe différents types des eaux usées, en fonction de leur origine et la qualité des substances polluants, on distingue quatre catégories des eaux : les eaux usées domestique, industrielles, pluviales et agricoles (Methari, 2012).

I.1.1. Origine domestiques (urbaines)

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires. Lorsqu'elles sont rejetées par les habitations, les eaux usées sont collectées grâce à un réseau souterrain, dit réseau d'assainissement (Metahri, 2012).

I.1.2. Origine 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 (KhadraouiTalab, 2008).

I.1.3. Origine agricoles

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- ✓ Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.
- ✓ Apport de sulfate, de cuivre et de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole.
- ✓ Apport de pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides (Richard, 1982 ; Nicole, 1996).

I.1.4. Origine pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de la pluie par deux mécanismes :

- Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées.
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs.

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques avec des métaux lourds et des éléments toxiques (plomb, zinc, hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile (Frank, 2002).

I.2. Caractères physico-chimiques

I.2.1. Paramètres physique

1.2.1.1 Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau (Hammam, 2019).

1.2.1.2. Conductivité

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 (Hammam, 2019).

1.2.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (Hammam, 2019).

Tableau 01: Classification des eaux d'après leur pH (Hammam, 2019).

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

I.2.1.4. Odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde (Ladjet, 2006).

I.2.1.5. Couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution. Elle est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible (Thomas, 1995).

1.2.2. Paramètres organiques

La fraction organique carbonée produite en général par des êtres vivants végétaux, animaux ou micro-organismes. il s'agit par exemple des glucides, protides et lipides. La matière organique est souvent biodégradable (Bourven, 2012). Parmi les fractions organiques, les fractions suivant :

I.2.2.1 Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension (Hammam, 2019).

Tableau 02: Classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit)(Hammam, 2019).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble
NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité

I.2.2.2 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg /l (Rejsek, 2002).

I.2.2.3. Matières en suspensions (MES)

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS) non dissoutes. L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité et réduit la luminosité, entraînant une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau (Metahri, 2012).

I.2.2.4. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Xanthoulis, 1993).

I.2.2.5 Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle permet de mesurer la teneur en matières organiques totales (excepté quelques composés qui ne sont pas dégradés), y compris celles qui ne sont pas dégradables par les

bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (Savary., 2005).

❖ Différence entre DCO et DBO

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau. . Lorsque des composés toxiques sont présents, l'activité biologique est ralentie et, de ce fait, la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre. Ceci se traduit également par un rapport DCO/DBO élevé. La DBO et la DCO se mesurent en mg d'O₂ par litre (Devillers *et al*, 2005).

1.2.3 Paramètres minérale

La fraction minérale représente l'ensemble des produits de l'altération physico-chimique des polluants. Parmi les fractions minérale, les fractions suivant :

1.2.3.1 Azote

C'est un élément qui se trouve sous forme ammoniacale ou organique ou inorganique (ammoniaque, nitrate et nitrite) : il constitue la majeure partie de l'azote total. L'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine urinaire. On estime à environ 13mg/jour la quantité d'azote rejetée par un adulte. L'azote est l'un des éléments qui favorisent la prolifération d'algues (Bechak *et al*, 1983).

1.2.3.2 Phosphore

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine (Ladjel et Bouchefer, 2004).

1.2.3.3 Nitrites (NO₂-)

Les ions nitrites (NO₂-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃-). 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 (Rodier, 2005).

1.2.3.4 Nitrates (NO₃-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (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 nitrites (Rodier *et al*, 2009).

I.3. Impacts du rejet des eaux usées au milieu récepteur

Le rejet direct des eaux usées au milieu naturel a un impact négatif sur plusieurs plans :

I.3.1. Impact sanitaire

Les eaux usées sont le siège du transport, de la croissance et du développement de plusieurs maladies et agents pathogènes appelés Maladies à Transmission Hydrique (MTH) (Fièvre entérique, Choléra, Leptospirose) dues à la pollution biologique bactérienne, virales et zoo parasitaires (Benaouira, 2016).

I.3.2 Impact environnemental

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique, en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution provoque la diminution de la biodiversité et l'altération de la qualité de l'eau (Bodenne, 2012 ; Carnavale, 2006).

I.3.2.1. Impact sur les eaux

Les effluents des eaux usées sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras, etc.) qu'ils contiennent. Souvent rejetés dans des récepteurs naturels sans aucun traitement préalable, les effluents des eaux usées nuisent fortement à la qualité des eaux de surfaces. La coloration des eaux naturelles due aux tannins est l'un des effets les plus visibles de la pollution. La très forte charge en DCO et surtout en DBO empêche les eaux de s'auto épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances (Mebirouk, 2002).

I.3.2.2. Impact sur les sols

Épandues sur les sols, les eaux usées diminuent la qualité des sols. Les substances toxiques contenues dans ces eaux se fixent dans les sols. Certaines de ces substances telles que les phénols peuvent inhiber l'activité microbienne du sol, d'autre, des résidus de pesticides notamment, sont nocives aux plantes (Benyahia et Zien, 2003).

I.3.2.3. Impact sur l'air

Causée généralement par la décomposition de ces effluents. La forte teneur en sels des margines (200 fois plus élevé que les eaux urbaines), leur forte charge organique et leur acidité sursaturent les milieux récepteurs et engendrent des conditions d'anaérobiose adéquates au dégagement d'odeur désagréable liée à la formation d'hydrogène sulfureux (H₂S) lors du processus de fermentation (Yahyaoui, 2012).

I.3.3. Impact Socio-économique

Elles peuvent avoir plusieurs aspects : Pour la production d'eau potable, la pollution de l'eau peut réduire le nombre de ressources utilisables et augmenter le coût des traitements de potabilisation ou celui du transport de l'eau. La dégradation des ressources peut devenir un frein au développement industriel, car l'industrie consomme beaucoup d'eau et les exigences de la qualité de l'eau sont parfois très élevées. Une eau de mauvaise qualité des conséquences sur la production agricole, car l'agriculture a recourt aux eaux brutes, non traitées, pour l'irrigation des cultures. Le côté inesthétique des cours d'eau pollués entraîne une disparition de l'industrie touristique. Il faut, par ailleurs, remarquer qu'un cours d'eau pollué n'a plus(ou presque plus) de poissons et la baisse de l'activité piscicole diminue les revenus des pêcheurs et a un impact sur l'économie nationale (Baok, 2007).

I.4. Traitement des eaux usées

Avant tout procédé d'évacuation ou réutilisation des eaux usées, le traitement de ces derniers est nécessaire pour protéger l'environnement et la santé publique ainsi que la santé animale de tout danger. L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station, il résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduaires (Amir, 2005).

La figure 1 récapitule les principales voies de traitement des eaux usées et des boues.

I.4.1 Prétraitement

Les collecteurs des eaux usées charrient des matières très hétérogènes, et souvent grossières. Les eaux arrivent à la station d'épuration vont subir en premier lieu des traitements préliminaires nommés prétraitements. Ceux-ci vont permettre d'extraire la plus grande quantité des éléments dont la taille (détritus grossiers), le pouvoir abrasif (sable,

argile) et la masse spécifique (graisse flottantes) risquent de perturber le fonctionnement des étapes ultérieures (Jarde, 2002). Les étapes de prétraitement des eaux usées sont le dégrillage, le dessablage et dégraissage- déshuilage.

I.4.1.1. Dégrillage

Les eaux usées d'origine urbaine ou industrielle qui arrivent à la station d'épuration passent d'abord à travers des grilles à barreaux plus au moins espacés ou de tamis rotatifs qui retiennent les éléments les plus volumineux (Degremont, 2005 ; Karoune, 2008) ce traitement permet : de protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.

I.4.1.2. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites et les installations et de protéger les unités de traitement contre l'abrasion (Jarde, 2002).

I.4.1.3. Dégraissage et Déshuilage

Le dégraissage et le déshuilage permettent de récupérer grâce à des racleurs les huiles et les graisses domestiques ou industrielles qui tendent généralement à remonter en surface des eaux usées par flottation (Jarde, 2002).

I.4.2. Traitements physico-chimiques(primaires)

Les procédés de traitement physico-chimiques, faites appel à des procédés physiques. Ces traitements sont la décantation, la coagulation- floculation, flottation et filtration.

I.4.2.1. Décantation

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation de MES et des colloïdes, un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité (Ouali, 2001 ; Cardot, 2010).

I.4.2.2. Coagulation et Floculation

La coagulation-floculation est une méthode qui favorise la sédimentation des particules flottantes dans les eaux usées, grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés artificiellement (les coagulants ou les floculats). Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et la matière organique d'une eau

est essentielle (Cardot, 2010).

I.4.2.3. Flottation

Contrairement à la décantation, la flottation consiste à former des amas de particules qui ont une densité inférieure à celle de l'eau et qui vont donc se retrouver en surface. La flottation peut être naturelle, pour les graisses par exemple, ou d'ajouter de l'air (sous forme de microbulles) qui va se fixer sur des particules (F.n.s.a, 2009 ;Cardot, 2010).

I.4.2.4. Filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). L'utilisation de membrane ayant des pores de plus en plus petits permettent de pousser très loin le seuil de séparation de la matière pour aller jusqu'à la rétention de molécules et de sels (Degremont, 2005).

I.4.3. Traitements biologique (secondaires)

Les techniques d'épuration biologiques utilisent l'activité des bactéries dans l'eau. Les micro-organismes sont utilisés pour transformer la matière organique des effluents (Jarde, 2011). Il existe deux types des traitements biologiques : intensifs et extensifs.

I.4.3.1. Procédés intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. On a les lits bactériens et les boues activées (Baudot et Perera, 1991).

I.4.3.2. Procédés extensifs

Les solutions extensives correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels la concentration en organismes épurateurs est faible. Parmi ces procédés on note : le lagunage (Degremont, 2005). Le lagunage est un procédé d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries. Les bassins de lagunage sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. C'est le plus répandu et le plus classique surtout dans les pays à climat

chaud et où le terrain est disponible à coût raisonnable (Amir, 2005).

Ce système d'épuration présente de nombreux avantages en comparaison avec d'autres procédés. Il ne consomme pas d'énergie et ne demande pas de produits chimiques, ne nécessite que peu d'entretien, il est simple, écologique, rustique, fiable, et peu onéreux du avec des résultats hautement satisfaisants en matières de décontamination. Ses nombreux avantages pourraient presque faire oublier les quelques contraintes de cette technique dont le principale est la superficie nécessaire pour leur installation. Le lagunage a différents types (lagunage naturel, lagunage à microphytes, lagunage à macrophytes et lagunage aéré) dont les principaux sont le lagunage naturel (U.N.E.S.C.O, 2008).

