

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. M. OULHADJ - Bouira
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de Génie des Procédés



Mémoire

Présenté par

ZOUGGARI Kahina
GUENNOUNE Nora

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière: GENIE DES PROCEDES
Spécialité : SCIENCES ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

**Conception d'un montage de filtration sur sable
appliqué au traitement des eaux potables**

Soutenu le 24 /9 / 2017

Devant le jury composé de :

Mr H.LOUNICI	Professeur	UAMO, Bouira	Président.
Mme L. SEID	MCB	UAMO, Bouira	Examinatrice.
Mme N.ELHANAFI	MCB	UAMO, Bouira	Encadreur.

Remerciements

Je commence par remercier Mon DIEU d'avoir eu la bonté de m'entourer de personnes formidables qui ont, chacune à leur façon, et ce, à différentes étapes de mon cheminement, contribué, d'une manière ou d'une autre, à la réalisation de ce travail.

Je tiens particulièrement à remercier et exprimer toute ma gratitude à Madame EL HANAFI Nawel, Maitre de conférences à l'UAMOB d'avoir été la directrice de ce travail de mémoire, pour son encadrement, pour son aide précieuse, pour tous ses efforts, pour les conseils judicieux qu'elle m'a donnés et d'une attention toute particulière

Je remercie vivement, Monsieur LOUNICI Hakim, Professeur à l'UAMOB, d'avoir fait l'immense honneur de présider le jury de ce travail.

Je témoigne toute ma gratitude à Mme SEID Lamria, Maitre de conférences à l'UAMOB, pour avoir mobilisé leur temps et leur compétence afin de juger ce travail

On voudrait exprimer, à toute nos famille, et plus particulièrement à nos parents nos profond reconnaissance pour leur patience et leur réconfort dans les moments de doutes et de découragements, pour le soutien qu'ils nous ont apporté en toute circonstance. Qu'ils trouvent dans ce travail le témoignage de mon affection. Je ne saurai passer sous silence l'apport inestimable des autres membres de Nos famille (Sœurs et Frères).

Je voudrai remercier toute l'équipe de laboratoire de Génie des procédés, pour leur aide, leur collaboration, leur amitié et les bons moments passés ensemble

Enfin, je rends hommage et j'exprime ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je rends grâce a Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience d'avoir pour terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère adorée qui a su se montrer patiente et qui n'a jamais cessé de ménager leurs efforts pour que j'atteigne ce niveau.

Mon père

Qu'ils trouvent en ce travail la preuve de tout mon amour et ma tendresse

A mes chers frères : Said , Samir

A mes chers sœurs :Fatima, Samia .

A tous mes amis(es) surtout (Tika ,wahiba , Lydia , Kenza ,Kahina , Hanan, Fela ,Lynda)

A tous ce que j'aime et qui m'aiment

MERCI

Nora

Dédicace

Je remercie, tout d'abord, mon Dieu qui m'a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

Je dédie ce modeste Travail A :

Mes parents ;

Mon Frère : Madjid ;

Mon Marie : djillali morad ;

A tous mes amis(es) surtout « souad , tika, Wahiba, , hanan, nora, kahina »

A tous ce que j'aime et qui m'aiment

Kahina

Chapitre I

Tableau I.1 : Classification des paramètres qui contrôle la qualité de l'eau.....6

Tableau I.2 : Limites maximales acceptables pour les substances chimiques dans l'eau.....7

Chapitre III

Tableau III. 1 : Composition (données fournies par ARENAS INDUSTRIALES DE MONTORIO SA).....28

Tableau III.2: Résultats de l'analyse granulométrique du sable.....30

Tableau III. 3 : Caractéristiques physiques de lit filtrant.....31

Tableau III.4 : Analyse physico-chimique de l'eau sans et avec l'ajout de limon...33

Tableau III.5 : Vitesse de filtration pour différents débits.....35

Tableau III.6 : Analyses physicochimiques de l'échantillon après filtration.....39

Chapitre I

Figure I.1. Etapes et unités de traitement d'une eau de surface.....8

Chapitre II

Figure II.1. Montage de la filtration sur sable.....20

Figure II.2. Montage expérimental.....21

Figure II.3. Le sable.....22

Figure II.4. Lavage de sable après filtration.....23

Figure II.5. Machine de tamisage.....24

Figure II.6. Turbidimètre.....26

Chapitre III

Figure III.1. Distribution granulométrique du sable utilisé.....31

Figure III.2. Evolution de la turbidité de l'eau en fonction du temps pour différents débits.....34

Figure III.3. Variation de la vitesse de filtration en fonction de débit.....36

Figure III.4. Variation de la turbidité en fonction de temps de filtration pour différentes couches de sable.....37

Figure III.5. Variation de la turbidité en fonction de temps de filtration des différentes concentrations de limon.....38

ONU : L'Organisation des Nations Unies

OMS : L'Organisation mondiale de la Santé

UNT : Unités Néphélométriques de Turbidité

AFNOR : Association Française de Normalisation.

pH : Potentiel d'hydrogène

MES : Matière en suspension

TE : La taille effective

Cu : Coefficient d'uniformité

MF : Module de finesse

Q : le débit

ε : la porosité

A : la surface

L : l'épaisseur

DH : La hauteur

TAC : titre alcalimétrique complet

TH : titre hydrotimétrique

T : la température

K : Perméabilité

He : la hauteur d'eau

Hs : la hauteur de sable

Remerciements.....	i
Dédicace.....	
Liste des tableaux.....	ii
Liste des figures.....	iii
Liste des abréviations.....	iv
Introduction générale	1

Chapitre 1 : Etude bibliographique

1.1 .Introduction.....	3
1.2 .Ressources en eau	3
I.3.Les eaux naturelles et leurs classifications.....	4
I.3.1.Les eaux souterraines.....	4
I.3.2. Les eaux de surfaces.....	5
I.3.3. Les eaux de mer.....	5
I.4. Normes et qualités des eaux potables.....	5
I.5. Procédés de traitement.....	7
✓ Coagulation.....	8
✓ floculation.....	8
✓ décantation.....	8
✓ Filtration	9
I.6. La filtration sur sable.....	9
I.6.1. Historique.....	9
I.6.2. Rôle de la filtration.....	10
I.6.3.Principe de filtration.....	10
I.6.4. Différents types de filtre.....	10
➤ Les filtres lents à sable.....	11
➤ Filtres rapides.....	11
➤ Filtres sous pression.....	11
➤ Filtres à terre diatomée.....	12
➤ Filtration sur charbon activé.....	12
I.6.5. Constitution d'un filtre	12
➤ Le fond.....	12
➤ Le gravier support	12
➤ Le matériau filtrant.....	12
I.6.6. La nature du milieu poreux.....	12

I.6.7. Paramètres de sélection d'un milieu filtrant.....	13
I.6.7.1. Le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité	13
➤ Le diamètre effectif	13
➤ Le coefficient d'uniformité.....	13
I.6.8. Types de matériaux	13
➤ Sable	13
➤ L'anthracite.....	14
➤ Le charbon actif.....	14
I.6.9. Mécanisme de la filtration	14
I.6.9.1. Mécanisme de capture.....	14
➤ Tamisage mécanique	14
➤ Dépôt sur le matériau	14
I.6.9.2. Mécanisme de fixation.....	14
I.6.9.3. Mécanisme de détachement.....	14
I.7. Hydraulique de la filtration.....	15
I.7.1. Pert de charge	15
I.8. La filtration lente sur sable.....	16
➤ Avantage.....	16
➤ Inconvénients	16
I.9. Lavage à l'air et à l'eau	17

Chapitre 2 : matériel et méthode

II.1. Introduction	19
II.2. Dispositif expérimental.....	19
II.2.1. Pilote expérimental	19
II.3. Préparation de sable	23
II.4. Manipulation.....	23
II.5. Matériels de mesure et d'analyse.....	23
II.5.1. Analyse granulométrique	24

II.5.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	25
II.5.3. La conductivité.....	25
II.5.4. La turbidité.....	25

Chapitre 3 : résultat et discussions

III.1. Introduction.....	27
III.2. Matériau filtrant (sable)	27
III.2.1. Analyse chimique de lit filtrant.....	27
III.2.2. Analyse granulométrique et physique du lit filtrant.....	28
III.2.2.1. Analyse granulométrique	28
III.3. Analyse physicochimique de l'eau à traiter.....	32
III.4. Influence de certains paramètres sur la filtration lente.....	34
III.4.1. Effet du débit sur la filtration.....	34
➤ variation de la vitesse de filtration.....	35
III.4.2. Effet de la concentration de limon.....	36
III.4.3. Effet de l'épaisseur de la couche de sable.....	37
➤ Analyse physicochimiques de l'échantillon	38
Conclusion générale	40
Références bibliographiques	
Annexe 1	
Annexe 2(TP)	
Résumé	

Introduction

Générale

L'eau, source de la vie, est un bien précieux, une ressource naturelle, qui a été trop longtemps considérée comme inépuisable. L'eau est utilisée pour de nombreux usages essentiels : la boisson, la préparation des repas, l'hygiène, l'entretien d'habitation, les loisirs, l'industrie, l'agriculture....

L'eau que nous utilisons provient de réseau public de distribution des eaux. Celui-ci peut être alimenté par un cours d'eau, une nappe phréatique, une source, un barrage.

Les eaux de surfaces sont alimentées par le ruissellement des eaux de pluie.

L'eau captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau (barrage), qui la rend potable c'est-à-dire consommable sans risque.

Selon le type d'eau, différents type de traitement peuvent être préconisés (la coagulation- floculation, décantation, filtration etc.) [1]

La filtration lente sur sable est le plus ancien mode de traitement des eaux. En effet, la première installation de filtration à l'échelle industrielle date de 1829 en Angleterre. L'efficacité de ce procédé est reconnue comme moyen de prévention contre les épidémies d'origine hydrique et des études bactériologiques ont démontré son pouvoir d'élimination des germes pathogènes.

La filtration sur sable est une technique très souple, raison pour la quelle elle a été retenue par l'ONU (1980-1990) comme technique de choix pour le traitement de l'eau dans les pays en voie de développement, elle est encore largement utilisée en Angleterre, en Hollande et en France [2].

La filtration sur sable est un procédé indispensable pour le traitement de l'eau potable, elle permet la clarification et l'épuration de l'eau qui contient des matières solides en suspension. Dans notre étude on s'intéresse à l'optimisation de la filtration, à travers le sable, des eaux destinées à la consommation humaine.

L'utilisation de la filtration sur sable, permet à l'eau turbide de traverser un milieu poreux. Lors de ce passage, l'eau entre en contact avec les couches filtrantes ce qui contribue à la rétention des impuretés sur la surface des filtres et entre les interstices des sables également.

L'efficacité de la filtration sur sable dépend de la nature des matériaux filtrants, d'où la nécessité de caractériser les sables en fonction de leur granulométrie, leur morphologie ainsi que leur composition chimique.

Ce travail est structuré en trois chapitres suivant une introduction générale ;

- Le premier chapitre de ce mémoire est consacré à l'étude bibliographique sur les eaux naturelles, des généralités sur les principales propriétés de l'eau, ainsi on détaille le procédé de filtration sur sable (les mécanismes, hydrauliques de la filtration et les caractéristique physique de lit filtrant (sable));
- Dans le second chapitre, nous décrivons les méthodes expérimentales, le matériel et les réactifs employés, ainsi que les méthodes analytiques et le dispositif expérimental utilisées pour réaliser le traitement par filtration sur sable ;
- Le troisième chapitre est consacré, à l'étude expérimentale, nous présentons les différents résultats obtenus lors de la réalisation du traitement de filtration sur sable, l'étude de la granulométrie du lit filtrant a été étudié dans ce chapitre, une analyse physicochimique de l'eau avant et après filtration seront présentiez, ainsi que l'étude de l'effet de certains paramètres sur l'efficacité du traitement par filtration sur sable.

Une conclusion générale ainsi que quelques perspectives seront présentées en fin de ce mémoire .