I.4.4. Traitements tertiaires et Boues

I.4.4.1 Traitements tertiaires

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination de l'azote (Nitrification), du phosphore (déphosphorisation) ou des germes pathogènes (désinfection) qui nécessitent la mise en œuvre de traitement tertiaire (Bouhanna, 2013).

I.4.4.2 Boues

Les eaux usées des agglomérations urbaines subissent des traitements d'épuration avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Quel que soit le procédé utilisé pour le traitement, on obtient ainsi les boues (Arnal et Devaux, 1984).

Les boues résiduelles représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes). Cette composition varie en fonction de l'origine des eaux usées, de type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (Karoune, 2008). Les boues lui-même subit des traitements dont les principaux sont le compostage, la stabilisation chimique ou thermique et la réduction du volume et les traitements d'hygiénisations (Petit, 2007 ; Karoune, 2008 ; Assobhei, 2009).

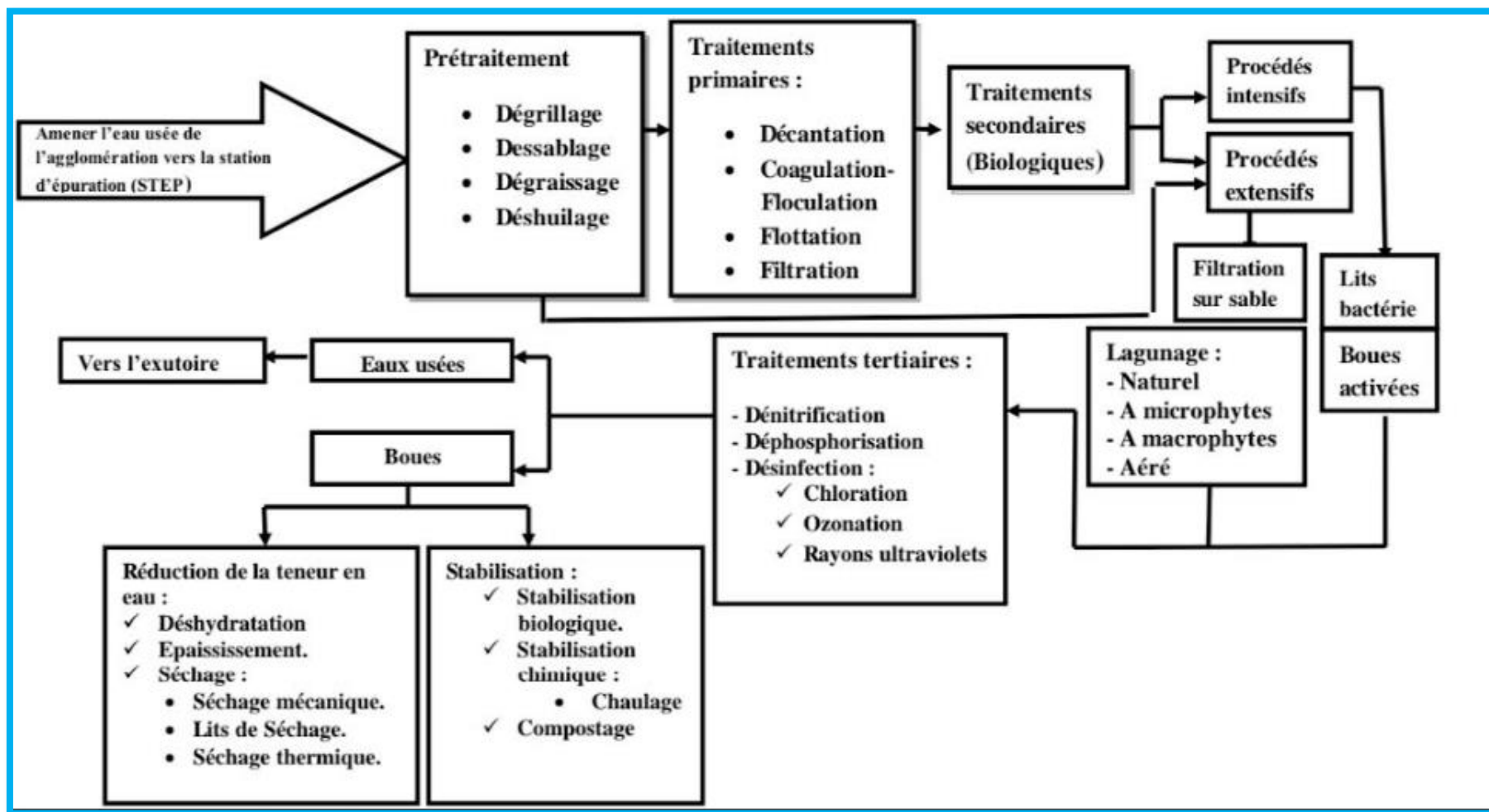


Figure 01. Schéma récapitulatif de principales voies de traitements des eaux usées et des boues (Bouhanna, 2013).

I.5. Réutilisation des eaux usées

I.5.1. Définition

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires. La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- ❖ La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans dilution de ces eaux dans le milieu naturel
- ❖ La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel (Ben Chehem et Bouazza, 2013).

I.5.2. Catégories de réutilisation de l'eau

Les pratiques de réutilisation peuvent être classées en plusieurs catégories comme le montre le tableau suivant.

Tableau 03: Formes de réutilisation des eaux usées (Bouzidi, 2020).

Formes de réutilisation	Application
Production de l'eau potable	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Production indirecte d'eau potable ➤ Production directe d'eau potable
Irrigation en agriculture	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Culture maraîchère ➤ Arbre fruitiers ➤ Cultures industrielles ➤ Aquaculture
Activités récréatives	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Augmentation des cours d'eau pour le pêche, natation
Utilisations industrielles	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau de refroidissement
L'utilisation urbaine	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Irrigation de parcs, écoles ➤ Golfs, résidences ➤ Protection incendie ➤ Recyclage en immeuble

I.5.3. Usage des eaux usées épurées en agriculture

L'utilisation des eaux usées domestiques pour l'irrigation des terres agricoles est une pratique ancienne dans nombreuse pays du monde (Scott *et al*, 2007 ; Condom *et al*, 2012). Elle est connue depuis la fin du 19eme siècle (Fao, 2003). Actuellement, cette pratique commence à prendre l'ampleur à cause de la rareté des eaux conventionnelles surtout dans les régions arides et semi-arides (Scott *et al*, 2007 ; Condom *et al*, 2012). En terme de surface, plus de 20 million hectares des terres agricoles sont irriguées par les eaux usées épurées travers le monde (Der hoek, 2007). Les modalités de mise en œuvre pour l'usage des REUE sont multiples, il existe des périmètres irrigués exclusivement avec des EUT, d'autres périmètres mixtes (Rotbardt, 2011). La réutilisation des eaux usées en agriculture présente un intérêt certain, des risques de réutilisation ainsi que des impacts positifs notamment négatifs sur les sols et les cultures.

I.5.4. Utilisations urbaines et irrigation des cultures vivrières

La plus répandue, permettant d'exploiter la matière fertilisante contenue dans ces eaux réalisant ainsi une économie d'engrais. Cette catégorie de réutilisation exige une qualité d'eau assez élevée et représente actuellement le plus haut degré de réutilisation pratiquée de façon courante. Entre autres exemples typiques d'utilisation non restreinte en milieu urbain à des fins agricoles ou récréatives, mentionnons :

- Utilisation en milieu urbain : irrigation des parcs, terrains de jeu et cours de récréation, protection contre les incendies; fontaines et bassins ornementaux, chasse d'eau de toilette et climatisation des édifices.
- Irrigation agricole des cultures vivrières destinées à la consommation humaine sans cuisson (Bouzidi, 2020).

I.5.5. Réutilisation et recyclage industriels

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour les pays industrialisés, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) sont parmi les secteurs qui utilisent les eaux usées en grande quantité. La qualité de l'eau réutilisée dépend de l'industrie ou de la production industrielle. Les applications sont nombreuses et on peut classer les secteurs où se pratique la REUT en fonction des différentes catégories d'activités industrielles : le secteur chimique et para chimique, le secteur agro-alimentaire, le secteur des industries mécaniques, métallurgiques. Le secteur

industriel est celui qui utilise le plus d'eau. La réutilisation des eaux usées des municipalités pour répondre aux besoins du secteur industriel a commencé dès les années 1940. L'utilisation des eaux usées récupérées aux fins des secteurs de la construction et de l'industrie, notamment le lavage des agrégats, la fabrication du béton, le nettoyage de l'équipement, l'alimentation des tours de refroidissement (à l'exclusion du refroidissement par évaporation), le nettoyage des cheminées, l'alimentation des chaudières et l'eau de fabrication (à l'exclusion de la transformation des aliments) (Bouzidi, 2020).

I.5.6. La REUT en zone urbaine :

En zone urbaine et périurbaine, la réutilisation des eaux usées est une source importante. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage. Il existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux.
- les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance.
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles.
- le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie, etc.

La REUE en zone urbaine nécessite un réseau double qui permet de distribuer séparément les Eaux épurées et l'eau potable. Il peut y avoir un réseau double à l'échelle de la ville entière ou à l'échelle de l'habitation (Bouzidi, 2020).

I.5.7. Amélioration des ressources

La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de Nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer. Le dispositif de la recharge de nappe consiste à faire infiltrer ou percoler les EUT dans le sous-sol dont les principaux objectifs sont :

La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable.

- La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée.
- Le stockage des eaux pour une utilisation différée.
- L'amélioration du niveau de traitement de l'eau en utilisant le pouvoir auto-épuration du sol.

Les techniques de recharge reposent sur deux systèmes principaux de circulation de l'eau :

- L'infiltration depuis la surface, dans des bassins ou des lits de cours d'eau.
- L'injection profonde, par puits ou forages, où l'eau est introduite directement dans la nappe souterraine (Bouzidi, 2020).

I.6. Filtration sur sable

En ce qui concerne l'élimination des solides en suspension, la filtration sur sable est d'autant plus efficace que la couche de sable est plus épaisse et que le flux est faible. La chloration des eaux usées a un effet négatif sur l'efficacité de l'épuration. La granulométrie n'a pas une grande influence et le choix d'un diamètre inférieur à 2000 μm est plus pratique pour les filtres (Gembloux, 1998).

Chapitre II:

Matériels et Méthodes

II.1. Introduction

L'objectif principal de notre étude est de faire un prétraitement des eaux usées à travers des filtres à sable afin de réduire leurs matières organiques et les matières en suspension, qui représentent la principale cause de pollution du milieu extérieur.