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. Introduction

L'eau potable de bonne qualité est essentielle à la santé. A cet effet, il est indispensable d'avoir une eau saine, car l'eau contaminée par des produits chimiques ou des micro-organismes peuvent nuire à la santé. Cette eau doit répondre à des normes pré- établies qui fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) publie, régulièrement, des Directives de qualité pour l'eau de boisson dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales.

Ces directives représentent une appréciation scientifique des risques sanitaires associés aux substances biologiques et chimiques de l'eau de boisson et de l'efficacité des mesures déployées pour y remédier.

L'OMS recommande aux autorités nationales de prendre en considération les aspects sociaux, économiques et environnementaux en procédant à une évaluation comparative des risques et des avantages lorsqu'ils adaptent ces directives aux normes nationales [3].

L'eau est un bien précieux 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 [4].

I.2. Ressources en eau

Elles sont définies comme 'l'offre en eau' de la nature, à comparer aux demandes en eau du point de vue social et économique. Il existe des ressources en eau naturelles renouvelables et des ressources en eau naturelles non renouvelables [5].

Autrement, elles représentent la quantité d'eau de surface ou souterraine disponible à l'échelle mensuelle ou annuelle dans une région et susceptible de satisfaire les besoins domestiques, industriels, agricoles ou autres [6]. Dans ce cas, les ressources en eau sont des eaux souterraines (ou superficielles) renouvelables et disponibles (offre/demande) quantitativement pour la satisfaction des besoins des ménages.

I.3. Les eaux naturelles et leurs classifications

Les eaux destinées à la consommation humaine sont les eaux de distribution publique (eau du robinet), eaux conditionnées (les eaux de source, les eaux minérales naturelles et les eaux rendues potables par traitement), et les eaux de puits privés utilisées pour la boisson.

L'eau prélevée des milieux naturels n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements selon les exigences réglementaires de qualité en tous points du réseau, pour pouvoir être consommée sans danger par l'ensemble de la population.

Toutes les eaux de consommation n'ont pas la même composition chimique, puisqu'elles ne contiennent pas toutes les mêmes substances minérales considérées comme des paramètres spatio-temporels. Avec l'accroissement de la population mondiale et le développement économique de la planète, la consommation d'eau a presque doublé au cours de ces dernières années [7].

Généralement, les réserves des eaux naturelles sont constituées des eaux de surfaces qui comprennent les eaux courantes des rivières et des canaux, des eaux de surfaces stagnantes ou plan d'eau (les lacs, retenues de barrages, étangs ...) des eaux des mers et des océans et des eaux souterraines provenant de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol qui constituent les nappes.

I.3.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les eaux de sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. Les eaux souterraines sont en interaction avec les autres types de masses d'eau, d'une part les eaux douces continentales (cours d'eau, zones humides, lacs...) et d'autre part avec les eaux marines en bordure littorale. Le sens de ces transferts peut varier au cours de l'année ainsi qu'en fonction des conditions hydrologiques. Elles assurent souvent le débit de base des systèmes d'eaux continentales superficielles et de ce fait influencent leur qualité. En d'autres termes, les effets de l'activité humaine sur la qualité des eaux souterraines et les débits des nappes peuvent se répercuter sur la pérennité et la qualité écologique des écosystèmes aquatiques associés et des écosystèmes terrestres directement dépendants [8].

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface [9]. La protection des eaux souterraines est devenue un objectif majeur dès les années 1970 [10].

I.3.2. Les eaux de surfaces

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courantes) ou stockées (stagnantes). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eau de ruissellement. Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organique, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole [11].

Ces eaux sont le siège, dans la plus part des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec l'extérieur.

I.3.3. Les eaux de mer

Les mers sont les grandes masses d'eau salée qui recouvrent les deux-tiers de la surface du globe terrestre, et elles représentent près de 97,4 % de la capacité des grands réservoirs d'eau à la surface de la terre [12]. La teneur moyenne en sel varie en fonction de l'arrivée d'eau douce (pluies et fleuves), plus il y a d'eau douce, moins il y a de sel.

Le dessalement de l'eau de mer et celui des eaux saumâtres constitue, aux dernières années, la solution à la pénurie d'eau dans de nombreuses parties du monde. Cependant, le coût de dessalement demeure encore trop élevé.

I.4. Normes et qualités des eaux potables

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des qualités et des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau [13].

On note de 5 millions de Personnes meurent chaque année dans le monde du fait de la mauvaise qualité de l'eau ! L'assurance de la qualité et de l'hygiène de l'eau et des exigences prioritaires de la santé publique [14].

Le tableau I.1 regroupe les différents paramètres qui contrôlent la qualité de l'eau

Tableau I.1 : classification des paramètres qui contrôle la qualité de l'eau

[14]

paramètres	exemples
organoleptiques	Couleur, turbidité, odeur
physico-chimiques Liés à la structure naturelle des eaux	Température, pH, chlorures, sulfates, magnésium, sodium, potassium. etc
substances indésirables	Nitrates, nitrites, hydrocarbures, détergents, phénols, fer, manganèse, fluor, argent...
substances toxiques	Arsenic, cadmium, mercure, chrome, béryllium, plomb, nickel, hydrocarbures polycycliques aromatiques...
Pesticides	Aldrin, hexa chlorobenzène
microbiologiques	Coliformes, streptocoques, salmonelles, entérovirus, staphylocoques, bactériophages fécaux...

Pour savoir si une eau peut être consommée, elle doit répondre à des critères de qualité très stricts. Ces critères sont fixés par le conseil supérieur d'hygiène publique de France, sont au nombre de 63, et font l'objet de lois strictes [15].

Pour cela on utilise des micro-organismes, les coliformes, qui peuvent mettre en évidence la contamination d'une eau.

Tableau I.2 : Limites maximales acceptables pour les substances chimiques dans l'eau [16].

<i>Substance chimique</i>	<i>Concentration maximale acceptable (mg/L)</i>
Substances ne constituant pas un risque pour la santé :	
Chlorures	250
Cuivre	1
Fer	0,3
Manganèse	0,05
Sulfures	0,05
Zinc	5
Substances dangereuses pour la santé :	
Argent	0,05
Arsenic	0,05
Baryum	1
Bore	5
Cadmium	0,005
Chrome	0,05
Cyanures	0,2
Fluorures	1,5
Mercure	0,001
Nitrates et nitrites	10
Plomb	0,05
Sélénium	0,01

1.5. Procédés de traitement

Il existe de nombreux procédés de traitement classiques ou innovateurs. On ne cesse d'améliorer les systèmes de traitement de l'eau et de les combiner à de nouvelles technologies et à de nouveaux procédés. Voici quelques exemples de procédés de traitement de l'eau potable [17]. La figure I.1 représente les différentes étapes de traitement de l'eau potable d'une eau de surface.

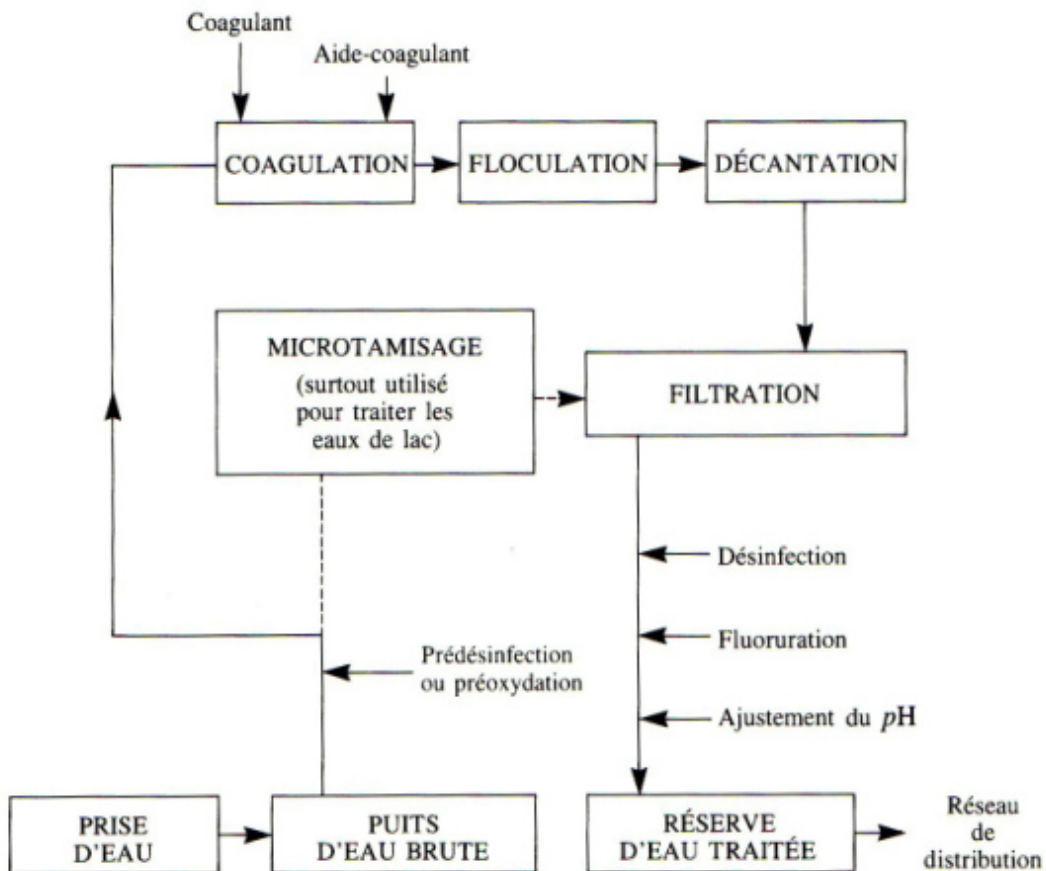


Figure 1 : Etapes et unités de traitement d'une eau de surface [16]

✓ Coagulation

procédé qui consiste à ajouter un produit chimique qui attire les particules en suspension pour former des agrégats de matières en suspension plus gros, plus denses et assez lourds pour se déposer plus rapidement que les particules individuelles.

✓ Flocculation

Procédé de mélange lent qui consiste à ajouter un coagulant à l'eau et à mélanger pour que les particules forment des flocons; on augmente ainsi le poids et les flocons se déposent sous l'effet de la gravité dans le bac de flocculation.

➤ Décantation

La décantation est un traitement essentiel pour l'obtention d'une eau de bonne qualité. Ce phénomène est assuré par voie physique, il s'opère par effet de gravité.

La sédimentation permet l'élimination des matières en suspension présentes dans l'eau brute et celles formées par l'étape de coagulation floculation. Ceci provoque le dépôt des particules en suspension et la formation des boues au fond du bassin.

➤ **Filtration**

Procède qui consiste à retirer les particules en suspension en faisant passer l'eau à travers plusieurs types de milieux filtrants, comme le sable, le gravier, le charbon en grains et divers filtres à tissu, à fibres et à céramique. La majorité des filtres reposent sur un procédé physique de tamisage, mais certains fonctionnent également grâce à des mécanismes chimiques.

I.6. La filtration sur sable

I.6.1. Historique

La filtration est l'une des techniques les plus anciennes et de loin la plus appliquée dans les opérations de traitement de l'eau, qu'elle soit à usage industriel ou domestique.

C'est en 1804 qu'un écossais, du nom de John Gibb, a conçu et construit pour la première fois un filtre à sable expérimental pour sa blanchisserie série de Daisley. Produisant plus d'eau "traitée" qu'il n'en avait besoin, il commença à en vendre le surplus à la population. Par la suite, lui-même et d'autres techniciens perfectionnèrent cette méthode, à tel point qu'en 1829 fut construite pour la première fois une installation de filtration de l'eau, destinée à la consommation de la ville de Londres, sous la direction d'un nommé James Simpson. Depuis, cette méthode de traitement commença à se proliférer dans le monde industrialisé de l'Europe de l'époque. Elle a prouvé son efficacité par suite de nombreuses épidémies qui ont ravagé certaines populations consommant de l'eau non filtrée et épargnant pendant la même période d'autres populations consommant la même eau, mais filtrée. C'est le cas de l'épidémie de choléra de 1892, dont près de la moitié de la population de Hambourg a été victime, consommant les eaux de l'Elbe à l'état brut, et dont est sortie indemne la population d'Altona, procédant à la filtration de ces eaux.

De nos jours encore, la filtration demeure une étape indispensable dans une chaîne de traitement d'eau potable, à l'exception d'eau souterraine captée en forages, puits ou sources, et jugée de qualité assez bonne pour se passer de celle-là [18].

I.6.2. Rôle de la filtration

Une filtration est souvent indispensable, ne serait ce que 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 [19].

I.6.3. Principe de filtration

La rétention des particules se déroule à la surface des grains, grâce à des forces physiques. La plus au moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériaux utilisés. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre colmate et les pertes de charges augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro lavage, la biomasse qui se développe sur le matériau filtrant, peut efficacement réduire le taux d'ammonium de l'eau par la nitrification. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité et indirectement les odeurs [11].

I.6.4. Différents types de filtre

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux [12].

Le but de 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 [20]. Le liquide est l'eau et les éléments indésirables sont l'ensemble des particules colloïdales, dissoutes ou en suspension, qu'elle contient à l'état brut, la rendant impropre à la consommation. Quant au milieu filtrant, il peut être de nature diverse et fonctionner de diverses manières [18].

La filtration habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries de couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs [12]. On distingue :

➤ **Les filtres lents à sable**

Les filtres à sable lents doivent être construits de telle sorte que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées près de la surface du sable, ces particules forment une couche poreuse très fine dont la surface totale de veinules ou de pores est très grande, ce qui facilite l'adsorption des impuretés par cette couche ou par le sable sous-jacent. Cette couche poreuse est constituée de bactéries, d'algues et de protozoaires ; la filtration lente combine donc les effets de processus physiques et de processus biologiques [16].

➤ **Filtres rapides**

Les filtres rapides reçoivent généralement de l'eau prétraitée provenant de décanteurs pour achever l'opération entamée par ces derniers. Ils jouent alors un rôle essentiellement de tamisage éliminant les flots résiduels. Dans certains cas, ils servent même de lits de contact pour achever la coagulation et la clarification de l'eau avant qu'elle n'atteigne le fond du filtre lorsque cette opération a été médiocrement faite dans les ouvrages précédents. Il s'ensuit un très rapide colmatage des pores laissés par les grains de sable entre eux, une diminution progressive de la vitesse apparente d'écoulement, mais une augmentation de la vitesse réelle, d'où une augmentation des pertes de charge à tel point que le débit désiré n'est plus obtenu. Il peut arriver que l'adhésion des particules de colmatage soit très faible et que l'augmentation des pertes de charge, créant aussi un accroissement des effets de frottement, provoque l'arrachement de ces particules, qui descendent en aval de proche en proche pour se retrouver dans le filtrat [18].

➤ **Filtres sous pression**

Les filtres sous pression fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage, sont situés dans des cylindres horizontaux ou verticaux, lesquels sont conçus pour supporter des pressions et l'ordre de 1000kPa. On peut ainsi filtrer de l'eau sous pression et la distribuer sans recourir au double pompage. Cet avantage ne compense toutefois pas les difficultés auxquelles on se heurte lorsque les filtres sont précédés d'unités de coagulation, de floculation et de décantation. En effet pour éviter le double pompage, il faut alors que toutes ces unités de traitement fonctionnent sous pression [16].

➤ **Filtres à terre diatomée**

La terre diatomée qui constitue le milieu filtrant est produite à partir de dépôts naturels de diatomite, laquelle est une roche formée par des débris de diatomées. Ces algues brunes unicellulaires, microscopiques qui croissent dans les eaux douces ou salées, et dont la membrane est entourée d'une coquille siliceuse [16].

➤ **Filtration sur charbon activé**

C'est un procédé qui permet l'élimination des goûts, des odeurs, des micropolluants (phénols, métaux lourds, hydrocarbures, détergents, pesticide, etc.) par adsorption sur le charbon actif est un matériau poreux à haut capacité d'adsorption avec une surface spécifique considérable de l'ordre de $1000 \text{ m}^2/\text{g}$, il est obtenu par la carbonisation de végétaux ou de minéraux tels que le bois, la tourbe, l'antracite, la noix de coco. Le charbon actif existe en poudre et en grains. Le filtre à charbon est également utilisé comme catalyseur, il permet d'éliminer le chlore résiduel et les chlora mines [21].

I.6.5. Constitution d'un filtre

Tout filtre est composé de trois parties:

- **Le fond** : Doit être solide pour supporter le poids de l'eau, du sable et du gravier. Il doit permettre la collecte et l'évacuation de l'eau filtrée ;
- **Le gravier support** : A pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre ;
- **Le matériau filtrant** : Les matériaux utilisés sont des granules libres non adhérents les uns aux autres, insolubles, inattaquables par le liquide filtré ni par les particules solides retenues [11].

I.6.6. La nature du milieu poreux

Le sable quartzueux a été le premier des matériaux utilisés pour la filtration et c'est encore le matériau de base pour la plupart des filtres actuels. Certains filtres utilisent une combinaison de plusieurs matériaux (filtres multicouches), le sable peut alors être associé à : de l'antracite, du grenat, des schistes plus au moins poreux. Enfin la filtration peut s'effectuer sur du charbon actif granulé, suffisamment résistant [22].

I.6.7. Paramètres de sélection d'un milieu filtrant

Les principales caractéristiques d'un milieu filtrant sont : le diamètre effectif, le coefficient d'uniformité, la densité relative, la masse unitaire sèche et la porosité. Il existe d'autres caractéristiques beaucoup plus difficiles à mesurer, comme la forme des grains et la surface spécifique [16].

I.6.7.1. Le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité

Le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité, sont deux caractéristiques importantes d'un matériau filtrant.

✓ **Le diamètre effectif**

Le diamètre effectif correspond à la taille des mailles du tamis qui laissent passer 10% de la masse de l'échantillon.

✓ **Le coefficient d'uniformité**

Il s'agit du rapport entre deux diamètres apparents définis de telle sorte que la taille de 60% et respectivement 10% des particules soit inférieure. Soient d_{60} et d_{10} étant les valeurs lues en abscisse pour les points de la courbe granulométrique correspondant aux ordonnées de 60% et 10%.

$$C_u = d_{60} / d_{10} \quad (I.1)$$

I.6.8. Types de matériaux

Les trois matériaux les plus employés sont [23] :

✓ **Sable**

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

- **Le sable concassé**

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

- **Le sable roulé**

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

✓ **L'antracite**

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

✓ **Le 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.

I.6.9. Mécanisme de la filtration

Suivant les caractéristiques des particules à retenir et du matériau filtrant mis en œuvre, peuvent intervenir l'un ou plusieurs des trois mécanismes principaux suivants: capture, fixation et détachement [22].

I.6.9.1. Mécanisme de capture

La capture est caractérisée par l'interception de la particule par frottement grâce à son inertie et sa décantation [11]. Les mécanismes de capture sont essentiellement de deux natures :

❖ *Tamisage mécanique*

Il s'agit de la rétention des particules plus grosses que la maille du filtre ou que celle des éléments déjà déposés, formant eux-mêmes le matériau filtrant. Ce phénomène intervient d'autant plus que la maille du matériau filtrant est plus fine [22].

❖ *Dépôt sur le matériau*

La particule en suspension suit dans le liquide une ligne de courant. Sa taille, comparée celle des pores, pourrait lui permettre de traverser le matériau filtrant sans être arrêtée. Différents phénomènes entraînent cependant un changement de trajectoire et le contact avec le matériau. Ces différents mécanismes de capture interviennent principalement dans la filtration en profondeur [22].

I.6.9.2. Mécanisme de fixation

La fixation des particules à la surface du matériau filtrant est favorisée par une faible vitesse d'écoulement. Elle est due à des forces d'origine physique (coincement, cohésion...), et à des forces d'adsorption, principalement les forces de Van der Waals[11].

I.6.9.3. Mécanisme de détachement

Sous l'action des mécanismes précédents, il se produit une diminution de l'espace entre les parois du matériau recouvertes de particules déjà déposées.

Les dépôts déjà retenus peuvent se détacher partiellement et être entraînés plus en avant dans le matériau filtrant ou même dans le filtrat [13]. Le détachement se fait sous l'influence de la vitesse de l'eau lors du lavage [11].

I.7. Hydraulique de la filtration

Tous les processus (physiques, bactériologiques ou chimiques) qui interviennent dans l'épuration par filtration lente exigent pour un meilleur rendement des vitesses d'écoulement et des diamètres de grains faibles. L'écoulement de l'eau est laminaire et obéit donc à la loi de Darcy [18] :

$$H=V/K*e \quad (I.2)$$

H : pertes de charge en m.

K : perméabilité en m/h.

V : vitesse de filtration en m/h.

e : épaisseur du milieu filtrant.

I.7.1. Pert de charge

Au cours de sa percolation au travers d'un lit filtrant granulaire, l'eau subit par frottement une perte d'énergie, c'est -à-dire de pression, appelée perte de charge. Celle-ci est régie à faible vitesse (écoulement en régime laminaire) par lois de darcy :

$$\Delta P/H= (\mu/K)*V=R*\mu *V \quad (I.3)$$

D'ou: $R=1/K= (\Delta P/H)*(1/V*\mu) \quad (I.4)$

V: la vitesse de filtration

K : perméabilité de la couche filtrante

ΔP : perte de charge à travers la couche filtrante

H : la hauteur de couche considérée

μ : viscosité dynamique de l'eau

R : résistance à la filtration de la couche filtrante

I.8. La filtration lente sur sable

La filtration lente est une méthode d'épuration biologique consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit de matériau filtrant à une vitesse de 0,1 à 0,2 m/h, le matériau filtrant le plus approprié est le sable. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par diminution du nombre de micro-organismes (bactéries, virus, kystes), par l'élimination de matières en suspension et colloïdales et par des changements dans sa composition chimique. A la surface du lit, il se forme une mince couche appelée « membrane biologique », cette mince couche superficielle est essentielle car c'est à ce niveau que le processus d'épuration se déroule [24].

➤ Avantage

Cette méthode de purification est souvent la plus économique dans les pays en développement et offre l'avantage d'une grande efficacité et d'une exploitation simple. Ainsi, elle répond aux besoins d'amélioration de la qualité de l'eau tout en offrant la possibilité d'associer la collectivité à la gestion, à l'entretien et à l'exploitation des installations.

Son aptitude à apporter une amélioration simultanée des qualités physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau brute à représenter un avantage considérable par rapport à d'autres techniques : celui d'accéder à une qualité de l'eau satisfaisante sans rajouter d'autres étapes dans le processus de purification. Ceci contribue largement à en faire une technique appropriée spécialement pour les collectivités des pays en développement. A noter que son efficacité et son coût ont suscité un nouvel intérêt dans les pays développés.

➤ Inconvénients

Effets des algues sur les filtres : Les algues se développent dans l'eau stagnante sous l'influence des rayons du soleil à condition que cette eau contienne des substances nutritives telles que des nitrates et des phosphates. Bien que strictement parler, elles ne participent pas au mécanisme de filtration, certains types d'algues sont importants au fonctionnement d'un filtre biologique. Ces effets peuvent être bénéfiques ou nuisibles,

Selon les conditions Par ailleurs, sous certaines circonstances (climat, qualité de l'eau brute) une prolifération de certains types d'algues peut provoquer un colmatage rapide du lit filtrant et par conséquent poser des problèmes d'exploitation. Couvrir les filtres aide à résoudre ce problème si la prolifération prend place dans la couche d'eau surnageant.

Il convient de souligner que la filtration lente n'est pas une panacée à tous les problèmes de traitement de l'eau et qu'elle a certaines limitations. Un accroissement de la quantité des matières solides en suspension dans l'eau brute, tel qu'on le constate de plus en plus fréquemment, oblige à des nettoyages à intervalles trop fréquents. En conséquence, si la turbidité dépasse 30 Unités Néphélométriques de Turbidité (UNT) pendant de longues périodes, un prétraitement par décantation, pré filtration à flux horizontal ou vertical, ou autres types de prétraitement sont indispensables.