Pour cela, nous procéderons à faire des analyses en laboratoire des eaux usées avant et après la filtration, pour connaître l'influence des différents filtres sur les paramètres physico-chimiques suivants : Température, le potentiel d'hydrogène (pH), conductivité, turbidité, l'oxygène dissous, matière sèche, matière minérale et la matière organique. Nous avons réalisées toutes les analyses dans les laboratoires de la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université de Ghardaïa.

Les échantillons utilisés dans cette étude ont été prélevés de station d'épuration des eaux usées de la commune de Berriane qui se gère par l'office national d'assainissement (ONA) de la wilaya de Ghardaïa.

II.2 Matérielles d'étude

Dans cette étude nous avons utilisé le matériel suivant (figure 02) :

II.2.1 Matériels de l'essai

- 4 Tubes en PVC de 110 de diamètre de différentes hauteurs : 75 cm, 100 cm, 125 cm et 150 cm
- Tamis
- Gravier de petites tailles après leur lavage
- Sable après leur lavage.

II.2.2 Eaux usées

Les eaux usées d'origine urbaines utilisées dans cette expérience proviennent de station d'épuration (Berriane).

II.3 Méthode d'étude

II.3.1 Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé pour nos essais porte sur une série de tubes en PVC de 110mm comportant un filtre comme suit : (figure 3).

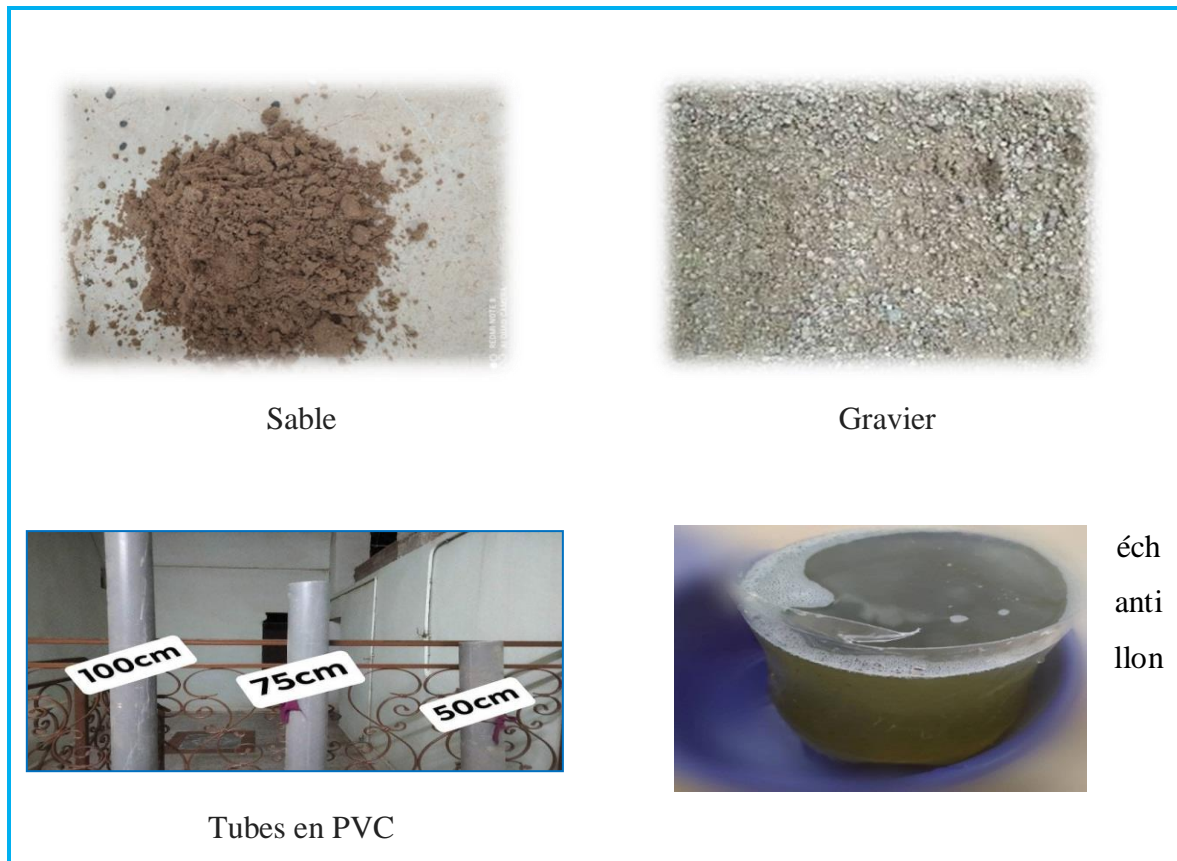


Figure 02 :Matérielles d'étude

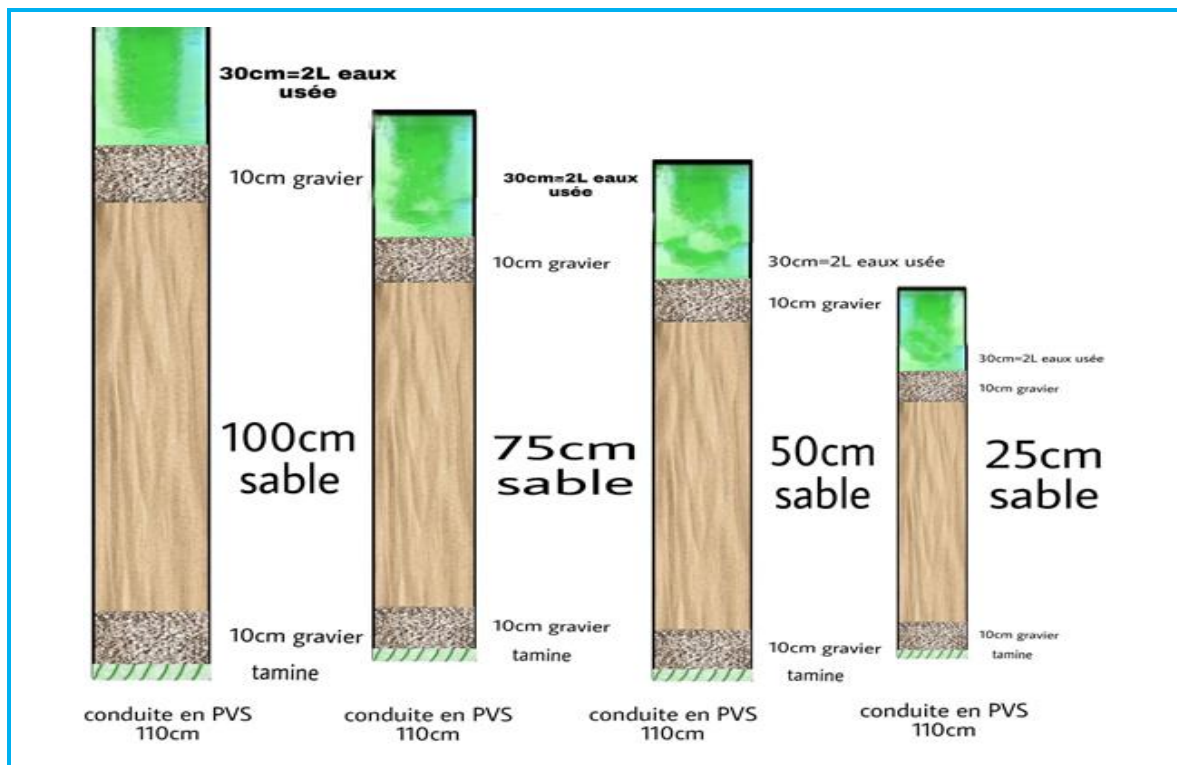


Figure 03 : Composants des différents filtres

Filtre 01: 10 cm gravier +100 cm de sable + 10 cm gravier

Filtre 02: 10 cm gravier+ 75 cm sable+ 10 cm gravier

Filtre 03: 10 cm gravier + 50 cm sable + 10 cm gravier

Filtre 04: 10 cm gravier + 25 cm sable +10 cm gravier.

Les filtres ont été alimentés par les mêmes eaux usées

II.3.2 Méthode de dosage des paramètres physicochimique

Afin de déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses seront effectuées à laboratoire, les paramètres qui seront mesurés sont les suivants:

Température et le potentiel hydrique (pH)

La Turbidité

La conductivité électrique

L'oxygène dissous (O₂)

La matière sèche

La matière minérale

La matière organique.

II.3.2.1 Détermination du pH et de température

Le pH des eaux usées est une indication de leur taux d'acidité, Il a été déterminé par un pH-mètre (figure 05) et la température a été mesuré à l'aide d'un pH mètre (Rodier *et al*, 2009). **Expression des résultants** : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil.

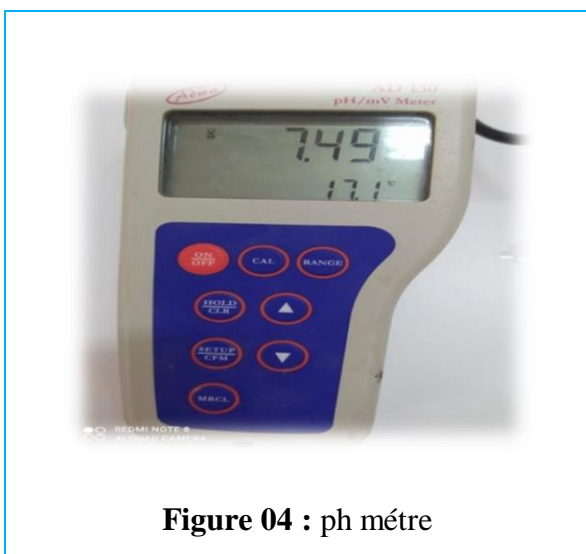


Figure 04 : ph mètre

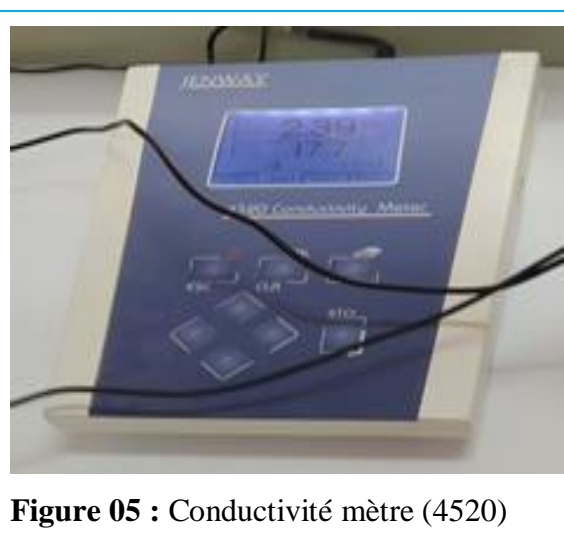


Figure 05 : Conductivité mètre (4520)

II.3.2.2 Détermination de conductivité électrique

La conductivité a été déterminée selon le procédé décrit par (Rodier *et al*, 2009). Elle a été mesurée par un conductimètre (4520) (figure06). La conductivité électrique d'un liquide (γ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques.