I.9. Lavage à l'air et à l'eau

Jusqu' à présent les techniques dominantes du lavage des filtres à sable utilisent l'air. Le lavage à l'eau vient deuxième place, en incluant une courte phase intermédiaire de lavage à l'eau et à l'air mélangé, en fait, cette technique et une particulière européenne, le lavage à l'eau et à l'air a le grande avantage d'empêcher la formation de zones de fermentation et le développement d'agglomérats (boules de bous) lorsque l'eau traitée provient d'eaux de surface, il faut éviter qu'il y ait une croute sur la surface de filtre lorsqu'on utilise de l'aire pour le lavage, lors des phases intermédiaire de lavage, la vitesse de l'air doit être de 15m/h au minimum et est généralement fixée entre 40et 60m/h.

Après le lavage à l'air, qui dure normalement entre 2 à 3 min, le débit de l'eau se superpose à celui de l'air. La phase intermédiaire se termine lorsque le lavage à l'air est arrêté, et ceci pour éviter que le substrat du filtre ne soit emporté. Après la superposition des étapes, qui dure moins de 1 min, la période de lavage à l'eau seule prend place.

Lorsqu' il s'agit du traitement d'une eau de surface préalablement coagulée, floculée et décantée, le cycle de filtration d'un filtre à sable rapide de type ouvert c'est-à-dire, l'intervalle entre deux lavage consécutifs avec un flux d'eau libre, s'étende normalement sur 24h au moins. Dans des conditions normales de travail, cet intervalle peut atteindre 40 à 60 h ou une moyenne de deux jours [25].

Chapitre II

Matériel et méthode

II.1. Introduction

Dans ce chapitre sont présentés les matériels et méthodes de l'ensemble du procédé de filtration étudié, le pilot et protocole expérimental utilisés sont décrits ainsi les méthodes analytiques utilisées. Pour effectuer l'étude expérimentale entreprise, nous avons étudiés le traitement de l'eau de robinet prélevée au niveau du laboratoire de l'université de Bouira chargé d'une quantité de limon.

II.2. Dispositif expérimental

II.2.1. Pilote expérimental

Le pilote expérimental est constitué d'une colonne en verre, de surface de 625cm², alimentée de façon manuelle. La hauteur du sable dans la colonne est de 30 cm, La phase de filtration se fait à partir de l'effluent issu d'un réservoir (eau de robinet mélangé par limon), le pilot expérimental est représenté sur la figure II.1, ce dernier est constitué de :

- **Réservoir d'eau a filtré** : C'est un réservoir qui contient 70 L d'eau de robinet et une quantité de limon.
- **Vanne** : Sert à régler le débit.
- **Conduite d'eau a filtré** : Sert à conduire l'eau a filtré vers la colonne de filtration. Elle contient des trous pour avoir le même débit de sortie.
- **Colonne en verre**: Elle contient une quantité de sable pour la filtration de l'eau.
- **Tamis 1**: A des pores très fin afin d'éviter le passage du sable à l'intérieure du deuxième tamis, car il contient des trous supérieure au grain du sable.
- **Tamis 2** : C'est un tamis en verre qui contient 9 trous.
- **Une planche inclinée en verre** : Sert a évité le risque de passage d'eau filtré aux parois de la colonne.
- **Robinet 1** : C'est un robinet de sortie de l'eau filtré.
- **Robinet 2** : C'est un robinet de passage d'air.
- **Support en aluminium** : Sert à déposer la colonne de filtration.

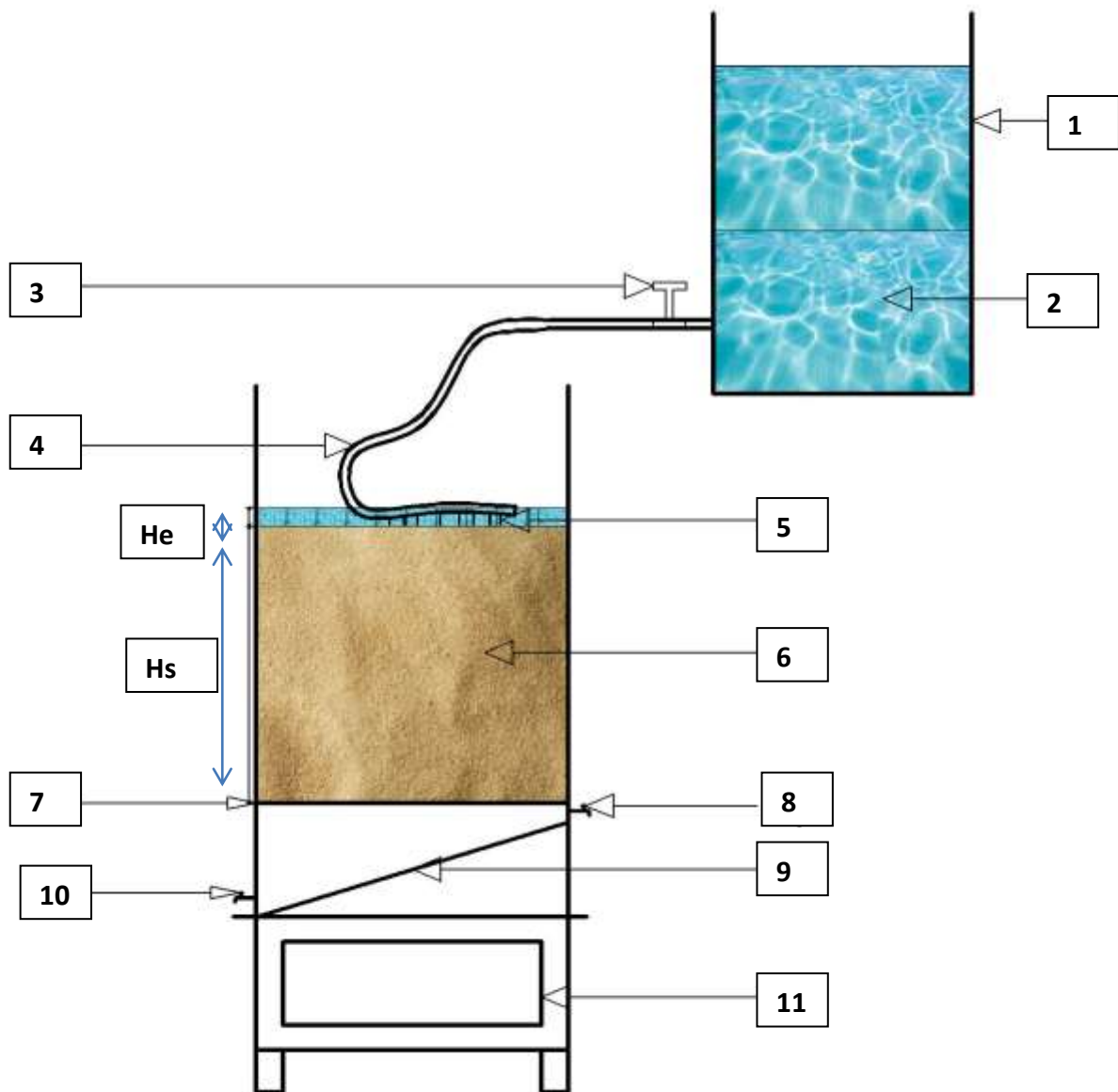


Figure II.1 : Montage de la filtration sur sable, (1) : Réservoir d'eau, (2) Eau à filtré, (3) Vanne, (4) Conduite d'eau, (5) Trous de passage d'eau, (6) Sable, (7) Tamis, (8) Robinet de passage de l'air, (9) Planche inclinée, (10) Robinet d'eau filtré, (11) Support en aluminium.

L'eau est versée dans un réservoir de volume de 70L qui est constitué d'un robinet puis elle passe lentement à travers la conduite et s'infiltre en traversant la couche de sable. L'eau filtrée s'écoule naturellement vers les deux tamis en verre et en plastique, à la fin elle passe à travers la planche inclinée en verre puis elle sort du robinet de sortie dans des flaquant de

plastique de 500ml de volume. La période de notre expérience est de 255min, des mesures de pH, de CE, de turbidité, et les MES, la vitesse de filtration sont effectués le long de l'expérience (figure II.2).



Figure II.2 : Montage expérimental

II.3. Préparation de sable

Le sable utilisé pour réaliser cette étude est fourni par le Fournisseur : ARENAS INDUSTRIALIES DE MONTORIO SA, le sable est destiné à la Station de traitement des eaux de Koudiat-Acerdoune ELDJHIYA, une quantité a été donnée pour réaliser nos expériences. La figure II.3, illustre le sable utilisé dans cette étude.



Figure II.3 : sable.

Le sable destiné à servir le filtre subir des opérations de : dépoussiérage, de lavage, de séchage et de tamisage successifs

- **Dépoussiérage** : Cette opération est effectuée par voie manuelle dans un tamis, en évitant la poussière et les particules fines ;
- **Tamisage** : Le sable de filtration a été tamisé en le faisant passer à travers une série de tamis ;
- **Lavage** : On introduit 1kg de sable dans un bassin en plastique de 5 L auquel on y ajoute de l'eau de robinet agité manuellement pendant 3 min, l'eau polluée chargée de quelques particules en suspension (limon..) est rejetée, cette opération répétée plusieurs fois jusqu'à l'obtention d'une eau claire, le sable est lavé dernièrement par l'eau distillée ;

- **Séchage** : Dans un récipient en plastique, on verse une quantité de sable lequel est étalé au même niveau sur une surface, cette quantité est séchée à l'air libre pendant 2 jours afin de pouvoir éliminer toute particule d'eau.

II.4. Manipulation

Dans un réservoir de volume 70 L, on verse une quantité bien connus (en gramme) de limon mélangé dans 70 L d'eau de robinet, le mélange est agité durant la manipulation. Le débit de sortie d'eau est constant durant la manipulation, l'eau passe à travers la conduite qui contient des trous de même diamètre de 8 mm goutte à goutte. Les gouttelettes d'eau traverse le lit filtrant qui est lavé est séché déjà. L'eau filtrée passe à travers une planche inclinée en verre, on ouvre le robinet et on récupère l'eau filtré à un intervalle du temps régulier. A la fin de chaque manipulation le sable doit être lavé et séché (voire figure II.4.) pour servir à d'autres expériences.

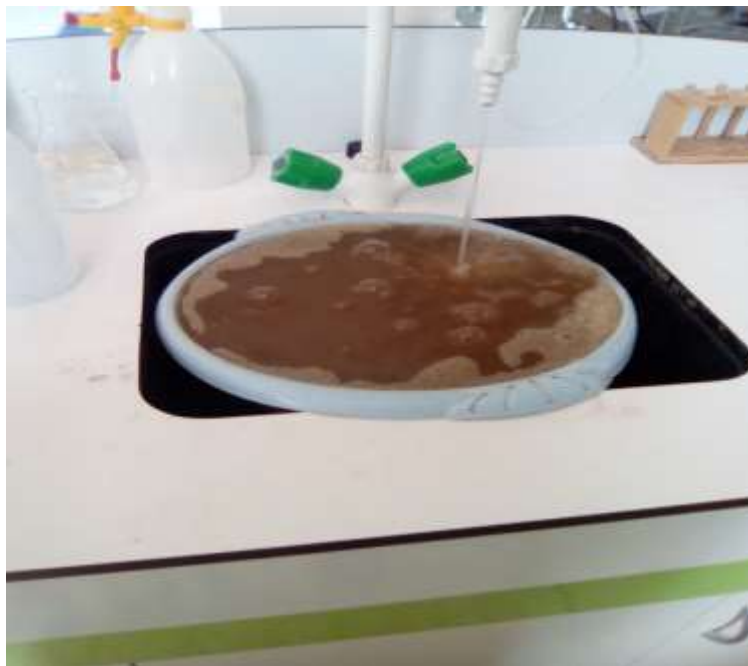


Figure II.4 : Lavage de sable après filtration.