Expression des résultats : La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil.

II.3.2.3. Détermination de turbidité

La turbidité des margines a été déterminée par turbidimètre AL250-IR (Rodier *et al*, 2009). Elle permet l'appréciation de l'abondance de ces particules en suspension, notamment les substances colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. (figure 08)

Expression des résultats: La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil.

II.3.2.4. Détermination de l'oxygène dissous

C'est la détermination d'oxygène dissous à l'aide d'un oxymètre (inoLab-oxi7310 (Rodier *et al*, 2009). **Expression des résultats** : Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure 06 : Turbidimètre AL250T-IR

Figure 07 : Oxymètre (inoLab-oxi7310)

II.3.2.5. Détermination de la matière sèche

La matière sèche a été déterminée par dessiccation dans une étuve ventilée jusqu'à poids constant. 5 ml des eaux usées ont été introduit dans un cristalliseur préalablement taré. Ce dernier a été placé dans une étuve à 105°C pendant 48 heures (jusqu'à poids constant). La

différence de poids correspond à la perte d'humidité et le résidu caractérise la teneur en matière sèche de l'échantillon (Rodier *et al*, 2009).



Figure 08 : Creusées

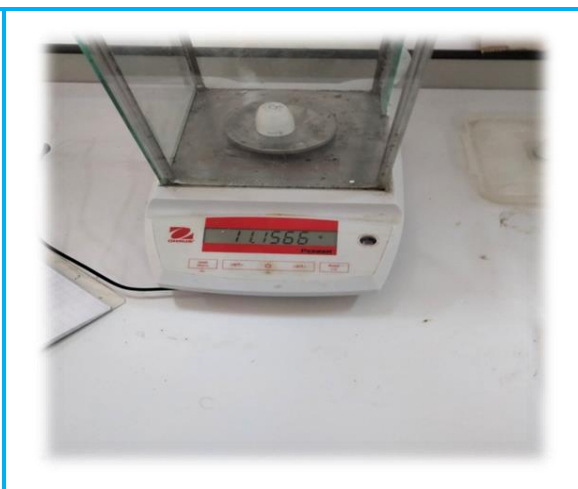


Figure 09 : Balance



Figure 10 : Etuve



Figure 11: Dessiccateur

Expression des résultants : On calculé la teneur de la matière sèche d'après l'expression :

$$Ms \text{ (mg)} = P_i - P_0$$

MS : Matière sèche

P_i : Poids de creusées après le 48h dans L'étuve en (mg)

P₀ : Poids de creusées vide en (mg).

II.3.2.6. Détermination de la matière minérale

La matière minérale correspond au résidu issu de la calcination à 550°C pendant 5 heures dans un four à moufle. (Rodier *et al*, 2009).

Expression des résultants : On calculé la teneur de la matière minérale d'après l'expression :



Figure 12 : Four à moufle

$$Mm \text{ (mg)} = P_2 \text{ (mg)} - P_0 \text{ (mg)}$$

Mm : matière minérale

P₂ : Poids de creusées après le 4h le four à moufle en (mg)

P₀ : Poids de creusées vide en (mg).

II.4.2.7. Détermination de la matière organique

La matière organique a été déduite en faisant la différence entre la matière sèche obtenue, par évaporation à 105°C et les résidus de cendres (La matière minérale) issues de la calcination à 550°C pendant 5 heures dans un four à moufle. (Rodier *et al*, 2009).

On calculé la teneur de la matière organique d'après l'expression :

$$Mo \text{ (mg)} = MS \text{ (mg)} - Mm \text{ (mg)}$$

Mo : Matière organique

Ms : matière sèche

Mm : matière minérale.

II.4. Analyse statistique

Les données sont traitées par une analyse de la variance à un seul facteur (effet de filtre) par le logiciel statistique STATISTICA version 10. Les moyennes sont classées selon la classification de Test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$).

Chapitre III :

Résultats et discussion

Plusieurs travaux ont montré que le procédé d'infiltration-percolation a une bonne capacité d'éliminer la charge organique des eaux usées urbaines. Dans ce chapitre, nous allons présenter tous les résultats obtenus avec leur analyse et discussion.

III.1. Durée de l'infiltration des eaux usées

Le tableau suivant montre les résultats des variations de temps de l'infiltration des eaux usées pour chaque tube. Où T_1 représente la durée de la première goutte passant à travers le filtre et T_2 représente la durée totale de passage de tout l'échantillon (2 litres) à travers le filtre.

Tableau 04: Variations de durée de l'infiltration des eaux usées

	0,25 m	0,5 m	0,75 m	1 m
T_0	0	0	0	0
T_1	3 min	5 min	7 min	19 min
T_2	02h20m09s	02h56m01s	03h41m55s	04h20m10s

En ce qui concerne la durée de la première goutte passant à travers le filtre, le premier filtre (0,25 mètre) a enregistré la période la plus courte, tandis que le quatrième filtre (1 mètre) a enregistré la période la plus longue. Alors que les filtres 2 (0,50 mètre) et 3 (0,75 mètre) ont enregistré des durées presque similaires. La durée de filtration enregistrée pour le filtre 04 (1 mètre) représente quatre fois la durée enregistrée pour le filtre 2, six fois pour le filtre 1, et presque trois fois la durée enregistrée pour le filtre 3.

En ce qui concerne la durée de filtrage totale, le filtre 1 a également enregistré la durée la plus courte, tandis que le filtre 4 a enregistré la durée la plus longue, mais les filtres 2 et 3 ont enregistré des durées moyennes. Alors que les filtres 1 et 2 ont enregistré des durées presque similaires. La durée de filtration enregistrée pour le filtre 04 représente presque deux fois la durée enregistrée pour les filtres 1 et 2. Ce qui devait être obtenu, en raison de la différence de quantité de sable.

D'après ce que nous avons obtenu, les meilleurs filtres selon le critère de durée de filtrage sont les premier et second filtres. Qui sont les résultats que nous attendions d'obtenir à cause de la différence de quantité de sable.

III.2. Effet de l'infiltration sur la couleur des eaux usées

Les résultats obtenus concernant l'effet des différents filtres sur la couleur de l'eau usée sont présentés dans le tableau 05 et la figure 13.

Tableau 05 : Couleur des filtres

Filtre 0	Filtre 0,25	Filtre 0,5	Filtre 0,75	Filtre 1
Vert foncée	Jaune Foncée	jaune claire	jaune claire	Transparent



Figure 13: Couleur des filtres

La figure 13 montre que les filtres 3 et 4 sont considérés comme les meilleurs filtres en raison de leur capacité à changer la couleur des eaux usées du vert au transparent (en particulier le filtre 4) par rapport aux autres filtres, Alors qu'il est constaté que le filtre 1 est incapable d'améliorer la couleur de l'eau usée par rapport au reste des filtres.

III.3. Paramètres physicochimiques

III.3.1. Température (T°)

La variation de la température des eaux usées (brutes et filtrées) a été donnée par la figure 14. En général, les filtres n'ont aucun effet sur la température des échantillons. Les températures sont comprises entre 17,4 et 17,62°C. La température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques et par l'origine dont elles proviennent (Rodier *et al*, 2005).

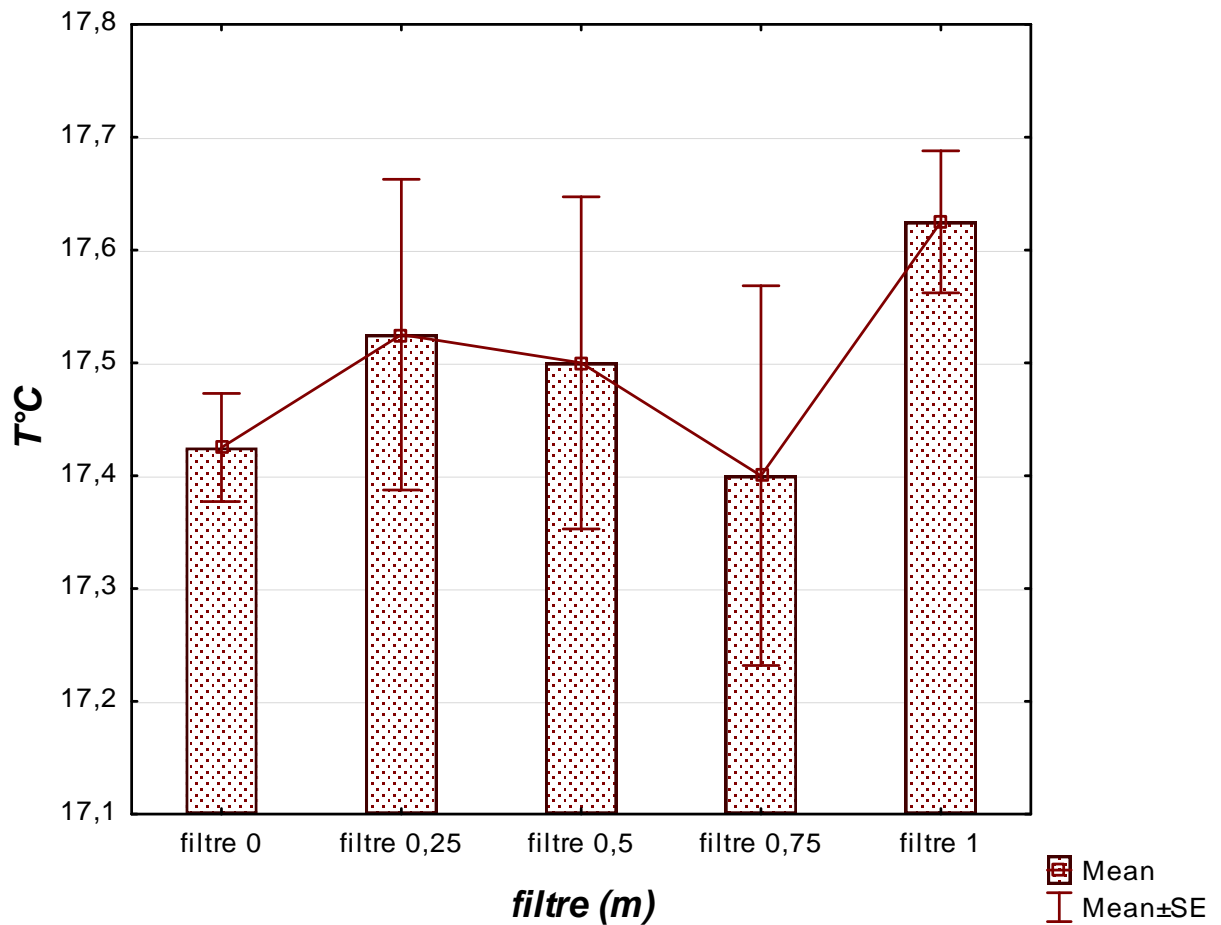


Figure 14 : Variation temporelle de la température T(C°) dans tous les filtres.

III.3.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure 15 montre les résultats obtenus concernant l'effet de différents filtres sur les valeurs de pH des eaux usées. L'étude statistique a montré que le filtre 2 (0,5 mètre) avait un effet positif sur la valeur du pH, avec une valeur de 7,3, tandis que les autres filtres n'avaient aucun effet sur la valeur du pH. Mais les valeurs obtenues restent toujours dans l'intervalle normale de pH de l'eau (pH neutre et neutralité approchée).

Les résultats sont inférieurs par rapports aux résultats de Babou, (2017) il a trouvé 7.4 et Dengou il a trouvé 7.

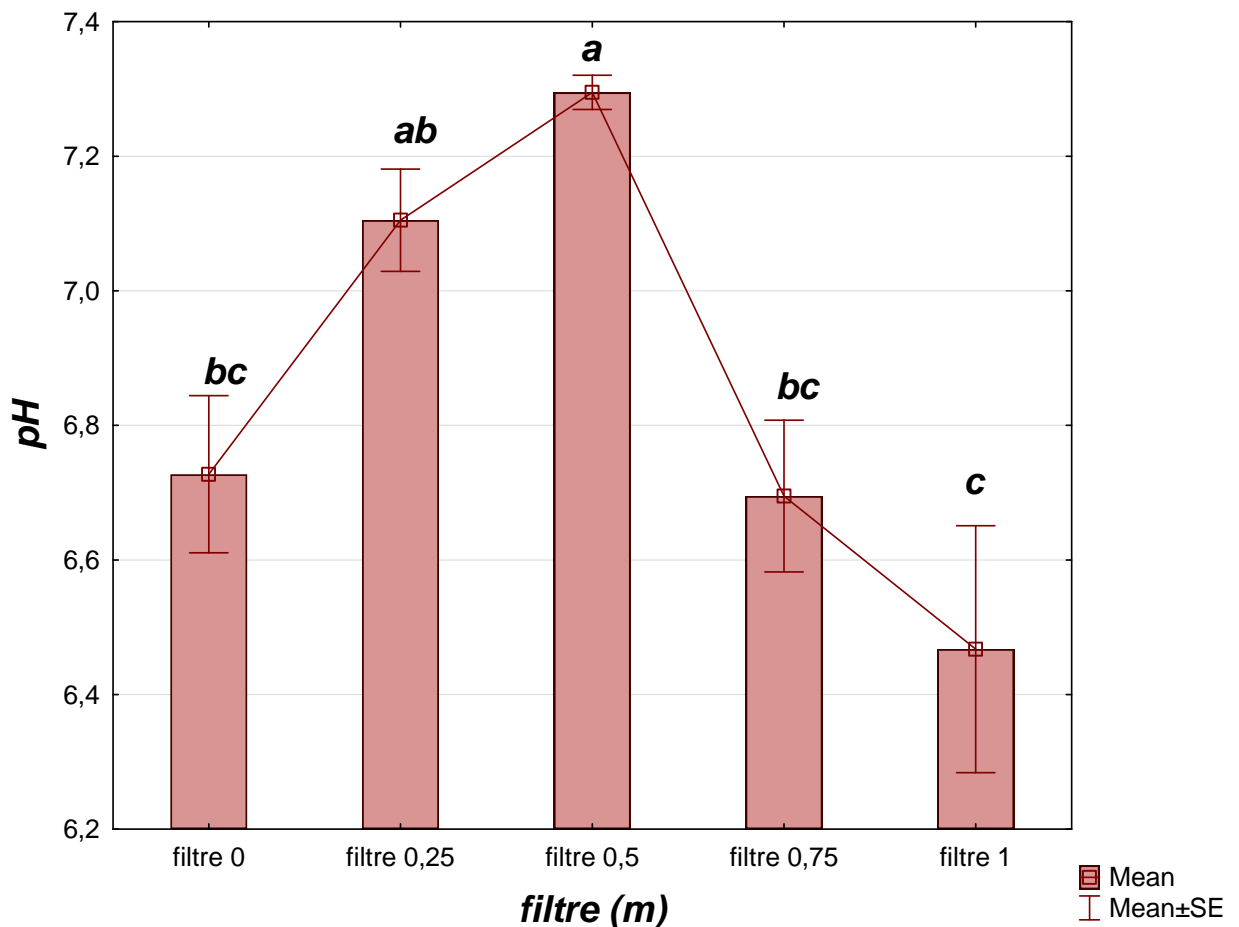


Figure 15: Variation de pH dans tous les filtres.

III.3.3 Conductivité électrique

Les résultats obtenus pour l'effet de différents filtres sur la valeur de la conductivité électrique des eaux usées sont représentées dans la figure 16. Les valeurs sont 5,3ms pour l'eau brute et concernant l'eau filtrée, les valeurs sont comprises entre 1,8ms et 2,9 ms. L'étude statistique a montré que les différents filtres avaient un effet négatif sur la valeur la conductivité électrique. Ils ont provoqué une diminution de 66, 66, 45, 45 % respectivement, pour les filtres 1 (0.25), 2(0.5), 3(0.75) et 4 (1m).

Ces résultats sont très proche par rapport les résultats de Dengou, (2017) il a trouvé 5.7 ms. En outre, nos résultats obtenus sont supérieurs par rapport les résultats de Bounaoua, (2016) et babou, (2017) ; ils ont trouvé 1.6 et 0.9 ms, respectivement. Et Ils sont inférieurs par rapports aux résultats de Benouira, (2016) il a trouvé 3.5 ms.

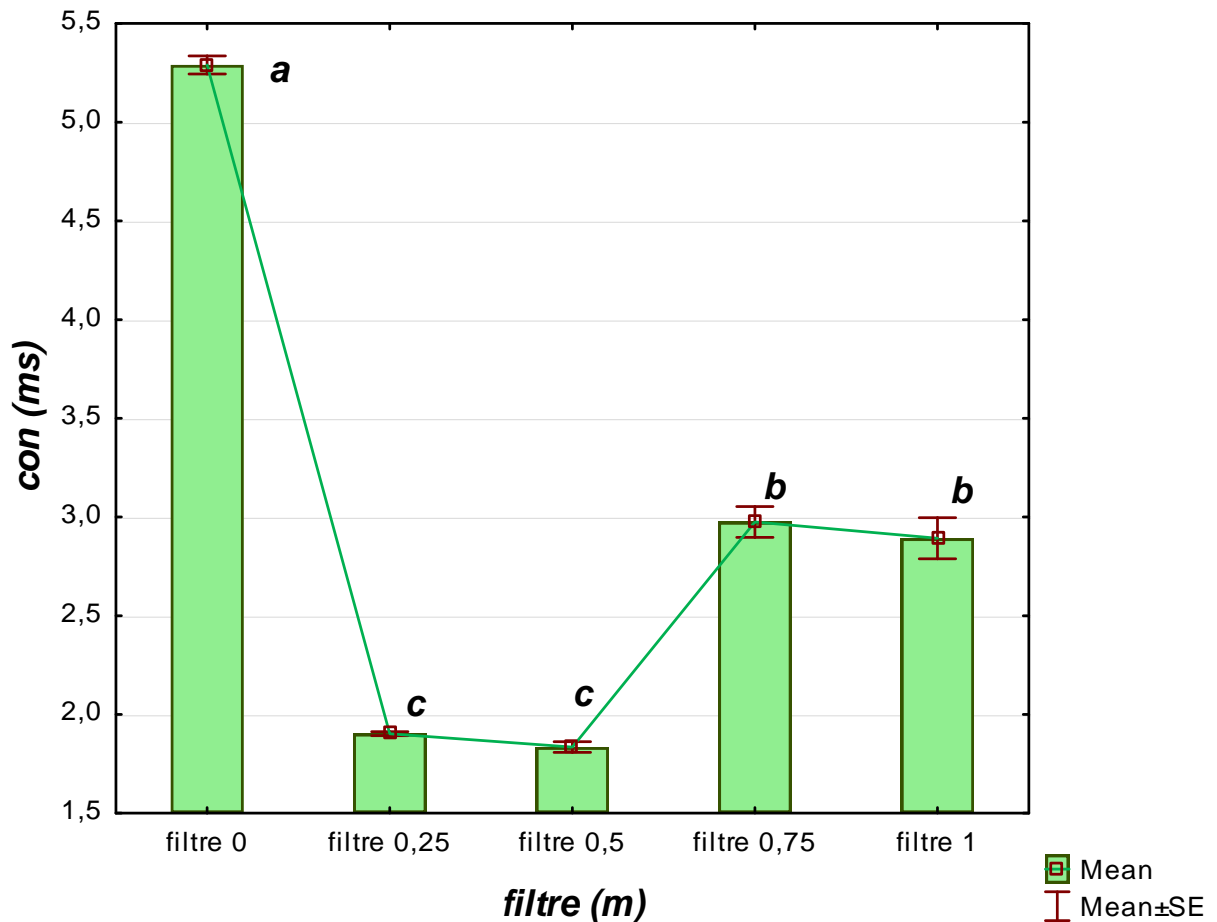


Figure 16 : Variation de la conductivité dans tous les filtres étudiés.

III.3.4. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble (Rejsek, 2005). La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales, des matières organiques ou d'autres matières microscopiques (Rodier *et al*, 2005). Les résultats des analyses de la turbidité sont représentés dans la figure (17).

Les valeurs enregistrées sont 68(NTU) pour l'eau usée brute et concernant l'eau usée filtrée, les valeurs sont comprises entre 6,6(NTU) et 21. La turbidité est diminuée à partir le filtre 0,25. c'est-à-dire il y a donc un effet de différents filtres sur La turbidité. Les taux de diminutions sont :69% pour le filtre1 (0.25 m) et 90% pour les autres filtres. A travers ces résultats, on constate que les différents filtres sont efficaces pour réduire la proportion de matières organiques, en suspension et minérales, et le meilleur d'entre eux est le filtre 2 (0,5 mètre).

Ces résultats sont inférieurs par rapports aux résultats Dengou, (2017) qui a trouvé 200 (NTU).