II.5. Matériels de mesure et d'analyse

Les analyses physico-chimique des eaux à traiter ont été effectuées selon les méthodes décrites dans les normes française AFNOR, et ont porté sur les paramètres, Turbidité, potentiel hydrogène pH et Conductimètre. Toutes les analyses présentent une moyenne d'erreur d'environ $\pm 10 \%$.

II.5.1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et le pourcentage Pondéraux de grains constituant les échantillons du sable.

L'essai de tamisage d'un échantillon se fait à l'aide d'une série de tamis normalisés (AFNOR n°X11.501) empilés les uns sur les autres. La dimension des ouvertures est décroissante du haut en bas. Chaque tamis donne deux produits : un produit passant à travers le tamis appelé le passant et un produit restant sur la surface du tamis appelé le refus.

L'ensemble des poids des fractions restantes sur chaque tamis constitue l'analyse granulométrique [16].

➤ Mode opératoire

Les différentes tailles des grains de sable d'un échantillon se déterminent en faisant passer un certain poids de sable (2000 g) à travers des tamis gradués à mailles de plus en plus petites ($D[\text{mm}]$ et $0,88 < D < 2$), et en pesant ensuite les fractions de l'échantillon qui sont passées à travers chacun des tamis. On utilise à cet effet des séries de tamis spéciaux dont la forme permet de les poser les uns au-dessus des autres, de façon à constituer un unique récipient clos. L'échantillon de sable est placé dans le compartiment supérieur sur le tamis à plus grandes mailles, ensuite le tout est secoué mécaniquement pendant un temps de 10 min jusqu'à ce que les grains de sable aient traversé tous les tamis de maille supérieure à leur taille. Le poids de chaque fraction de l'échantillon traversant un tamis donné est calculé en pourcentage du poids total de l'échantillon utilisé. La figure II.5 représente la machine de tamisage.



Figure II.5 : machine de tamisage.

Après tamisage, chaque tamis possède son propre refus :

- **pourcentages refus cumulés % R** : Les poids des refus sont cumulés, c'est-à-dire qu'au poids p1 du premier refus on rajoute le poids du refus 2, le calcul est donné par la relation (II.1) suivante

$$R (\%) = (100 \cdot R) / M \quad (\text{II.1})$$

R : La masse de Refus cumulés (g)

M : La masse totale de l'échantillon exprimée en kg

- **Pourcentage de tamisât Ts(%)** : est donné par la relation suivante (II.2)

$$Ts(\%) = 100 - R(\%) \quad (\text{II.2})$$

II.5.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH sert à quantifier la concentration en ions H⁺ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations de traitement de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique. La mesure du pH a été effectuée au moyen d'un pH mètre à affichage numérique de marque STARTER2100 instruments.

II.5.3. La conductivité

La conductivité est l'aptitude d'une eau à permettre le passage du courant électrique. Celle-ci a été mesurée au moyen d'un conductimètre de paillasse de type WTW cond 197 oi avec afficheur à cristaux liquides utilisant une électrode en verre préalablement étalonnée. Une mesure intégrée de la température permet une comparaison automatique de la valeur de la conductivité en fonction de la température de la solution. La gamme de mesure est de 0,1 à 199,9 mS/cm.

II.5.4. La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matière en suspension (MES) fines (argiles, limons, les grains de silice), une part de la turbidité peut être due également à la présence de matière colloïdales d'origines organiques ou minérales [26].

La turbidité des échantillons est mesurée au moyen d'un turbidimètre instruments du modèle AL450T-IR qui mesure la quantité de lumière absorbée par les particules en suspension (figure II.6). Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent du système ASTM (American Society for TestingMaterial) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables. Unité JTU (Jackson Turbidity Unit)= unité NTU (NephelometricTurbidity Unit)= unit FTU (FormazineTurbidity Unit).

L'étalonnage de l'appareil a été effectué au moyenne de solutions étalons de silice; dans le cas où les échantillons présentent une turbidité qui est en dehors de la gamme de mesure (0-1000 NTU) des dilutions appropriées s'imposent. La figure II.6 représente le turbidimètre utilisé.



Figure II.6 : Turbidimètre

Chapitre III

Résultats et discussions

III.1. Introduction

Dans les circonstances appropriées, la filtration lente sur sable est non seulement la technologie la moins onéreuse et la plus simple de filtration, mais aussi le plus efficace pour le traitement des eaux. Ses avantages pratiques ont été démontrés sur une longue période, et elle est encore la méthode privilégiée pour la purification de l'eau dans certaines parties du monde [27].

Dans ce chapitre, nous avons étudiés le traitement de l'eau potable chargée de limon par filtration sur sable, dans cette partie de notre travail, nous représentons les différents analyses chimique et physique du lit filtrant (composition chimique, l'analyse granulométrique, coefficient d'uniformité, la perméabilité, module de finesse et la porosité), ainsi que les différentes paramètres influant la filtration sur sable à sa voir le débit de circulation, la concentration de limon et l'effet de la couche du sable ont été étudiés.

III.2. Matériau filtrant (sable)

Les matériaux de filtration rencontrés dans le traitement des eaux de consommation sont divers. Ils doivent présenter les qualités suivantes : ils doivent être insolubles, non friables ; et en doivent pas relarguer aucune substance susceptible d'altérer les qualités de l'eau. Les trois matériaux les plus employés sont : sable, l'antracite et charbon actif [23].

III.2.1. Analyse chimique de lit filtrant

Généralement 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 .l'analyse chimique du sable est variable selon l'origine du matériau .le sable utilisé durant notre étude contient les donnes fournies par ARENAS INDUSTRIALES DE MONTORIO SA. Le tableau III.1 représente les différentes compositions chimiques du sable

Tableau III. 1 : Composition (données fournies par ARENAS INDUSTRIALES DE MONTORIO SA).

Substance	%
AL ₂ O ₃	0,57
CaO	0,034
Cr ₂ O ₃	0,005
Fe ₂ O ₃	0,12
K ₂ O	0,35
MgO	0,078
MnO	0,002
P ₂ O ₅	0,014
SiO ₂	98,8
TiO ₂	0,025
Na ₂ O	0,019

D'après le tableau III.1, on observe que l'analyse chimique des lits filtrant indique qu'un échantillon de sable ne contient pas de sulfate, un pourcentage élevé de sable de silice représente d'environ de 98,8% de SiO₂ avec un pourcentage plus faible de Cr₂O₃ est d'environ de 0,005%.

III.2.2. Analyse granulométrique et physique du lit filtrant

III.2.2.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique est une opération qui permet la détermination de la répartition des particules d'un échantillon en fonction de leur dimension. Celle-ci peut s'effectuer par voie sèche ou humide. Cela consiste à mesurer la dispersion des grains d'un sol suivant leur dimension. Puis reporter sur une courbe granulométrique les résultats ainsi obtenus.

Les caractéristiques granulométriques sont très importantes. Un sable trop grossier et trop uniforme favorise un écoulement trop rapide alors qu'un sable trop fin avec une granularité trop étalée risque plus de se colmater, réduit l'aération du filtre et peut entraîner une saturation capillaire [28].

Les résultats obtenus par l'analyse granulométrique sont portés sur un graphe spécial et la courbe ainsi tracée fournit des renseignements précis sur l'échantillon. Ces renseignements sont exprimés sous forme de paramètres granulométriques, on distingue :

➤ **La taille effective (TE)**

C'est la dimension de grain au-dessous de laquelle se classent en poids 10 % des grains du sable considéré. La taille effective est fonction de la perméabilité, elle entre dans la définition de la perméabilité intrinsèque d'un matériau donné. Donc la détermination de ce paramètre est importante pour le choix du sable à utiliser.

➤ **Le coefficient d'uniformité (Cu)**

Le degré d'uniformité de la taille des grains, est le quotient de la dimension de grain au-dessous de laquelle se classent en poids 60 % des grains du sable (d_{60}), par la dimension de grain au-dessous de laquelle se classent 10 % des grains (taille effective : d_{10}) [31].

$$CU = d_{60} / d_{10}$$

➤ **Module de finesse**

Le module de finesse est égal au 1/100 de la somme de pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0,08 0,125 0,250 0,5 1 2 mm

$$MF = 1/100 \Sigma \text{ refus cumulé en \% des tamis}$$

➤ **La perméabilité**

La perméabilité est une caractéristique physique qui représente l'aptitude d'un matériau à ce laisser traverser par un fluide au travers d'un réseau connecté. La Loi de Darcy permet de relier un débit à un gradient de pression appliqué au fluide grâce à un paramètre caractéristique du milieu traversé. Ce paramètre est exprimé par le coefficient de perméabilité K [29].

$$Q = K.A.\Delta H/L \dots \dots \dots (III.1)$$

$$Q = K.A * H/h \dots \dots \dots (III.2)$$

$$K = Q/A.h/H \dots \dots \dots (III.3)$$

Avec :

Q : Le débit de fluide (m³/s)

A : la surface offerte à l'écoulement (m²)

L : l'épaisseur de la couche (m)

DH : La hauteur d'eau (m)

➤ **La porosité :**

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

$$\epsilon = 1 - (\text{volume réel du matériau} / \text{volume apparent du matériau})$$

Pour un lit filtrant composé de grains anguleux (sable, anthracite), la porosité obtenue après tassement du matériau et de l'ordre de 0,35 à 0,40 [1]

L'analyse granulométrique de l'échantillon du sable a été effectuée par un tamisage à sec d'une masse de 2000 g. Le tableau III.2 regroupe l'analyse granulométrique d'un échantillon du sable utilisé.

Tableau III.2: résultats de l'analyse granulométrique du sable.

<i>Tamis (mm)</i>	<i>Refus (g)</i>	<i>Refus cumulés (g)</i>	<i>% Refus</i>
2	3	3	0,15
1	1800	1803	90
0,5	194,1845	1997,1845	9,71
0,250	1,4004	1998,5849	0,07
0,125	1,2600	1999,8449	0,063
0,08	0,1551	2000	0,007

La figure III.1, donne l'allure correspond à la variation du pourcentage du tamisât en fonction du diamètre des tamis.

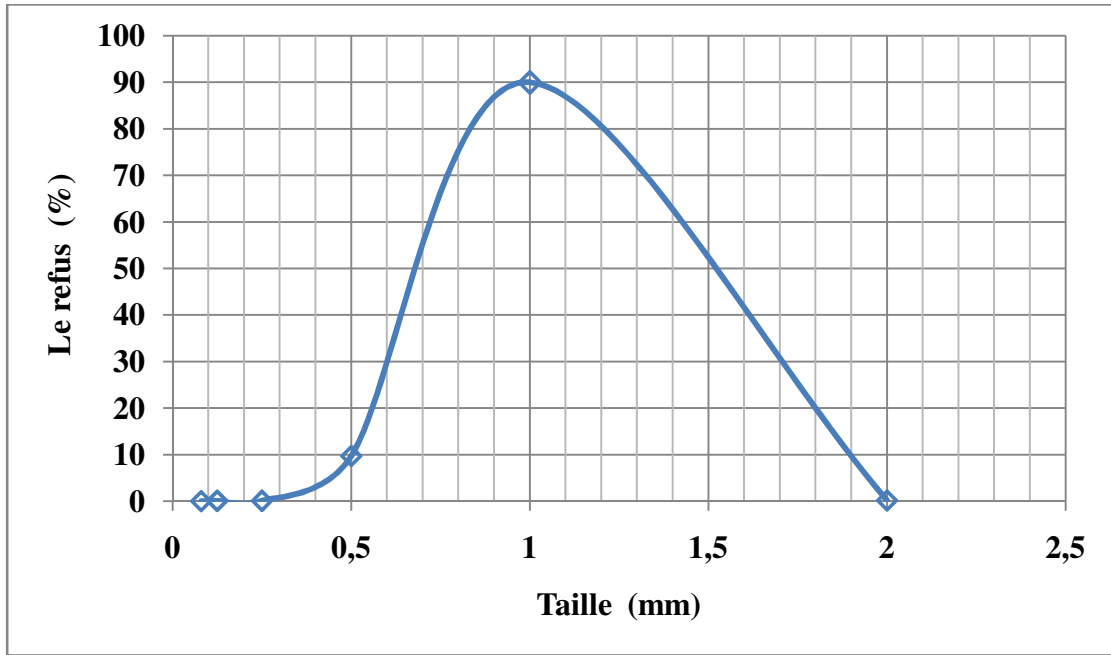


Figure III.1 : Distribution granulométrique du sable utilisé.