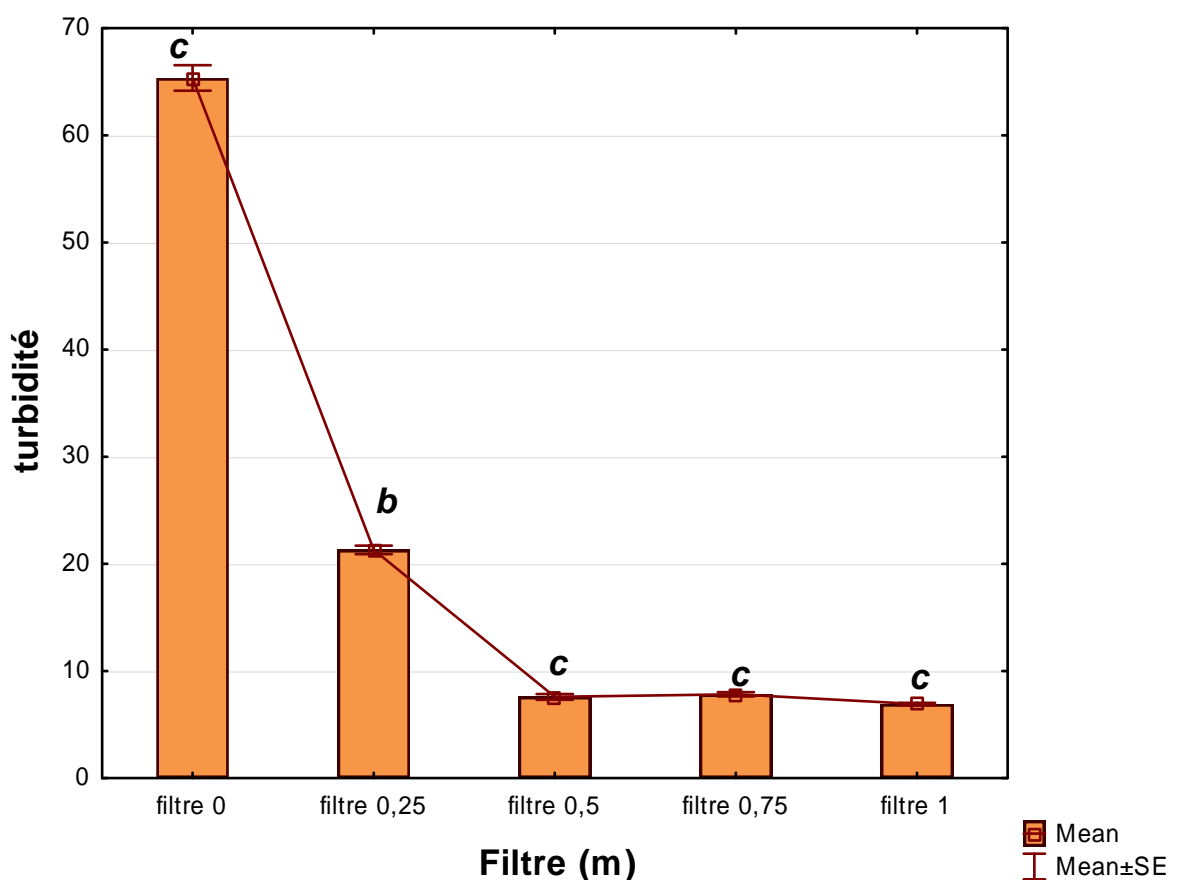


Figure 17 : Variation de la turbidité (NTU) dans tous les filtres étudiés.

III.3.5. Oxygène dissous

Les résultats obtenus concernant l'effet des différents filtres sur l'oxygène dissous de l'eau usée sont présentés dans la figure 18.

La valeur la plus élevée est enregistrée par le filtre 2(0.25m) avec une valeur de 3,9mg/let la valeur la plus faible est obtenue par le filtre 3 (0.75m) avec 0,8mg/l. Ces résultats sont supérieurs que les résultats obtenus par Bounaoua, (2016) il a trouvé 0.5(mg/l).

Les filtres 1, 4 et 2 causent une augmentation significative dans la concentration de l'oxygène dissous de l'eau usée de 225, 183 et 117 % respectivement. Contrairement au filtre 3, il n'a aucun effet sur la concentration de l'oxygène dissous de l'eau usée.

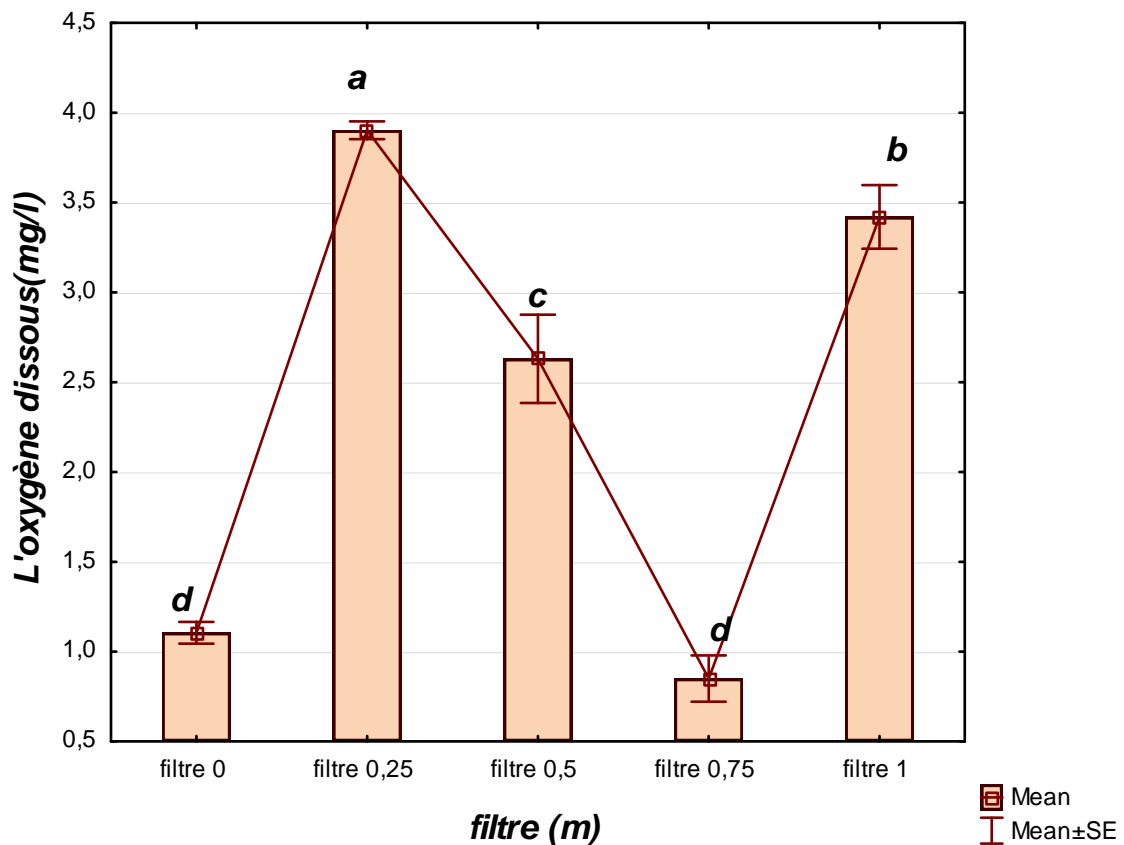


Figure 18: Variation d'O₂ (mg/l) dissous dans tous les filtres.

III.3.6. Matière sèche

Les résultats de la matière sèche des échantillons étudiés sont représentés dans la figure 19. Elle ressort que les échantillons étudiés présentent des teneurs en matière sèche significativement différentes.

La valeur enregistrée pour l'eau brute est 4,77 g/l, et pour les eaux filtrées, les valeurs sont comprises entre 1,50 et 2,87 g/l.

Nous avons noté que les différents filtres provoquaient une diminution significative de la teneur de la matière sèche de 40, 45, 64 et 69 % pour les filtres 4, 3, 1 et 2 respectivement.

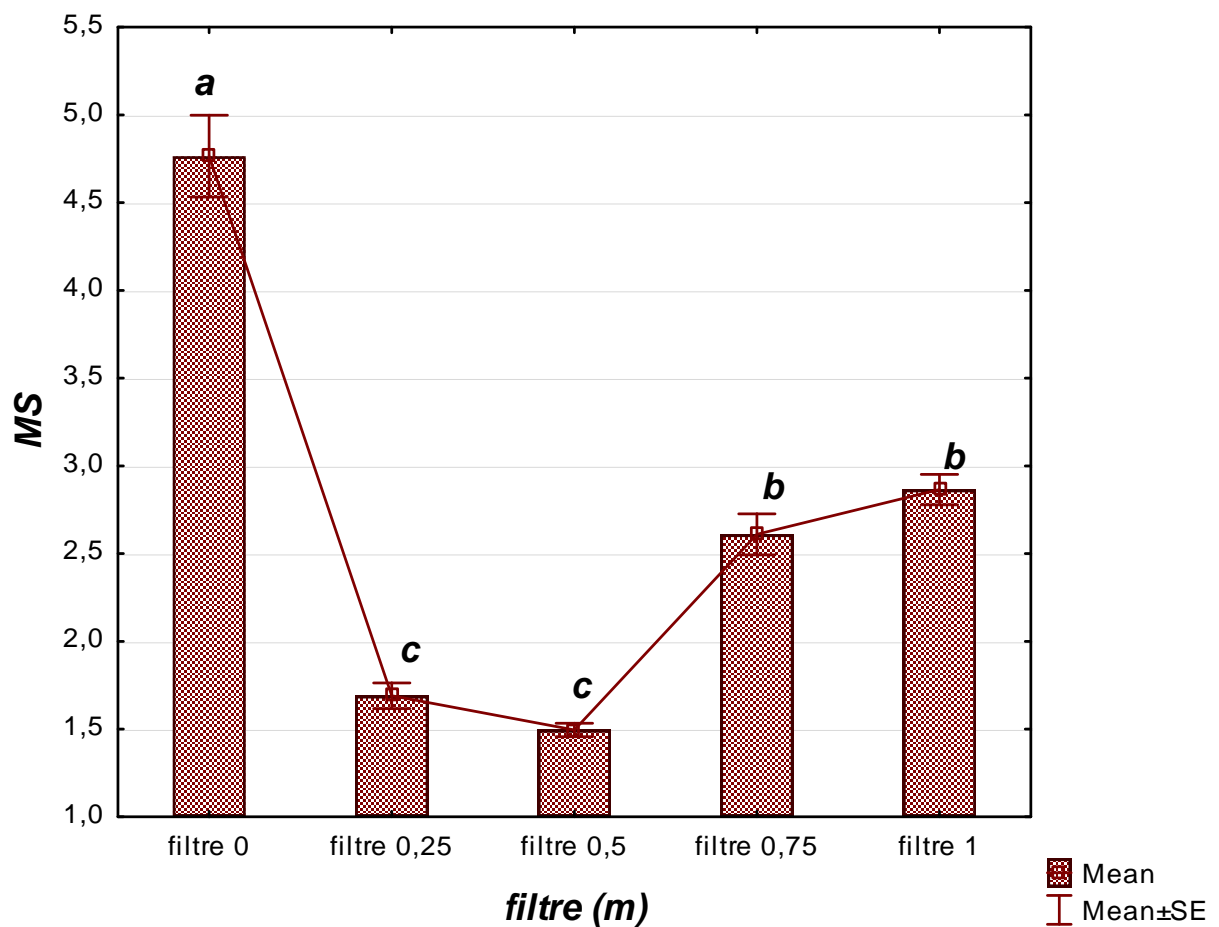


Figure 19 : Variation de la matière sèche dans tous les filtres étudiés.

III.3.7. Matière minérale

La figure 20 présente les teneurs en matière minérale des échantillons étudiés. Les valeurs sont 2,74 g/l pour l'eau usée brute, 1.89, 1.77, 0.88 et 0.52 g/l pour l'eau usée filtrée par les filtres 3, 4, 1 et 2 respectivement.

L'étude statistique a montré que les différents filtres avaient un effet négatif sur la teneur en matière minérale. Ils ont provoqué une diminution de 31, 35, 68, 81 % respectivement, pour les filtres 3, 4, 1 et 2.

Dans le cas des filtres 3 et 4 il y a une augmentation des teneurs de la conductivité et la matière minérale par rapport aux filtres 1 et 2. Cette augmentation est liée au lessivage des minéraux du sable et à la minéralisation de la matière organique. Les résultats obtenus sont supérieurs par rapport aux résultats de Djani, (2020) il a trouvé 2.2(mg/l) , et ils sont inférieurs par rapports aux résultats de Dengou, (2017) il a trouvé 3(mg/l) .

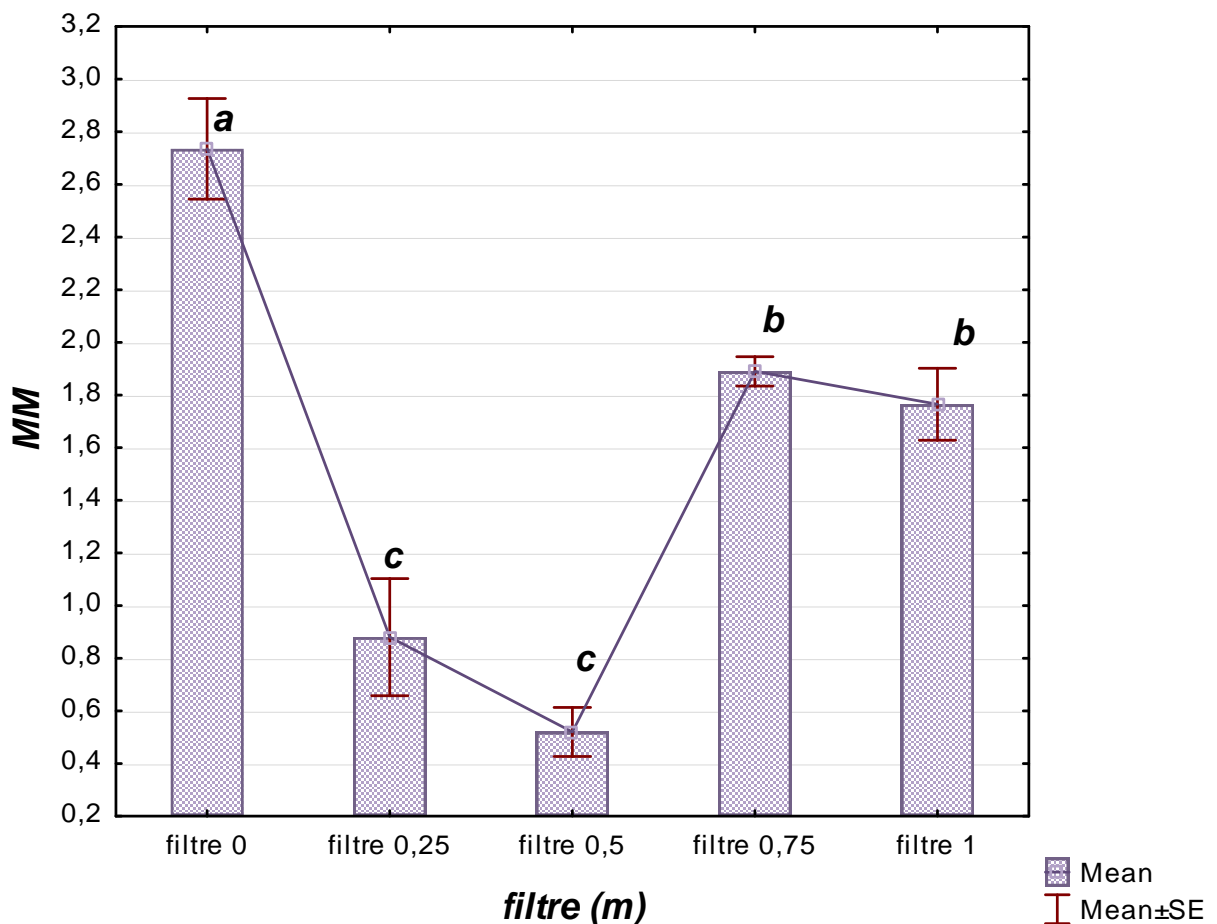


Figure 20 : Variation de la matière minérale dans tous les filtres étudiés.

III.3.8.Matière organique

Les résultats obtenus à la figure (21) indiquent que les concentrations de matière organique des eaux usées filtrées diminuent de manière significativement par rapport aux eaux usées brutes non filtrées, les valeurs sont comprises entre 0,5 et 1,1. Il y a donc un effet significatif des différents filtres sur la teneur en matière organique des eaux usées testées. Où les pourcentages de diminution sont les suivants : 46, 56, 60, 65 % respectivement, pour les filtres 4, 2, 1 et 3.

Les résultats sont inférieurs par rapports aux résultats Dengou, (2017) il est trouvé 350 (mg/l).

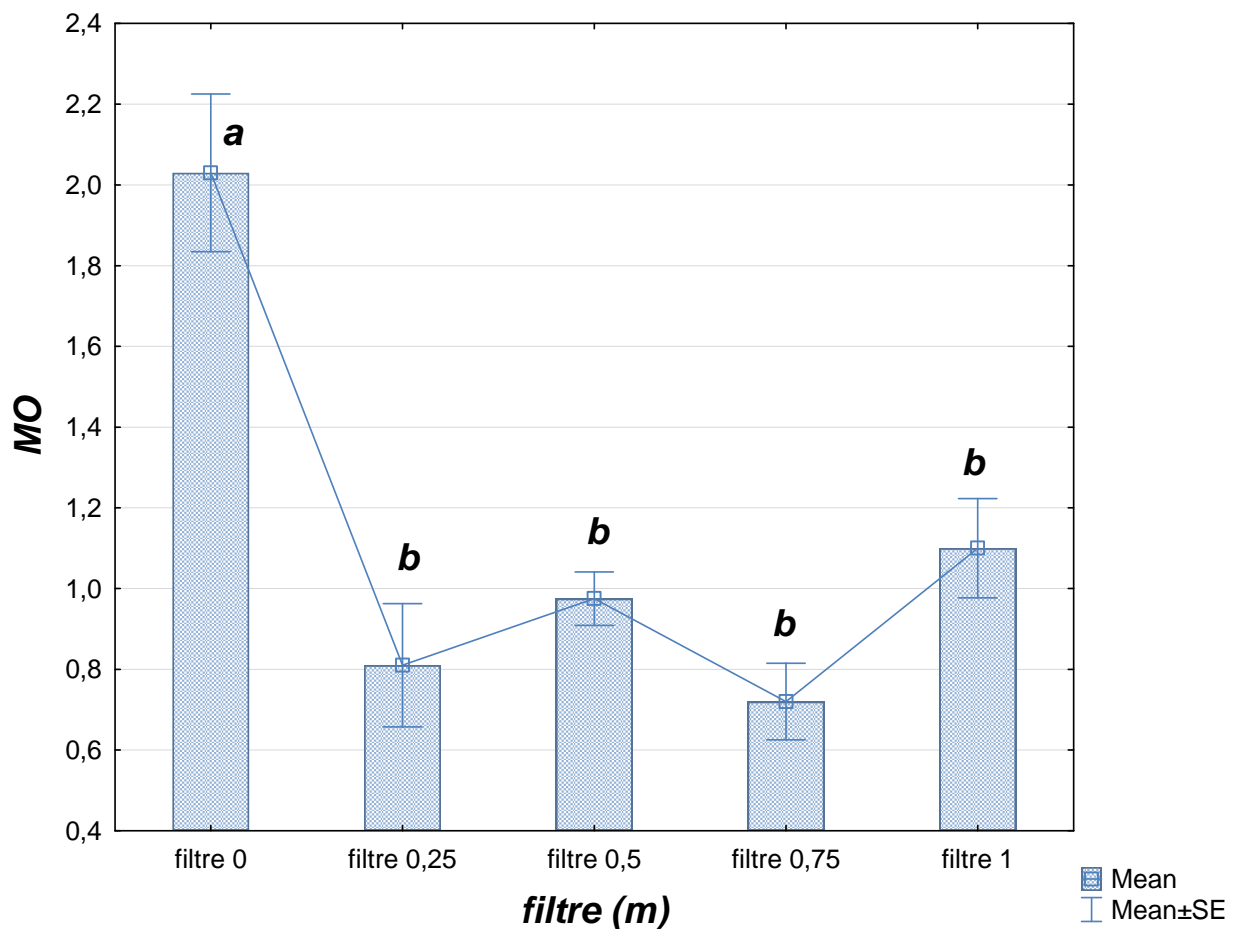


Figure 21 : Variation de la matière organique dans tous les filtres étudiés

Conclusion

Conclusion général

L'épuration des eaux usées par les filtres à sable apparaît comme technique incontournable pour le développement durable des stratégies de traitement des eaux usées. Cette technique plus écologique a beaucoup d'avantages (fiabilité, faible coût et ne demande pas une grande technicité).

Le but de ce travail est d'étudier la filtration des eaux usées par colonnes d'infiltration-percolation sur le sable avec la possibilité d'améliorer la capacité d'épuration des filtres, en réalisant des analyses des eaux usées avant et après filtrage pour connaître l'effet de ces filtres sur leurs propriétés physico-chimiques.