La courbe présente une dominance des grains ayant un diamètre de 1 mm avec une fraction de 90%, on remarque également un faible pourcentage d'une granulométrie de 0,5 mm avec une fraction de 10%. La fraction de sable la plus faible représentant une granulométrie inférieure à 0,5 mm est négligeable avec une valeur de 1 %.

Suivant la courbe granulométrique, on déduit les caractéristiques physique du sable. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau III.3.

Tableau III. 3 : Caractéristiques physiques de lit filtrant.

Diamètre effective d10 (mm)	0,5
d60 (mm)	0,71
Coefficient d'uniformité CU	1,42 < 1,6
Module de finisse (%)	4,98
Porosité ϵ	0,39
Perméabilité K	0,0654

Le tableau III3, montre que :

Le sable filtrant doit avoir un diamètre effectif (d_{10}) comprise entre 0,25 et 1 mm. La valeur typique est de 0,35, d'après les résultats obtenus le diamètre effectif est de 0,5 mm ce qui indique que le sable possède des grains fins, qui est généralement utilisé dans les stations de traitement de l'eau.

La diversité de 60%, exprimée en millimètre, est donnée par l'ouverture des mailles laissant passer 60% en poids de la masse de l'échantillon soumis à l'analyse, qui est de 0,71. Ce résultat, confirme que le sable utilisé possède des grains fins.

Le coefficient d'uniforme qui doit être inférieure à 1,6 donc plus la valeur de CU se rapproche de 1 plus l'homogénéité obtenue pour le lit filtrant est meilleur, ce qui permet de réduire les pertes de charge et l'obtention d'une rétention en profondeur des matières en suspension. Le coefficient d'uniformité calculé est de 1,42, cette valeur indique que le sable est bien classé, les grains ont des tailles homogènes.

Nous remarquons, que la porosité du sable est de 0,39 ce qui confirme que le sable possède une 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 leurs tailles.

D'après les résultats donnés en tableau III.3, nous constatons que la de sable possède une perméabilité plus faible de l'ordre de 0,0654, ce qui indique que la masse filtrante perméable assure un grande débit de l'eau filtrée.

III.3. Analyse physicochimique de l'eau à traiter

Avant de commencer de réaliser les expériences de filtration lente sur sable, nous avons tous d'abord réalisé une analyse physicochimique de l'eau sans et après l'ajout de limon, afin de pouvoir faire une comparaison avec l'eau traiter après filtration les résultats ainsi obtenus sont regroupés dans le tableau III.4

Tableau III.4 : Analyse physico-chimique de l'eau sans et avec l'ajout de limon

<i>Paramètre</i>	<i>Solution mère avec limon</i>	<i>Eau sans limon</i>
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,36	00
Po ₄ ³⁻ (mg/l)	0,45	00
pH	8,14	7,61
T (°C)	20,7	20,5
Conductivité (µs/cm)	896	91,0
Turbidité (NTU)	138	0,35
NO ₂ ⁻	0,14	00
Fe ⁺²	0,60	0,004
SO ₄ ⁻²	26,8	13,5
Al ⁺³	0,52	00
TAC (mg/l) CaCO ₃	121,5	150
Cl ⁻ (mg/l)	175,35	149,81
TH (mg/l) CaCO ₃	290	348

D'après ces résultats, nous observons qu'après l'ajout d'une quantité de limon l'apparition de certaines substances chimiques telles que : l'ammoniaque, phosphate et nitrate avec des proportions de l'ordre 0,36, 0,45 0,14 (mg/L) respectivement comparativement avec l'eau brute, ceci indique que le limon utiliser contient des substances chimiques.

Alors que pour les sulfates, on constate que le chiffre est pratiquement doublé. Le tableau indique aussi la présence des chlorures à des quantités importante de l'ordre 149 et 175 (mg/L) respectivement pour l'eau brute et avec limon.

Les résultats indique que l'eau brute est dure, ceci est confirmé par les valeurs de titre alcalimétriques et hydrotimétrique.

III.4. Influence de certains paramètres sur la filtration lente

III.4.1. Effet du débit sur la filtration

Dans un système de filtration lente sur sable, le paramètre le plus important est la vitesse de filtration qui faudra à tous prix contrôler, est maintenir à une valeur sensiblement constante, donc ce paramètre est lié au débit de l'écoulement [30], de ce fait nous avons choisis différents débits.

Dans ce travail, et afin d'étudiés l'effet du débit sur la filtration, Nous avons examinés différents débits de filtration, du plus faible au plus fort (0,01, 0,11, 0,34), afin de déterminer le rendement de filtration correspondant à la meilleure limpidité. La concentration de limon est fixée à 250g et la couche de sable 10cm. les résultats obtenus sont illustrés sur la figure III.2

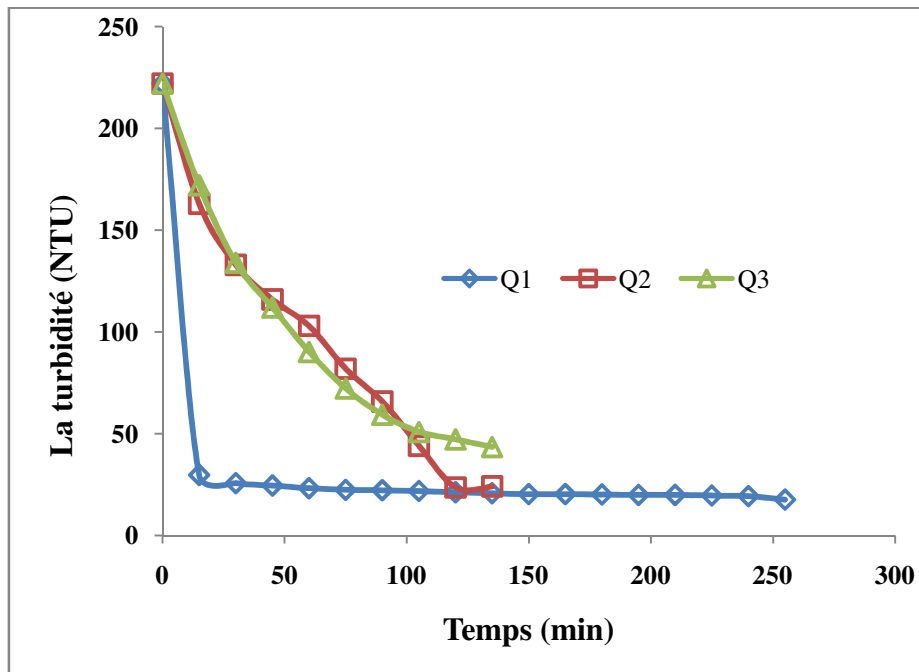


Figure III.2 : Evolution de la turbidité de l'eau en fonction du temps pour différents débits

Les résultats des essais obtenus sont donnés dans le tableau 1. (Annexe), nous avons représenté dans la figure III.2, l'évolution de la turbidité en fonction du temps de contact. Nous remarquons que l'allure générale des courbes de l'ensemble des débits testés est décroissante, ce qui traduit par une baisse de la turbidité quand le temps de contact augmente.

Les meilleurs résultats obtenus lors du traitement par filtration sur sable, correspond au débit le plus faible (0,01m³/h), met en évidence une baisse de la turbidité avec un temps de filtration allant jusqu'à 255 min. Ceci indique que plus l'eau est en contact avec les matériaux filtrants plus la qualité s'améliore, d'où l'élimination efficace de la turbidité (17,7 NTU).

Cependant pour les deux débits restant, nous observons une élimination de la turbidité moins efficace par rapport au premier débit pour un temps de contact de 135 min. c'est résultats peut être expliqués par le fait qu'on augmente le débit de la filtration cela traduit par une augmentation de la vitesse de filtration, ce qui empêche la diminution de la matière en suspension.

On conclusion, un débit faible donne une turbidité meilleur d'où une filtration maximum, donc, on choisit le débit le plus faible pour le reste du travail.

➤ **Variation de la vitesse de filtration**

La vitesse doit être choisie en fonction des caractéristiques de l'eau brute et de la fréquence à laquelle on désire nettoyer les filtres. Dans le cas, d'une filtration lente les vitesses varient entre 0,1 et 0,2 m/h. En revanche la filtration rapide présente un intervalle de vitesse entre 2,40 m/h et 20 m/h. On note que les vitesses inférieures assurent plus de sécurité mais exigent évidemment des filtres plus grands [31].

Vitesse de filtration (m/h) : débit (m³/h)/ surface filtrante (m²)

Pour cela, nous avons calculés la vitesse de filtration pour chaque débit, les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-contre :

Tableau III.5 : Vitesse de filtration pour différents débits

Débit (m ³ /h)	0,01	0,11	0,34
Vitesse (m/h)	0,16	1,76	5,44

Sur la figure III.3, nous illustrons la variation de la vitesse de filtration en fonction des différents débits.

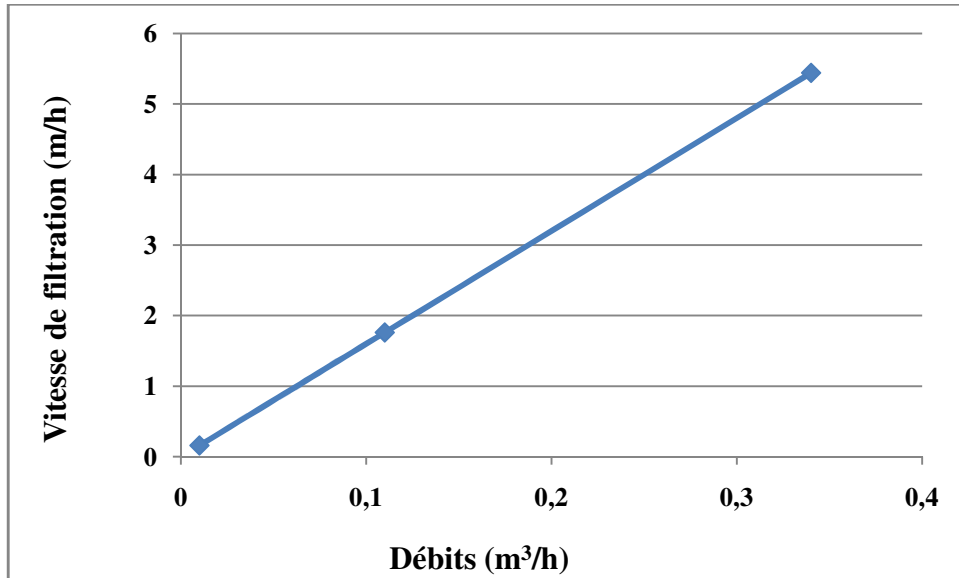


Figure III.3 : Variation de la vitesse de filtration en fonction de débit

D'après la figure III.3, On remarque que la variation de la vitesse de filtration en fonction des différents débits suit une variation linéaire et croissante avec une vitesse maximum de 5,44m/h pour un débit de 0,34m³/h. Pour des débits de 0,01, 0,11 et 0,34 m³/h nous obtiendrons des turbidités finales de 17,2, 24,3 et 43,5 NTU respectivement.

III.4.2. Effet de la concentration de limon

La concentration de la matière en suspension est variable selon les saisons dans les eaux naturelles. Ainsi, il est intéressant d'étudier le comportement et l'efficacité du procédé de filtration vis-à-vis de la concentration initiale de limon. A cet effet, nous avons examinés trois concentrations en limon, 300, 250 et 100 g par 70L d'eau (C1, C2 et C3) respectivement. Le débit étant fixé à 0,01 m³/h et l'épaisseur de la couche de sable est fixé à 10 cm. Les résultats ainsi obtenus sont reportés sur la figure III.4.

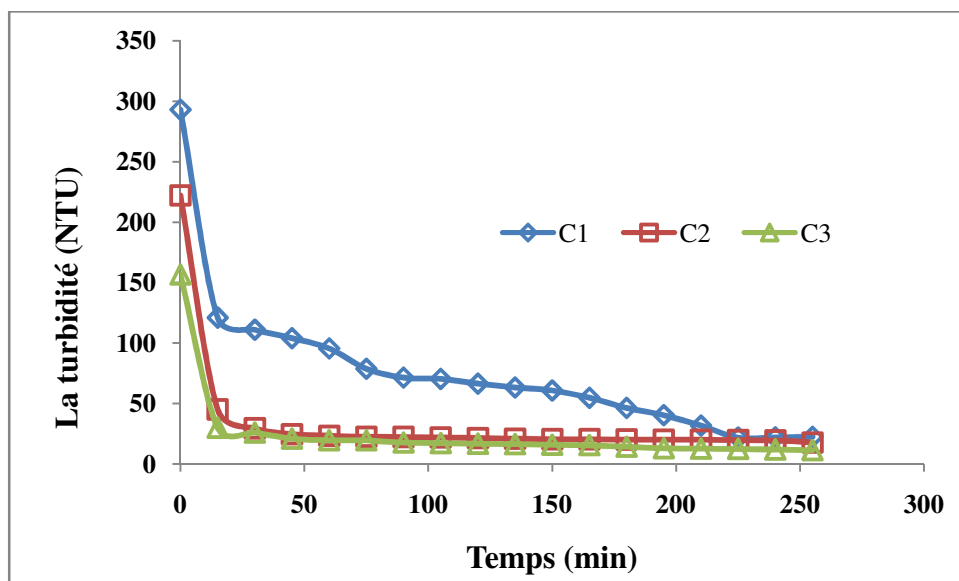


Figure III.4 : Variation de la turbidité en fonction de temps de filtration des différentes concentrations de limon.

La figure III.4 représente la variation de la turbidité en fonction de temps de filtration des différentes concentrations de limon. Nous observons que pour les trois concentrations en limon examinés la turbidité diminue progressivement jusqu'à une valeur stable. Les meilleurs résultats sont obtenus pour une concentration de 100 g de limon avec une turbidité finale de 11,2 NTU.

III.4.3. Effet de l'épaisseur de la couche de sable

L'épaisseur de sable filtrant dans un filtre à sable se situe généralement entre 60 et 90 cm. Cette épaisseur ne doit jamais être inférieure à 60 cm. Le milieu filtrant est constitué d'un sable sélectionné propre et durable, à base de silice plutôt que de calcaire, et de forme préférentiellement arrondie. Il doit être exempt de poussière, de matière organique, de particules fines de silt ou d'argile ou d'autres matières susceptibles de se désintégrer ou de cimenter le sable. La teneur en matière organique ne devrait pas dépasser 1 %. Celle en matières solubles à l'acide ne devrait pas dépasser 3 %.

Afin d'étudier l'effet de l'épaisseur de la couche de sable sur l'efficacité de la filtration, nous avons examinés trois couches en l'occurrence 30, 20 et 10 cm. Le débit étant fixé à 0,01 m³/h et la concentration limon est fixé à 100 g par . Les prélèvements s'effectuent chaque 15 min pendant 255 min.

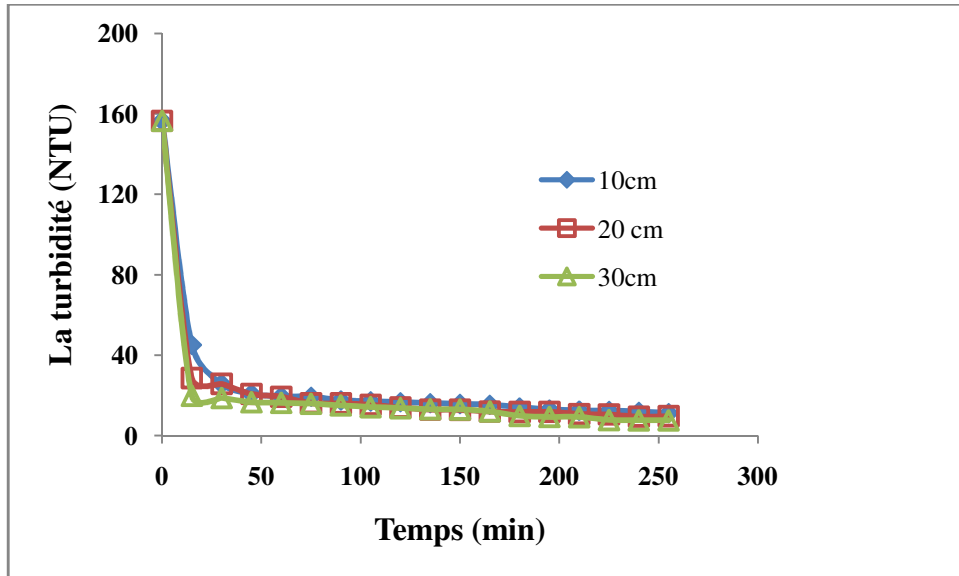


Figure III.5 : Variation de la turbidité en fonction de temps de filtration pour différentes couches de sable.

D'après la figure III.5, On constate que la variation de la turbidité en fonction du temps de filtration pour différentes couche de sable, l'allure est similaire est présente une diminution de la turbidité. Nous obtiendrons une élimination maximale de la turbidité de 7,5 NTU pour une couche de sable de 30 cm pendant 255 min, pour des couches de sable de 20 et 10 cm, la turbidité finale est de 9,6 et 11,2 NTU respectivement.

Quand on filtre sur un matériau de granulométrie donnée et qu'on augmente progressivement l'épaisseur de la couche filtrante, on constate, après maturation du filtre, que la turbidité du filtrat diminue jusqu'à atteindre une valeur stable, ne s'améliorant plus avec l'épaisseur du lit. Cette épaisseur définit la hauteur minimale à mettre en œuvre. En général, plus le sable est fin, plus l'épaisseur de couche est faible [32]. En conclusion, la couche de sable qui donne meilleur turbidité est 30 cm.

✓ Analyses physicochimiques de l'échantillon traité

Après filtration nous avons effectués une analyse physicochimie de l'échantillon traité, afin de voir l'efficacité de la filtration sur sable, pour un débit de $0,01\text{m}^3/\text{h}$ et une concentration en limon de $100\text{ g}/70\text{L}$ d'eau, Les résultats ainsi obtenus sont donnés dans le tableau III.6.

Tableau III.6 : Analyses physicochimiques de l'échantillon après filtration

Paramètre	Solution mère	Après filtration
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,36	0,19
Po ₄ ⁻ (mg/l)	0,45	0,03
pH	8,14	7,98
T (°C)	20,7	20,5
Conductivité (µs/cm)	896	1000
Turbidité (NTU)	138	2,98
NO ₂ ⁻	0,14	0,050
Fe ⁺²	0,60	0,075
SO ₄ ⁻²	26,8	15,26
Al ⁺³	0,52	0,030
TAC (mg/l) CaCO ₃	121,5	175
Cl ⁻ (mg/l)	175,35	161,17
TH (mg/l) CaCO ₃	290	300

D'après le tableau III.6, nous remarquons une diminution considérable de certaines substances chimique après la filtration, tels que, les phosphates, les Nitrates, Aluminium et le Fer. Cependant, nous observons aussi une augmentation du titre alcalimétrique de 121 à 175 mg/L, ceci peut être expliqué par le fait que la filtration sur sable seul n'est pas efficace pour rendre une eau potable, cela signifié que l'eau nécessite une chaine de traitement pour rendre l'eau dans les normes de potabilisation.

Conclusion générale

L'efficacité de la filtration se contrôle classiquement par des mesures de turbidité sur l'eau filtrée, on peut aujourd'hui intégrer le comptage des particules.

Cette étude est basée sur la contribution à la dépollution des eaux potable par un filtre à sable.

L'analyse granulométrique paramètres importants pour le choix des échantillons de sables les mieux adoptent au processus de filtration. En se basant sur : la taille effective, le coefficient d'uniforme, et le module de finesse.

D'après les résultats que nous avons trouvées, on peut conclure que :

L'analyse granulométrique montre que le sable choisi est de bonne qualité.

Un débit faible $0,01\text{m}^3/\text{h}$ donne une turbidité meilleur de 17 NTU d'où une filtration maximal, pour un temps de contact 255 min. par contre pour les débits $0,11$ et $0,34\text{ m}^3/\text{h}$, nous obtiendrons une élimination de la turbidité de l'ordre de 24,2 et 43,5 NTU respectivement pour un temps de contact de 130 min.

La couche de sable qui donne meilleur turbidité est de 30 cm. Nous obtiendrons une élimination maximale de la turbidité de 7 NTU pendant 255 min. les couches de sable de 20 et 10 cm, donne une élimination de la turbidité finale de 9 et 11NTU respectivement.

Les meilleurs résultats sont obtenus pour une concentration 100 g de limon par 70 L d'eau avec une turbidité finale de 11 NTU. La concentration de limon de 300 et 250g d'eau, donne une turbidité de 22,4 et 17,7 NTU.

- [1] KOUIDRI NEE BELALA ZOHRA. « Etude et traitement de l'eau du barrage djorf-el torba de la wilaya de bechar par filtration sur sable », Mémoire de magister. université hassiba benbouali de chlef.
- [2] HASLAY.C et LECLERC. H. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Techniques et documentations, Paris, pp 309-347,Année 1993.
- [3] TALEB.S. Professeur« confrontation des normes algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS) ». Laboratoire de chimie analytique appliquée-faculté des sciences-université d. liabes- sidi bel-abbès(Algérie).
- [4] BASSOMPIERRE Cindy. « Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote a la validation de modèles »Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42.(2007).
- [5] MARGAT (J), « ressources en eau et utilisations dans le monde », Idées reçues et réalités, article, Actes 2003
Cite internet :[http://fig-St -die. Éducation .fr /actes /actes-2003/margat/article .htm](http://fig-St-die.Education.fr/actes/actes-2003/margat/article.htm) # haut (02/03/05).
- [6] PARCEVAUX (S) dictionnaire Encyclopédique D'agrométéorologie, Paris, 323p.1990
- [7]RABIET.M. « Contamination de la ressource en eau par les eaux usées dans un bassin versant méditerranéen apport des éléments majeurs, traces terres rares », Thèse de Doctorat, Université MontpellierII.2006
- [8] KAIDRASSOU.K. « Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia », Thèse de doctorat, faculté des sciences semlalia – marrakech FSR page 139.2009
- [9]GUERGAZI S. ACHOUR S« Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra ». Pratique de la chloration, Larhyss Journal, 4,119-127, (2005).
- [10]BOHY M « Caractérisation de sources de pollution composées d'un mélange de solvants chlorés en aquifère alluvial, Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique ».Thèse de doctorat, université louis pasteur de Strasbourg, (2003).
- [11]CLAUDE CARDOT, « les traitements de l'eau », Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses page 52, nouvelle édition. Février 2013
- [12]DINNAT E.P « la détermination de la salinité de surface des océanes à partir de
-

mesures radiométrique hyperfréquences en bande L », (2003).

[13] cite internet : www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/potableNor.html

[14] MARQUIS. A, «L'eau potable : une ressource à économiser » .Vol .1, no .2 (mai 1994).P.1

[15] Les informations proviennent de la circulaire du 19 juin 2000 relative à la gestion du risque microbien. Article

[16] RAYMOND DESJARDINS MONTREAL « le traitement des eaux », Deuxième édition revue et enrichie page 10,11, 106 et 108.Janvier (1990).

[17] MANUEL « Introduction aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable » Qualité de l'eau 101.Version 1.1

[18] HAMADOU HAMA MAIGA « la filtration lente sur sable »Étudiée sur une installation pilote, école polytechnique fédérale de Lausanne, octobre (1983)

[19] JEANRODER, « l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer » 7^{ème} édition (1984).