Les résultats décrits dans ce travail expérimental, montrent généralement une grande performance des filtres à sable utilisée. Les données obtenues permettent de tirer les conclusions suivantes :

- ✓ Le pH de tous les prélèvements est assez proche de la neutralité que ce soit pour l'eau brute ou l'eau traitée.
- ✓ La teneur en oxygène est très importante dans les filtres.
- ✓ La concentration de la matière sèche dans les eaux brutes est toujours supérieure à celle de l'eau filtrée.
- ✓ La concentration de la matière minérale dans les eaux brutes est toujours supérieure à celle de l'eau filtrée.
- ✓ La concentration de la matière organique dans les eaux brutes est toujours supérieure à celle de l'eau filtrée.
- ✓ Les valeurs de la turbidité de l'eau traitée oscillent entre 6,6 et 68 NTU, ce qui indique que le rendement de clarification de l'effluent traité est très important.
- ✓ Les filtres choisis sont très efficaces pour adsorber les métaux lourds : le sable et le gravier jouent le rôle d'un adsorbant et retiennent des métaux lourds.

A travers les résultats obtenus, il a été constaté que les différents filtres ont un effet sur les propriétés physico-chimiques, comme suit :

Les filtres 1 (0.25 m) et 2 (0.5 m) sont les meilleurs filtres en raison de la courte période de filtration par rapport aux autres filtres. Ils ajustent le pH des eaux usées de 6.8 à environ 7.2, et réduisent également la teneur de la fraction organique à plus de 60 et 56 %

respectivement, ce qui s'exprime par les valeurs de turbidité, d'oxygène dissous matière sèche et de matière organique. Et il diminue également la teneur de la fraction minérale de 68 et 81 % respectivement, ce qui est exprimé en conductivité électrique et matière minérale. Alors qu'il est constaté que le filtre 1 est incapable d'améliorer la couleur de l'eau usée par rapport au reste des filtres.

Alors que les filtres 3 et 4 sont considérés comme les meilleurs filtres en raison de leur capacité à changer la couleur des eaux usées du vert au transparent (en particulier le filtre 4) par rapport aux autres filtres, il diminue également la teneur de la matière organique à plus de 65 et 46 % respectivement, et il diminue aussi la valeur de la teneur minérale à plus de 31 et 35% respectivement.

D'après ce que nous avons obtenu, le meilleur filtre selon la majorité des critères de l'étude est le filtre 2 de 0.5 mètre.

Enfin, les résultats de ce travail confirment que la technique étudiée apparaît très efficace et pratique pour résoudre le problème de dépollution des eaux usées, notamment pour les zones industrielles et les petits rassemblements, et il nous reste à mener d'autres études dans lesquelles nous installons des filtres à sable au niveau d'une des usines pour voir l'étendue de leur capacité à réduire leurs polluants environnementaux.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

- 1- **Amir S, 2005.** Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Th. Doc, Ins. Nati. Poly de Toulouse. 341p.
- 2- **Arnal G, Devaux P, 1984.** Valorisation des boues de stations d'épuration dans les plantations routières. Bull, liaison Labo P. Et Ch. - 129 - janvier-février. 1984 - Réf. 2863. 6p.
- 3- **Assobhei O, 2009.** Traitement des boues : Cas du procédé Morcom développé dans le cadre du projet life 05 tcy/ma/000141. Atelier Ass. Epur. Réut. Agadir, 7-11 décembre 2009. Univ. ChouaibDoukkali, El Jadida – Maroc. 51p.

B

- 4- **Baok G, 2007.** pollution des eaux de rivière et impact sur les populations riveraines : cas de la rivière mgoua dans la zone industrielle de douala-bassa (cameroun). Mémoire de master, Université de Dschang, 78 p.
- 5- **Baudot B, Perera P, 1991.** Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21p.
- 6- **Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A, 2004.** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- 7- **Bechac J, Boutin P, Mercier B. 1983.** Traitement des eaux usées. 2ème Edition.
- 8- **Ben Chehem M et BouazzaH, 2013.** Inventaire des études scientifiques relatives à la réutilisation des eaux usées dans le domaine piscicole. Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- 9- **Benaouira F, 2016.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées épurées destinées à l'irrigation. Université Mohamed-Msila.
- 10- **Bengoumi L, 2004.** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- 11- **Benyahia N et Zein K..** Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. 2ème conférence internationale

swiss environmental solutions for emerging countries (sesec ii). Lausanne, Suisse. 2003, P.1-7.

- 12- Boudenne A et Lebsir W, 2012.** Etude des paramètres physico-chimiques des eaux usées urbaines de Jijel (cas de la station d'épuration d'El-rabta). Mémoire d'ingénieur, Université de Jijel, 56 p.
- 13- Bouhanna A, 2013.** Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Université Kasdi Merbah-Ouargla. 11p.
- 14- Bounaoua C et Meziti K et Salhi R, 2016 .** Analyses physicochimique des eaux usées au niveau de la station d'épuration. Université Mohamed El bachir El Ibrahimy.
- 15- Bourven I, 2012.** Caractérisation de la fraction organique et minérale de la matrice extracellulaire issue de boues biologique.
- 16- Bouzidi Y.** Mémoire de Master l'Université de Guelma.

C

- 17- Cardot C, 2010.** Les traitements de l'eau pour l'ingénieur procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus génie de l'environnement. Ed. Ellipses. 302p.
- 18- Carnavale E, Frie A, Garcia D et Coppel G, 2006.** Impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitations. Haute Ecole De Gestion De Genève. 6-8 p.
- 19- Commission européenne avec la collaboration de l'Agence de l'Eau Française, 1991.** Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab). Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. 44p.
- 20- Condom N, Lefebvre M, Vandome L, 2012.** La réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets. Plan Bleu, Valbonne. (Les Cahiers du Plan Bleu 11). Ed. Centre d'activités régionales du PNUE/PAM avec la Banque européenne d'investissement et l'Agence Française de développement. 67p.

D

- 21- Degrement, 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1. Ed 10ème .466p.

Application de traitement des eaux usées par un adsorbant à base d'argile.
Université de ghardaia.

- 22- Dengou L, 2017.** Etude d'épuration des eaux usées par l'infiltration – percolation sur le sable des dunes dans la région d'oued souf .université EchahidHamma Lakhdar –El oued.
- 23- Der Hok W V, 2007.** A Framework for a Global Assessment of the Extent of Wastewater Irrigation: The Need for a Common Wastewater Typology. Wastewater Use in Irrigated Agriculture coordinating the Livelihood and Environmental Realities. Eds. CAB Inter. Inter Water Management Institute, and Inter. Devel. Research Centre. pp 16-29.
- 24- Devillers J, Squilbin M, Yourassowsky C, (2005).**Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.
- 25- Djani M, 2020.** Réutilisations des eaux usées traités par lagunage naturel comme ressources alternatives à l'irrigations , cas STEP d'ELAtteuf
- 26- Djeddi H, 2006 :** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Université Mentouri. Constantine, p 144.

F

- 27- F.A.O, 2003.** Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord. 73 p.
- 28- F.N.S.A, (Fédération Nationale des Syndicats de l'Assainissement et de la maintenance industrielle), 2009.** Panorama des techniques de traitement des Déchets d'Assainissement, matières de vidange, déchets gras et déchets sableux. 60p.
- 29- Frank, 2002.** Table de Mac-Grady (NPP).

G

- 30- Gembloux, 1998.** Utilisation des eaux usées en irrigation, approche globale du traitement des effluents, comparaison de différents systèmes d'irrigation sur diverses cultures et leurs aspects institutionnels et organisationnels. Projet de l'Union Européenne. "AVICENNE initiative" n° AVI*CT94 – 0002. Février 1995- février 1998. 4p.

H

31- Hemmam S, 2019. Cour analyse et protection.

J

32- Jarde E, 2002. Composition organique de boues résiduares de station d'épuration lorraines : caractérisation moléculaires et effets de la biodégradation. Th. Doc. Univ. Henri Poincaré. Nancy I en sciences de l'Univers. 286p.

K

33- Karoune S, 2008. Effets des boues résiduares sur le Développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L.). Mém. Magister. Univ. Mentouri Constantine. 217p.

34- Khadraoui A, Taleb S, 2008. Qualité des eaux de sud Algerien. Pollution et impact sur le milieu. Ed. Khyam. 367p.

L

35- Ladjel F, 2006. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80.

M

36- Mebirouk M. Rejets des huileries, développement d'un procédé intégré pour la biodégradation des polyphénols dans la margine. CMPP News, n°11.2002.

37- Metahri M, 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammerie, Tizi-Ouzou, 5 p : 148.

O

38- ONS : Office National des Statistiques.

39- Ouali M, 2001. Cours de procédés unitaires biologiques et traitements des eaux. Office. Pub. Univ, Blida. 52p.

P

40- Petit K, 2007. Actualisation des connaissances sur les éléments biologiques et minéraux persistants dans les boues des stations d'épuration. Impact sur la santé publique. Thèse. Doc. École nationale vétérinaire d'Alfort. 141p.

R

41- Ramad F, 2000 : Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Ediscience international, Paris, 689p.

42- Rejeseck, 2002. « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documents techniques pédagogique d'Aquitaine.

43- Richards S M, 1982. HUNT B.W. Clostridium sordellii in lambs. Vet. Rec., 1982, 22 **Rodier J, Bernard I, Nicole M, 1996.** « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8ème édition. Dunod. Paris.

44- Rodier J, 2009. « (L'analyse de l'eau » 9ème édition, Dunod, Paris,

45- Rodier J, Bazin C, Bourtin J, Chambon P, Champsaur H, Rodi L, 2005 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed. Dunod, Paris. 8ème édition, p1383.

46- Rotbardt A, 2011. Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action Rapport final Février 2011. Agence Française de Développement. Division Eau et Assainissement. 91p.

S

47- Savary P, 2005 : guide des analyses de la qualité des eaux. Edition technicité, Paris 2003.

48- Scott C, Faruqui N, Raschid S, 2007. Wastewater Use in irrigated agriculture: Management challenges in developing countries. Wastewater Use in Irrigated Agriculture Coordinating the livelihood and environmental realities. Ed. CAB International in association with the International Water Management Institute and International Development Research Centre. pp 6-16.

T

49- Thomas O. Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.

U

50- U.N.E.S.C.O. (Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture),**2008.** Traitement des eaux usées par lagunage fiche technique. Bureau de l'UNESCO à Rabat, Bureau Multi-pays pour le Maghreb. 8p.

X

51- Xanthoulis, 1993. Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires.

Y

52- Yahyaoui N. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif. Mémoire de Magister. Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 2012, P.129.