[20] l'actualité chimique, septembre-octobre 1991.

[21] Ministère de l'environnement, critère de qualité de l'eau de surface au Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'environnement Québec, 403 p,(2001).

[22] DEGREMONT, (Mémento technique de l'eau) vol .1, 9^{ème} édition.

Edition technique et documentation la vorisier, pp 592.(1989).

[23] Materials News international, revue de dow Corning, 113 rue des sars 59600 Maub.

[24] BLAZY (P) et JDID (E, A),Flottation, mécanismes et réactifs J 3350 (2000)

Traité Génie des procédés ,opérations unitaires , volume J3.

[25] W.J. MASSCHELEIN. « Processus unitaires du traitement de l'eau potable »

Page 601 ; Février 1997

[26] F.REJSCK, analyse de eaux aspect réglementaire et techniques, science et technique de l'environnement (2002).

[27] HUBERT CABANA, « La filtration sur sable », CI 720 - Conception : usine de traitement des eaux potables Automne (2015).

[28] ATTAB SARAH, « amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épurationhaoudberkaoui par l'utilisation d'un filtre a sablelocal » Mémoire Magister,UniversitékasdiMerbah-Ouargla.

[29] MOHAND – SAID OUALI « traitement des eaux » office des publications universitaire, 5-2001.édition 2 .10.4334

[30] laidy moussa " filtration lente sur sable modélisation de l'épuration selon un profil vertical, mémoire fin d'étude année 1989-1990

[31] KARAM AMZIL,HOUDA JARID « optimisation de la filtration sur sable pour le traitement des eaux potables à la compagnie minière guemassa (cmg). »Mémoire de fin d'étude, université cadi ayyad, Marrakech.

[32] « traitement de potabilisation des eaux de surface filtrationconf 2006 ».

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. M. OULHADJ - Bouira
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de Génie des Procédés



Filière: GENIE DES PROCÉDES
Spécialité : SCIENCES ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Travaux pratique : Traitement des eaux potable

Filtration sur sable

Réalisés par :

-Zouggari Kahina
-Guennoune Nora

Encadré par : M.EL HANAFI

TP : Filtration sur sable

But Le but de ce TP est de s'initier à l'analyse granulométrique et la filtration sur sable

Partie 1 : Analyse granulométrique

1. Introduction

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et le pourcentage Pondéraux de grains constituant les échantillons du sable.

2. Principe

Le tamisage permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des dimensions de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale 63 mm à l'exclusion des filtres.

Tamisât (ou passant) : La quantité de matériaux (sable) qui passe à travers le tamis d.

Refus (retenus) sur un tamis : La quantité de matériaux qui est retenue sur le tamis.

Coefficient d'uniformité : Il s'agit du rapport entre deux diamètres apparents définis de telle sorte que la taille de 60% et respectivement 10% des particules soit inférieure. Soient d_{60} et d_{10} étant les valeurs lues en abscisse pour les points de la courbe granulométrique correspondant aux ordonnées de 60% et 10%.

$$Cu = d_{60}/d_{10}$$

✓ **Pourcentages refus cumulés R%** :

$$R (\%) = (100 \cdot R) / M$$

✓ **Pourcentage de tamisât Ts(%)** :

$$Ts(\%) = 100 - R(\%)$$

R : La masse de Refus cumulés (g)

M : La masse totale de l'échantillon exprimée en (g)

3. Appareillage :

- Un vibro-tamis électrique (fig 1)
- Une balance du 5kg de precision 1g



Figure 1 : Machine de tamisage

4. Mode opératoire

Prendre une quantité de sable lavé et séché, la masse de l'échantillon à étudier ne doit pas dépasser 5kg.

- Commencer par dresser la colonne des tamis, les ouvertures des tamis doivent être dans l'ordre de croissances des tamis de bas en haut.
- Prenez une quantité de sable et faire la peser.
- Verser le sable sur les tamis supérieur, puis fermer la colonne par le couvercle.
- Mettre en marche le vibro- tamis pendant 10 min

Compte rendu :

1. Peser le refus de chaque tamis et compléter le tableau suivant.
2. Tracer la courbe granulométrique et interprétez le graphe obtenu.
3. Déterminer les différents diamètres (d_{10} et d_{60}) et le coefficient d'uniforme (Cu).
4. Calculer le module de finesse.
5. Calculer la porosité de sable.
6. Calculer la perméabilité
7. Commenter les calculs trouvés.

8. Conclusion.

Tableau 1: Analyse granulométrique

Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulés(g)	% Refus

Partie 2 : Etude la filtration

1. Introduction

La filtration sur sable est un procédé indispensable pour le traitement de l'eau potable, elle permet la clarification et l'épuration de l'eau qui contient des matières solides en suspension.

2. But

Améliorer la qualité de l'eau obtenue (L'obtention d'une eau claire).

Elimine les principales impuretés solides sur l'eau.

3. Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solide en suspension en le faisant passer travers un milieu poreux.

4. Principe de filtration

La rétention des particules se déroule à la surface des grains, grâce à des forces physiques. La plus au moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériaux utilisé.

✓ Sable

Le sable utilisé en filtration est un matériau naturel, à base de silice, prévenant de rivières, de gisements naturels.



Figure 1 : Sable

Le sable destiné à servir le filtre subir des opérations de :

- Dépoussiérage
- Tamisage
- Lavage
- Séchage

Méthode de calcul

La vitesse de la filtration est donnée par la relation suivante :

$$v = Q/S \dots \dots \dots (1)$$

$$Q = V/t \dots \dots \dots (2)$$

Q:débit (m³/h)

S: surface (m²)

v : La vitesse (m/h)

t : Temps (h)

V : Volume (m³)

Manipulation : (voire le montage)

- ✓ Dans un réservoir de volume 70 L, verser une quantité bien connus (en gramme) de limon mélangé dans 70 L d'eau de robinet ;
- ✓ Agiter le mélange durant la manipulation ;
- ✓ L'épaisseur de la couche de sable soit de 10cm ;
- ✓ Fixer le débit d'entrée d'eau pendant la manipulation (Q=cst) ;
- ✓ Les gouttelettes d'eau traverse le lit filtrant, l'eau filtrée passe à travers une planche inclinée en verre, on ouvre le robinet et on récupère l'eau filtré à un intervalle du temps régulier ;

Remarque

- 1- Le choix du débit et la concentration de limon sont données par l'enseignant.
- 2- A la fin de chaque manipulation le sable doit être lavé et séché pour servir à d'autres expériences.

Compte rendu :

1. Calculez le débit en (m^3/h) avant la manipulation.
2. Tracez la variation de la turbidité en fonction du temps pour le débit utilisé, commentez le graphe obtenu.
3. Calculez la vitesse de filtration.
4. Donnez une conclusion.

Pilote expérimentale : Le pilote expérimental est constitué d'une colonne en verre, de surface de 625cm^2 , alimentée de façon manuelle. La hauteur du sable dans la colonne est de 30 cm.

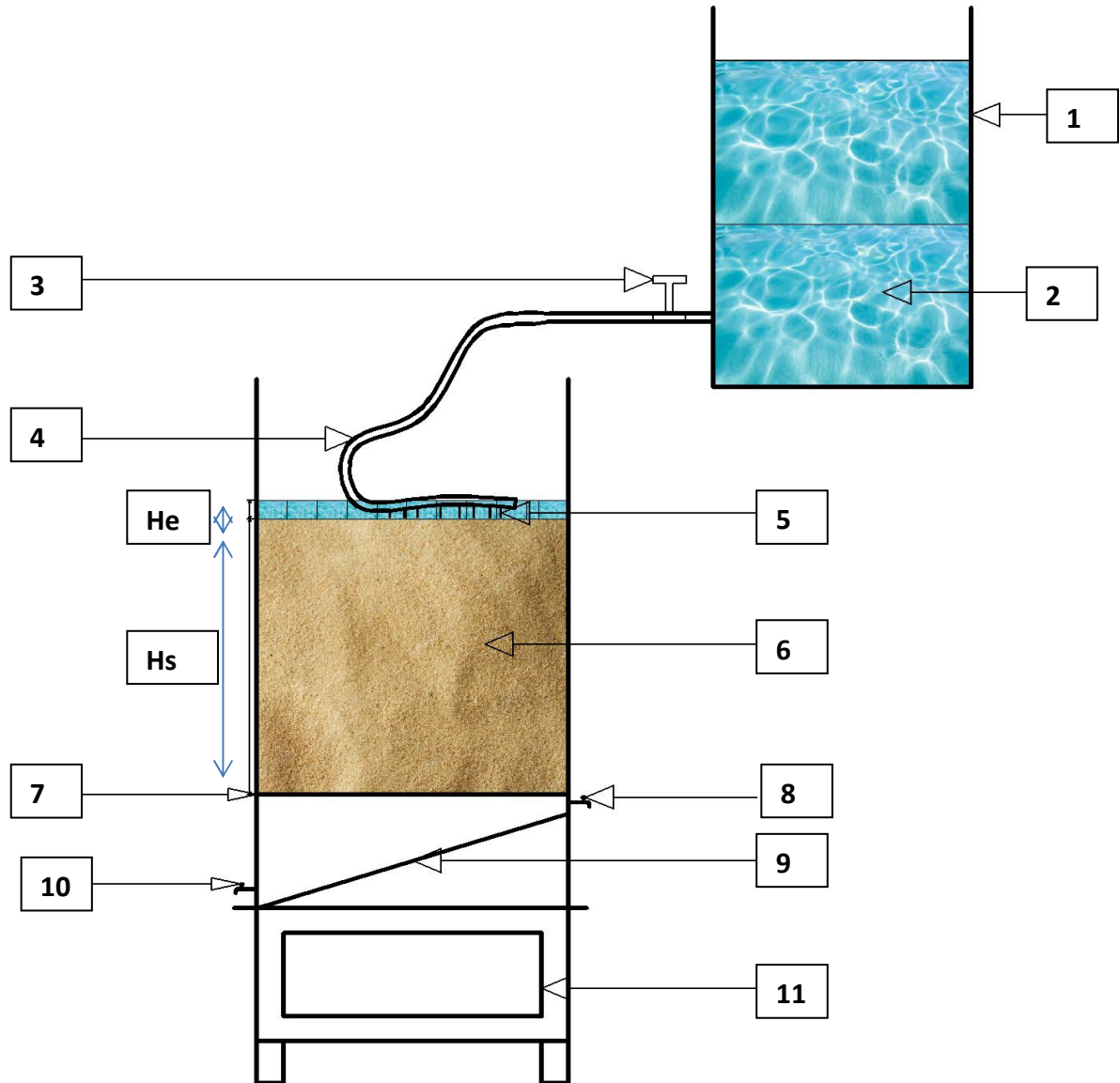


Figure II.1 : Montage de la filtration sur sable, (1) : Réservoir d'eau, (2) Eau a filtré, (3) Vanne, (4) Conduite d'eau, (5) Trous de passage d'eau, (6) Sable, (7) Tamis, (8) Robinet de passage de l'air, (9) Planche inclinée, (10) Robinet d'eau filtré, (11) Support en aluminium.

Résumé

Le lien entre la qualité de l'eau et la santé est connu depuis de nombreux siècles. Une eau claire était considérée comme une eau propre.

L'objectif principale de notre étude est la conception d'un montage à filtration sur sable Suivi d'une application au traitement des eaux chargé de matière en suspension (limon) afin d'obtenir une eau claire.

Qu'il s'agit du traitement de l'eau destinée a la consommation ou a usage industriel le sable et le milieu granulaire le plus couramment utilisé dans l'élimination des matières en suspension.

Abstract

The link between water quality and health has been known for many centuries. Clear water was considered clean water.

The main objective of our study is the design of a sand filtration system. Follow-up of an application to the treatment of water loaded with suspended matter (silt) in order to obtain clear water.

Whether it is the treatment of water for consumption or industrial use, sand and the granular medium most commonly used in the elimination of suspended solids.